

# ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL

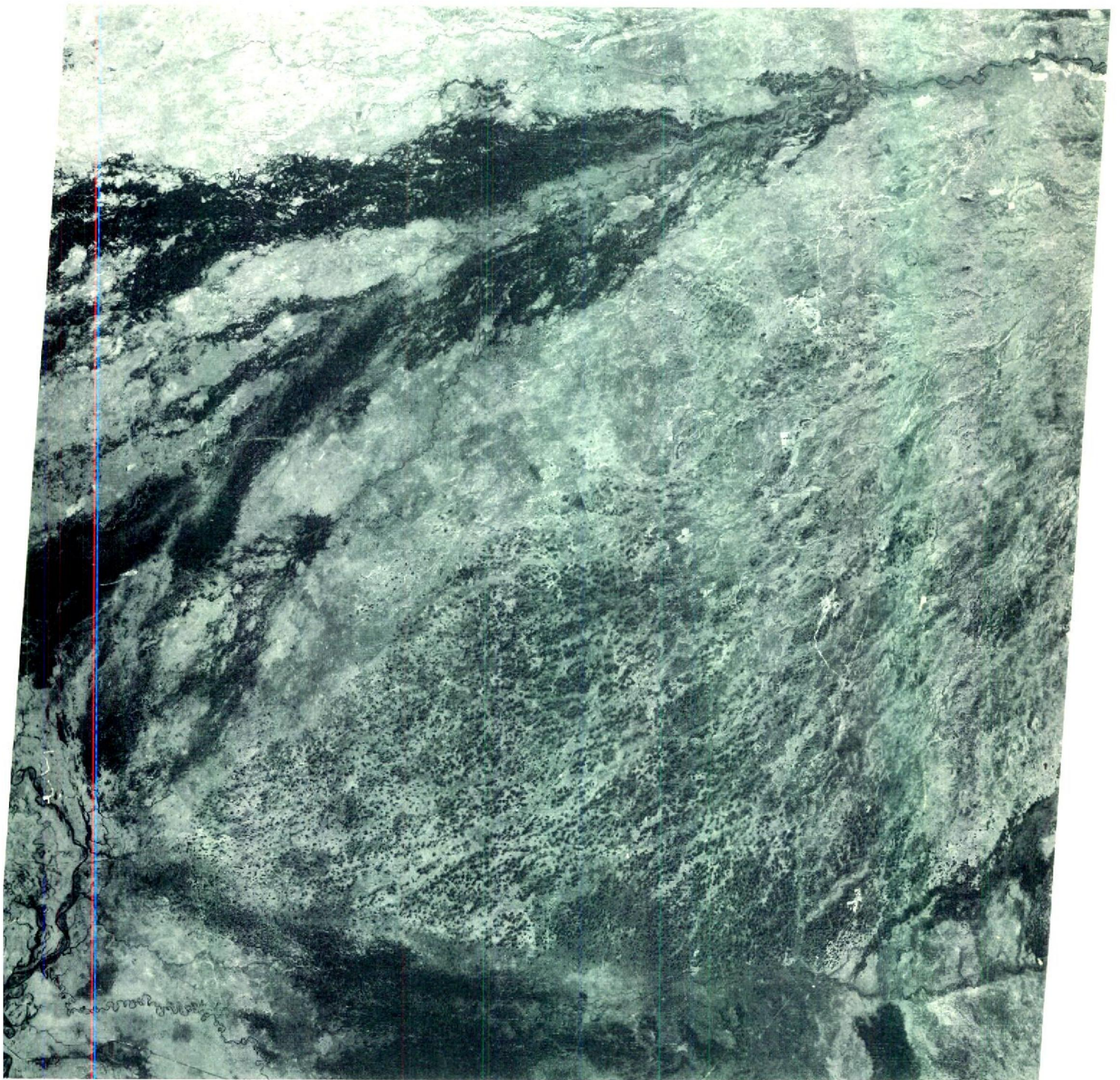


Imagem TM- Landsat da parte central do Pantanal

**LIVRO DE RESUMOS**

**Corumbá - MS, 09 a 12 de outubro de 1995**





**ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO  
APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL**



**LIVRO  
DE  
RESUMOS**

**CORUMBÁ, 9-12 DE OUTUBRO, 1995**

**ORGANIZAÇÃO**

- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA

**COMITÊ HONORÁRIO**

DR. MARCIO NOGUEIRA BARBOSA - DIRETOR DO INPE  
DR. LUIZ ALBERTO VIEIRA DIAS - CHEFE DA OBT/INPE  
DR ALBERTO DUQUE PORTUGAL - PRESIDENTE DA EMBRAPA  
DR. MÁRIO DANTAS - CHEFE DO CPAP/EMBRAPA

**COMISSÃO EXECUTIVA**

JOÃO BATISTA CATTO, EMBRAPA/CPAP  
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA, EMBRAPA/CPAP  
MYRIAN DE MOURA ABDON, INPE-DSR  
THELMA KRUG, INPE-DSR

**COMISSÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA**

ALBERTO WAINGORT SETZER, PHD-INPE  
ARNILDO POTT, PHD - EMBRAPA/CPAP  
EDUARDO DELGADO ASSAD, DSC - EMBRAPA/CPAP  
EVLYN MÁRCIA L. DE M. NOVO, DSR-INPE  
JAIRO ROBERTO JIMENEZ RUEDA, DSC - UNESP/IGCE  
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA, MSC - EMBRAPA/CPAP  
MYRIAN DE MOURA ABDON, MSC-INPE  
SILVIA MARIA ALVARENGA, MSC - IBGE/DGC/DERNA  
YOSIO EDEMIR SHIMABUKURO, PHD-INPE

**COMISSÃO DE INFRA-ESTRUTURA E APOIO (INPE)**

CLEONICE APARECIDA ORLANDELLI  
CRISTIANE TIEKO IKEDO  
JOAQUIM GODOY FILHO  
JOSÉ DOMINGUEZ SANZ  
MARIA CRISTINA DOS SANTOS VARLEZ  
MARIA DO ROSÁRIO FRANCO  
MARINA DE FÁTIMA OLIVEIRA MOURA  
OCTÁVIO ALVES DE SIQUEIRA FILHO  
TEREZINHA DOS SANTOS BOTELHO

**COMISSÃO DE INFRA-ESTRUTURA E APOIO (EMBRAPA-CPAP)**

CARLOS ROBERTO PADOVANI  
HENRIQUE DE OLIVEIRA  
JOAO DOS SANTOS VILA DA SILVA  
JOSIANE APARECIDA DA SILVA  
JUDITH MARIA FERREIRA LOUREIRO  
LUIS ALBERTO PELLEGRIN  
REGINA CELIA RAQUEL DOS SANTOS  
ROSANGELA GUIMARÃES DO PRADO BRASIL  
ROSILENE GUTIERREZ PEREIRA  
SANDRA LIMONGI GALVÃO PRADO DE MOURA  
YASMIN MOHAMED PEREIRA  
WILSON CORREA DA FONSECA JUNIOR  
WILSON DOS SANTOS BATISTA

**IMPRESSÃO:**

GRÁFICA DO INPE

**APOIO**

MCT / INPE  
MMA / EMBRAPA  
Banco do Brasil



## PREFÁCIO

Esta publicação reúne resumos de 50 trabalhos técnicos-científicos apresentados no “ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL”, organizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais(INPE) e pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal(CPAP) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Corumbá-MS, de 09 a 12 outubro 1995.

Com este volume o INPE e a EMBRAPA ampliam, para fora do âmbito específico do Encontro, a divulgação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo de áreas alagáveis, e contribuem para despertar o interesse no estudo do Pantanal. Esta região é explorada há mais de 250 anos, mas ainda é bastante desconhecida nos seus aspectos físicos, bióticos e econômicos.

Técnicas de fotointerpretação e processamento digital são apresentadas e discutidas no levantamento da cobertura vegetal, da alteração da cobertura digital, da geomorfologia, da geologia dos solos e da variação de áreas inundadas. São abordados também alguns aspectos sobre clima e hidrologia do Pantanal.

Espera-se que estes estudos forneçam subsídios para a elaboração de novos projetos de pesquisa e para o desenvolvimento e planejamento desta imensa planície brasileira.

SUMÁRIO

Tema	Nome	Autor(es)	Pag
PPC 50	COMPORTAMENTO HIDROLOGICO DO PANTANAL.	TUCCI C.E.M.	1
PPC 4	RELACOES DA VEGETACAO COM AMBIENTES DO PANTANAL.	POTT A.	5
TPAN 36	DELIMITACAO DO PANTANAL BRASILEIRO E SUAS SUB-REGIOES.	SILVA J.S.V./ABDON M.M./SILVA M.P.	9
TPAN 21	O LIMITE SUL DO PANTANAL.	ADAMOLI J.	11
TPAN 22	ZONEAMENTO ECOLOGICO DO PANTANAL BASEADO NO REGIME DE INUNDACOES.	ADAMOLI J.	15
TPAN 49	ASPECTOS METODOLOGICOS DA ANALISE NUMERICA APLICADA AO ZONEAMENTO ECONOMICO ECOLOGICO DO PANTANAL MATOGROSSENSE: ENFASE NO ECONOMICO.	GARCIA E.C.	19
TPAN 42	PLANO DE CONSERVACAO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI - PANTANAL MATOGROSSENSE: UMA PROPOSTA METODOLOGICA.	ROSS J.L.S.	25
TPAV 37	MAPEAMENTO E QUANTIFICACAO DE AREAS DESMATADAS NO PANTANAL BRASILEIRO, UTILIZANDO DADOS TM.	SILVA J.S.V./ABDON M.M./SILVA M.P./ROMERO H.R.	31
TPAV 27	AVALIACAO PRELIMINAR DA UTILIZACAO DE IMAGENS AVHRR/NOAA NA DETECCAO DE DESMATAMENTO NO PANTANAL.	MANTOVANI A.C.D.M./AMARAL S.	33
TPAV 18	ANALISE DIGITAL DE IMAGENS TM/LANDSAT E HRV/SPOT PARA FINS DE MAPEAMENTO DA VEGETACAO E DE USO DA TERRA DE PARTE DA BACIA DO ALTO TAQUARI (MS).	HERNANDEZ FILHO P./PONZONI F.J./PEREIRA M.N./POTT A./POTT V.J./SILVA M.P.	37
TPAV 6	BIOMASS BURNING AND THE CONCENTRATION ENHANCEMENT OF VARIOUS IONIC SPECIES.	GIRARD P./MOREIRA-NORDEMANN L./POPPI N.R.	41
TPAV 15	USO DA TERRA - PLANO DE CONSERVACAO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI.	LAURINO A.A.A./TREDEZINI C.A.	45
TPAV 47	ESTUDOS SOBRE O USO DO SOLO E A DINAMICA DA INUNDACAO NA REGIAO DE BARAO DE MELGAÇO.	RAWIEL P./SCHWENK L.M./HIGA T.C.C.S./SERGIO E.C./SOARES C.R.A./ET AL	47
TPCH 1	MONITORAMENTO BIOCLIMATICO UTILIZANDO O SATELITE NOAA.	KASSAR E./LIU W.T.H.	49
TPCH 54	BALANCO DE ENERGIA E DE AGUA PARA O PANTANAL.	RODRIGUES J.C./BEVILAQUA R.M.	53
TPCH 55	FATORES CLIMATOLOGICOS ENVOLVIDOS NAS VARIACOES DO NIVEL DO RIO PARAGUAI EM LADARIO (MS): ABAIXAMENTO DO NIVEL EM 1985-1986.	BEVILAQUA R.M./NORDEMANN D.J./GAN M.A.	57
TPCH 5	PREDICTION OF THE PARAGUAI RIVER LEVEL'S TIME SERIES USING NEURAL NETWORKS.	LI W.G./SA L.D.A./GALVAO G.P./BEVILAQUA R.M.	61
TPCH 9	APLICACAO DA TRANSFORMADA EM ONDELETAS A ANALISE DE SERIE TEMPORAL REFERENTE AO NIVEL DO RIO PARAGUAI EM LADARIO, MS.	SA L.D.A./SAMBATTI S.B.M./GALVAO G.P.	65
TPCH 12	PERIODICIDADES E TENDENCIAS NAS MEDIAS MENSAIS DO NIVEL DO RIO PARAGUAI EM CORUMBA DE 1900 A 1995.	NORDEMANN D.J.R.	69
TPCH 11	PREVISAO BASEADA NO ESTUDO DAS MEDIAS ANUAIS DO NIVEL DO RIO PARAGUAI EM CORUMBA DE 1900 A 1995.	NORDEMANN D.J.R.	73

# ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL

Tema	Nome	Autor(es)	Pag
TPCH 10	PREVISÕES SOBRE O NÍVEL DO RIO PARAGUAI EM CORUMBA: COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS (REDES NEURAIS E ANÁLISE HARMÔNICA POR REGRESSÃO ITERATIVA).	NORDELMANN D.J.R./LI W.G./BEVILAQUA R.M.	77
TPGG 45	O Mapeamento Geológico como Instrumento de Apoio para o Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP.	TARAPANOFF I.	81
TPGG 43	Grande Estrutura Circular do Pantanal.	VIEIRA A.C./KLRIN V.C.	83
TPGG 44	Proposta Metodológica: Quantificar Processos de Erosão Linear Utilizando de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica.	SEMMELMANN F.R./RISSO A./BORGES A.L.O.	87
TPGG 23	Mapa de Classes de Erodibilidade de Parte da Bacia do Rio Taquari, baseado em imagens TM-Landsat.	SANTOS A.R./ANJOS C.E./CREPANI E./VENEZIANI P./OKIDA R./OLIVEIRA H./ET AL	91
TPGG 16	Avaliação da Potencialidade das Imagens TM-Landsat e HRV-SPOT no Mapeamento Geomorfológico da Região do Rio Taquari.	FLORENZANO T.G.	95
TPGG 25	Sensoriamento Remoto na Ordenação Racional da Fisiografia - Solos - Vegetação de Parte do Pantanal da Bodoquena - MS	RUEDA J.R.J./PSSOTTI J.E.S./MATTOS J.T.	97
TPGG 26	Modelação das Contribuições Boliviana e Paraguaiá a Cheia do Pantanal com Auxílio do Sensoriamento Remoto.	SILVA R.C.V./GOMES L.B.	101
TPGG 20	Passive Microwave Remote Sensing of Flooding in the Pantanal.	SIPPEL S.J./HAMILTON S.K./SILVA J.S.V./MELACK J.M.	105
TPGG 46	Caracterização da Organização Espacial de Lagoas Salinas e Doces em uma Área da Fazenda Firme, Pantanal da Nhecolândia, MS.	SAKAMOTO A.Y./QUEIROZ NETO J.P./SALOMAO F.X.T./OLIVEIRA A.M.S.	109
TPPA 35	Base de Dados Georreferenciados do Pantanal.	SILVA J.S.V./PEREIRA J.E.	113
TPPA 39	Inundações no Pantanal Detectadas pelo AVHRR/NOAA.	SILVA J.S.V./ABDON M.M./GALDINO S./FERNANDES A.E.	115
TPPA 29	Deteção de Queimadas na Bacia do Alto Paraguai através de dados do NOAA-AVHRR.	ABDON M.M./SILVA J.S.V./FERNANDES A.E.	117
TPPA 31	Avaliação da ocupação por plantas aquáticas em lagoas da sub-região da Nhecolândia - Pantanal através de dados Landsat e SPOT.	ABDON M.M./POTT V.J./SILVA J.S.V.	119
TPPA 32	Extensão da área alagada no período de cheia em parte da sub-região da Nhecolândia, no Pantanal, avaliada através de dados do Landsat-TM.	ABDON M.M./SILVA J.S.V.	123
TPPA 28	Utilização de dados analógicos do Landsat-5 e do SPOT na discriminação da vegetação de parte da sub-região da Nhecolândia no Pantanal.	ABDON M.M./SILVA J.S.V./POTT V.J./SILVA M.P./POTT A.	125
TPPA 33	Avaliação de diferentes fitofisionomias no sul do Pantanal a partir de dados digitais do Landsat-TM.	ABDON M.M./SILVA J.S.V.	129



## ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL

---

Tema	Nome	Autor(es)	Pag
TPPA 38	MAPEAMENTO DOS TIPOS DE VEGETACAO DA CARTA ILHA CAMARGO NO PANTANAL.	SILVA J.S.V./ABDON M.M./RIBEIRO L.M./POTT A./POTT V.J./MOURA S.L.G.P.	133
TPPA 17	MAPEAMENTO DA VEGETACAO E DE USO DA TERRA DE PARTE DA BACIA DO ALTO TAQUARI (MS) CONSIDERANDO O PROCEDIMENTO DE ANALISE VISUAL DE IMAGENS TM/LANDSAT E HRV/SPOT.	HERNANDEZ FILHO P./PONZONI F.J./PEREIRA M.N./POTT A./POTT V.J./SILVA M.P.	137
TPPA 40	UTILIZACAO DE DADOS TM PARA AVALIACAO DO USO DA TERRA NO PANTANAL.	SILVA J.S.V./ROMERO H.R./MARISCO N.	141
TPPA 24	ASPECTOS DA EROSAO NA BACIA DO ALTO TAQUARI E SUA INFLUENCIA NO ASSOREAMENTO DO PANTANAL MATO-GROSSENSE.	CREPANI E./SANTOS A.R.	143
TPPA 41	CLASSIFICATION OF THE PANTANAL WETLANDS DURING HIGH WATER BASED ON SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS OF LANDSAT THEMATIC MAPPER DATA.	MERTES L.A.K./SOUZA O.C.	147
TPSS 14	IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO: GRAVACAO, ARQUIVO E DISTRIBUICAO.	MARTINI P.R.	151
TPSS 7	O LABORATORIO DE TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS DO INPE-LTID.	GODOY JUNIOR M.	155
TPSS 56	TECNICAS RADIOMETRICAS PARA A REGIAO DO PANTANAL.	STEFFEN C.A.	159
TPVR 30	FITOFISIONOMIA DE PARTE DA SUB-REGIAO DA NHECOLANDIA NO PANTANAL A PARTIR DE DADOS DIGITAIS DO LANDSAT E SPOT.	ABDON M.M./SILVA J.S.V.	163
TPVR 34	AVALIACAO DE DADOS TM PARA DISCRIMINACAO DE PADROES FITOFISIONOMICOS DO SUL DO PANTANAL.	SILVA J.S.V./ABDON M.M./BOOK A./SILVA M.P.	167
TPVR 8	AVALIACAO PRELIMINAR DE DADOS RADAR (ERS-1) PARA ESTUDOS NO PANTANAL.	PALME U.W./ABDON M.M./SILVA J.S.V./BIGNELLI P.	171
TPVR 19	INDICE DE VEGETACAO E IMAGENS FRACOES DERIVADAS DO MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL PARA O MONITORAMENTO DA REGIAO DO PANTANAL.	SHIMABUKURO Y.E./MORAES NOVO E.M./PONZONI F.J.	175

# **TRABALHOS**

# **TÉCNICOS-CIENTÍFICOS**

**PPC**

**PALESTRAS CONVIDADAS**



## Comportamento Hidrológico do Pantanal

Dr. Carlos E.M. Tucci

Instituto Pesquisas Hidráulicas

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Rua Lavradio, 150 casa 1 - 90690-370 - Porto Alegre- RS - Fone 228 1633 R 6408

### Comportamento

O rio Paraguai e seus principais afluentes escoam de um Planalto no nível de cerca de 200 m para uma região muito plana no nível de 100 m. Essa região, denominada de Pantanal, tem uma declividade muito baixa e capacidade de escoamento muito pequena. Conjugado com estas condições morfológicas se observa uma distribuição de precipitação com gradientes decrescentes no sentido do Planalto para o Pantanal. Essas isoietas variam de no máximo 2000mm até cerca de 1000 mm.

O Planalto se distribui como um leque e contribui para o Pantanal através dos vários afluentes que o atravessam até o rio Paraguai que escoam próximo do limite ocidental da bacia.

Esses rios ao entrarem no Pantanal sofrem uma drástica redução de velocidade decorrente da brusca mudança de declividade. Associada a este fenômeno ocorre a deposição de sedimentos, o assoreamento no leito e uma perda de poder erosivo que se traduzem por uma seção transversal menor que a do estirão a montante. Durante as enchentes, como as seções a jusante têm uma capacidade de escoamento (*conveyance*) menor que a montante, ocorre extravazamento de volumes para o leito maior e, quando este não é encaixado, para o Pantanal. De acordo com a magnitude das enchentes são atingidas áreas com maior ou menor extensão. Por outro lado, a planície pantaneira é ocupada por um grande número de depressões, que quando cheias formam uma paisagem de pequenos lagos que se interligam nas águas altas e represam a água depois que as águas baixam. Portanto, grande parte do volume do hidrograma de montante que extravaza para o leito maior fica retido pelas depressões, que não têm ligação superficial com o leito menor de drenagem principal do Pantanal.

Durante o período em que os rios permanecem nos limites do seu leito médio e não ocorrem precipitações, o volume de água retida nas depressões diminui sob efeito da evaporação desses lagos e da infiltração pelo seu fundo para o lençol freático. No entanto, devido ao depósito de material fino como sedimentos e matéria orgânica trazida em suspensão pelo escoamento, o fundo desses lagos tende a possuir uma baixa capacidade de infiltração, sendo pequeno o volume de transferência através da água subterrânea. Além disso, a capacidade de evaporação nessa região é alta devido ao clima, que mantém também altas temperaturas durante praticamente todo o ano.

Esse processo descrito pode ser a causa da diminuição da vazão média da bacia no sentido da jusante para montante. Por exemplo, no rio Cuiabá entre Barão de Melgaço e São João ocorre redução de vazão no sentido mencionado como de cerca de 62% durante as enchentes. Isto não é observado durante

os períodos de estiagem no mesmo trecho. Nesse período ocorre acréscimo de vazão, como era de se esperar.

### **Representatividade e sazonalidade hidrológica**

As séries hidrológicas da bacia do Alto Paraguai são limitadas principalmente na sua representatividade temporal. Estas condições são críticas principalmente para os dados fluviométricos pois existe apenas um posto com série longa de níveis, que é o de Ladário (início em 1900). Os demais iniciaram na década de 60.

Para a pluviometria existem seis postos com série longa, de 47 a 88 anos; os demais que constituem uma rede bem mais densa, só iniciaram no final da década de 60. Utilizando os seis postos com períodos longos, separados em duas partes, foram verificadas se as estatísticas dos mesmos podiam ser consideradas iguais por meio de teste de hipótese. Os testes indicaram que a média e o desvio padrão dos totais de precipitação anual não diferem significativamente a um nível de 5% para os dois períodos analisados em cada uma das seis estações. Com relação ao semestre mais chuvoso houve apenas uma rejeição para o posto de Diamantino, entretanto, os números indicaram que para um nível de significância um pouco superior ao adotado, a hipótese é aceita. Os resultados dependem da correlação entre as séries. Existindo correlação entre as mesmas ocorre redução no intervalo de confiança do critério de homogeneidade podendo ser aceitas séries não-homogêneas como homogêneas.

As maiores dificuldades das séries fluviométricas são as seguintes:

- existe apenas um posto de dados com série longa (antes da década de 60);
- a mobilidade do leito dos rios compromete a validade das séries de níveis e a validade das curvas de descarga;
- com o abandono da coleta de dados por parte do DNOS em 1990, os postos demoraram para ser reativados, e nem todos o foram, criando incertezas ainda maiores nos dados mais recentes;
- grande parte dos postos não possuem, medições nos trechos superiores das curvas de descarga.

Os dados de Ladário(1900-1993) permitem avaliar nesse período se os dados disponíveis da década de 60 até a atualidade são representativos de um período mais longo. Pode-se observar da série que entre os anos de 1900 e 1960 as cotas máximas flutuaram na vizinhança de 4,0 m, no período de 1960 a 1973 esses valores flutuaram perto do valor de 2,0 m e no período do 1973 a 1991 flutuaram em torno de 5,0 m. Essas variações são muito grandes para uma região onde os leitos dos rios são na maioria dos casos aluvionares. Os leitos de rios deste tipo normalmente são formados naturalmente por cheias de tempo de retorno de cerca de 1,5 anos. Portanto no período de 60-73 os rios tenderam a formar leitos com capacidade de escoamento menores que o período anterior pelo assoreamento e pela falta de energia. A população passou a explorar as áreas que anteriormente ficavam por períodos muito longos inundadas, gerando um benefício econômico,

principalmente nas fazendas de gado. Com a chegada do período subsequente em que as enchentes flutuaram em outro patamar duas vezes superior ao anterior, os rios passaram a receber vazões com energia duas vezes superior a anterior, em média. As áreas que anteriormente passavam vários meses sem lâmina d'água passaram a inundar quase que permanentemente.

As principais questões sobre esses dados residem no seguinte: (i) O leito em Ladário poderá ter sofrido modificação para produzir aquelas variações?; (ii) a régua poderá ter sido relocada e o fato não ter sido registrado? (iii) será esse um comportamento apenas das vazões como resultados de ações da exploração humana sobre a bacia (iv) sera esse um comportamento puramente climático?

Não existem postos com a série tão longa que possa ser comparada com a de Ladário, procurou-se examinar para os postos fluviométricos com dados disponíveis se os mesmos apresentaram no período de 1965 a 1983 uma grande variação de vazão (e nível) semelhante a que se observou em Ladário. Elas indicam que ocorreu grande variação entre os valores da década de 60 e a de 70. Isto parece indicar que a grande variação ocorrida na régua de Ladário não resulta das duas primeiras questões. Isto não indica que o leito em Ladário se manteve estável ou que outros erros não tenham acontecido, mas que o grau dessas interferências não foi significativo que tenha provocado as tendências observadas. As informações disponíveis indicam portanto que o leito do rio Paraguai em Ladário tem se mantido estável e que as leituras são confiáveis.

Para responder as questões restantes foram examinadas conjuntamente as variações dos níveis em Ladário e as precipitações na bacia contribuinte. Examinando as precipitações de Cuiabá e os níveis de Ladário, pode-se observar que, embora com uma menor variabilidade, as precipitações mostram tendências semelhantes, na década de 60 e depois de 73.

Portanto, pode-se se supor com os dados disponíveis, que a variabilidade observada em Ladário resulta do comportamento climático. Essa explicação encontra reforço em fatos semelhantes registrados em outras bacias de rios brasileiros, mas ela necessita ainda ser comprovada por um estudo dos níveis de estiagem para poder ser aceita definitivamente, já que os mesmos dependem muito mais da falta prolongada de precipitação, se houver baixa permeabilidade do escoamento das áreas inundadas. Nesse caso, a precipitação total anual pode mascarar a tendência.





# RELAÇÕES DA VEGETAÇÃO COM AMBIENTES DO PANTANAL

Arnido Pott

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal-CPAP

Rua 21 de Setembro, 1880

79 320-900 Corumbá, MS

A vegetação do Pantanal apresenta forte relação com gradientes hidrotopográficos e tipo de solo, bem como com fatores antrópicos. As formações básicas são arbóreas, gramíneo-lenhosas (savanas), campestres e aquáticas, muitas vezes alternadas num espaço de poucos metros no terreno. As formações que predominam em área no Pantanal são a campestre e a savânica, localizadas na porção da toposequência em que se alternam sazonalmente cheia e seca.

Mesmo dentro de uma formação à primeira vista homogênea, há grandes variações na composição florística em função de sutis diferenças em altura da lâmina d'água ou profundidade do lençol freático, tempo de residência da inundação, água parada ou corrente, origem fluvial ou pluvial, ou simplesmente distância do corpo d'água. São dados exemplos dessa variabilidade.

No caso da cordilheira, a vegetação lenhosa pode variar de mata ciliar num lado, junto à lagoa, a cerrado no outro, em contato com campo graminoso, passando por mata semidecídua e cerradão na parte central, tudo em menos de 100 m de largura.

A vegetação macrofítica de uma lagoa geralmente tem distribuição espacial concêntrica de associações de espécies, com as diversas formas biológicas (arbustos, emergentes, flutuantes fixas, flutuantes livres, submersas) em ordem seqüencial, segundo a profundidade, da margem para a parte central, a qual freqüentemente não tem cobertura vegetal (POTT et al. 1989), exceto quando o vento leva o "baceiro" (tapetes ou ilhas flutuantes) e/ou a "orelha-de-onça" (*Salvinia*). A subida da água desloca grande quantidade de "baceiros" e camalotes (*Eichhornia spp.* e macrófitas associadas), que descem o rio, principalmente após tempestades.

A vegetação campestre, em geral, é composta de várias comunidades herbáceas, como caronal (*Elyonurus muticus*), faixa de grama-do-cerrado (*Mesosetum chaseae*), campo limpo de mimoso (*Axonopus purpusii*), campo limpo de mimosinho (*Reimarochloa brasiliensis*), etc., altimetricamente distanciadas apenas em 10 cm uma da outra. O microrrelevo tem efeito sobre a vegetação, pois murundus ou "cupinzeiros" certamente estão ocupados por outra comunidade, formada por espécies adaptadas a sítios de melhor drenagem (POTT 1994).

A vegetação é mais disciplinada em áreas arenosas, em que, via de regra, há campo onde é inundável. Já nas argilosas tende a haver mais arbustos, mesmo em áreas com mais de 1 m de inundação. Um exemplo da influência da textura do solo pode ser observado em poucos quilômetros no Porto da Manga (rio Paraguai), na margem direita, argilosa, há mais arbustos e árvores do que na esquerda, arenosa, dominada por gramíneas, embora sob o mesmo regime de inundação.

Para o mesmo nível de inundação, é o tipo de solo que determina a flora. Em solo argiloso ácido há influência fitogeográfica amazônica, e.g. *Vochysia divergens*, ou dos cerrados e savanas sulamericanas, como *Curatella americana*. Em solos argilosos alcalinos estabelecem-se elementos do Chaco (*Copernicia alba*-"carandá") ou de floresta decídua (*Myracrodruon urundeuva*). Nos solos arenosos, de modo geral, ocorrem plantas de cerrado (*Caryocar brasiliense*, *Hymenaea stigonocarpa*) ou das savanas neotropicais (*Bowdichia virgilioides*).

A fertilidade do solo também influi, principalmente sobre a densidade da vegetação campestre, havendo campos densos como os de *Paspalum hydrophilum* (um dos "felpudos") em solos férteis das planícies de inundação dos rios Paraguai e Miranda, e campos ralos como os de "fura-bucho" (*P. carinatum*-*P. lineare*) em solos pobres do leste de Nhecolândia e Paiaguás. Logo após a inundação, entretanto, a densidade de gramíneas é baixa, porque grande parte da parte aérea morre ou se aplasta com a água.

A dinâmica da paisagem é ainda fortemente afetada por ciclos plurianuais de grandes cheias ou de seca prolongada, com respectivo recuo e avanço de pioneiras lenhosas, tais como *Byrsonima orbignyana* ("canjiqueira"), *Curatella americana* ("lixeiro"), *Fagara hassleriana* ("maminha"), *Hymenaea stigonocarpa* ("jatobá"), *Mimosa spp.* ("espinheiro"), *Tabebuia aurea* ("paratudo"), *Vitex cymosa* ("tarumã"), *Vochysia divergens* ("cambará"), etc. (POTT & POTT 1994). Assim, no ciclo de anos secos de 1960-74, os leitos secos dos rios Negro e Abobral e fundos de lagoas foram invadidos por árvores e arbustos pioneiros, que morreram com o retorno das cheias, mas os tocos continuam lá como testemunhos do evento dessa dinâmica. Muitas das pioneiras são ornitócoras, como *Fagara hassleriana*, que surge ao redor de postes e cupinzeiros que servem de pouso às aves disseminadoras. Em anos de cheia maior as lagoas "salinas" não apresentam a praia de areia descoberta que as distingue facilmente das demais lagoas em anos um pouco mais secos.

A intensidade de uso e o manejo da pastagem nativa também modificam o aspecto da vegetação campestre. São comuns fortes contrastes ao longo de uma linha de cerca, em que no lado com pouco ou nenhum gado há uma densa cobertura de gramíneas altas, enquanto no outro, queimado e muito pastejado, há muito solo descoberto ou água aparecendo. O fogo tende a reduzir a densidade de plantas lenhosas, principalmente em áreas argilosas, com espécies mais sensíveis à

queimada, enquanto nas arenosas ocorrem plantas de cerrado com proteção térmica no tronco, pela espessura da casca corticosa.

A intervenção direta do homem na vegetação é relativamente localizada no Pantanal, restrita ao desmatamento para pastagem cultivada em área livre de inundação ou pouco inundável (caso de caronal e “fura-bucho”), ou controle de algumas espécies invasoras de pastagem nativa. Assim, grande parte das atuais áreas de campo limpo em solos arenosos eram canjiqueirais, que foram derrubados para limpeza de pastagem. Ao contrário, muitas áreas de campo limpo em solos argilosos ou siltosos entraram em sucessão para cambarazal, espinheiral, maminhal, pombeiral ou outras lenhosas pioneiras. Mudanças na vegetação por alteração do regime hidrológico também são pontuais; muitas vezes em lados opostos de um aterro de estrada pode-se observar aumento de árvores na parte com melhor drenagem, e árvores mortas ou morrendo onde houve represamento, mesmo se tratando de espécies adaptadas à inundação, como “paratudo”.

A constante instabilidade ou forte dinâmica do mosaico fitofisionômico do Pantanal tem sido um desafio à pesquisa em Sensoriamento Remoto, Fitossociologia, e Ecologia e Manejo de Recursos Naturais.

#### Referências bibliográficas

POTT, A. Ecosistema Pantanal. In: PUIGNAU, J.P. **Utilización y manejo de pastizales**. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1994, p. 31-44. (IICA-PROCISUR. Diálogo, 40).

POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA-SPI/CPAP, 1994. 320 p. il.

POTT, V.J.; BUENO, N.C.; SALIS, S.M.; VIEIRA, N.L. Distribuição de macrófitas aquáticas numa lagoa da fazenda Nhimirim, Nhecolândia, Pantanal, MS. **Acta botanica brasílica**, v. 3, n. 2, p. 153-168, 1989.

**TPAN**

**O QUE É O PANTANAL**

## DELIMITAÇÃO DO PANTANAL BRASILEIRO E SUAS SUB-REGIÕES

João dos Santos Vila da Silva - Msc, EMBRAPA-CPAP

Myrian de Moura Abdon - Msc, INPE/DSR

Marta Pereira da Silva - EMBRAPA-CPAP

Reconhecidamente a planície contínua de inundação da Bacia do Alto Paraguai é denominada Pantanal. Porém esse contorno não é claro em algumas regiões, devido a dificuldade de se diferenciar os ambientes em função das fitofisionomias observadas e a falta de informações sobre umidade no solo. Nas passagens de planalto para planície, isto é observado quando ocorrem mudanças suaves no relevo. No entanto, a definição e a delimitação de um determinado espaço geográfico é condição básica para que se possa estabelecer qualquer ação normativa ou legislativa para essa região. Há vários estudos que tratam da delimitação e quantificação da área do Pantanal, entre os quais Brasil (1979) e Alvarenga et al. (1984). Entretanto, a maioria das informações estão disponíveis descritivamente, ou em mapas nas escalas de 1:5.000.000 ou de 1:1.000.000, as quais são inadequadas para o planejamento regional, para o estabelecimento de novas formas de manejo, ou para a definição e seleção de áreas de pesquisa, haja visto que os limites nem sempre são perceptíveis.

Este trabalho objetiva efetuar a delimitação da planície do Pantanal no Brasil, suas sub-regiões geopolíticas e a participação estadual e municipal nessa região, utilizando-se imagens de satélite na escala de 1:250.000

Os parâmetros adotados para a delimitação foram inundação, relevo, solo e vegetação. Os materiais utilizados foram os estudos anteriores relacionados à delimitação fisiográfica do Pantanal, Global Positioning System (GPS), mapas municipais estatísticos, cartas topográficas e imagens de satélite Landsat 5 TM, na escala de 1:250.000, apoiados em trabalhos de campo. A extração de informações das imagens de satélite foi feita a partir de métodos de interpretação visual. Foram utilizadas 16 imagens em papel fotográfico na composição colorida 3B4G5R, dos anos de 1990/91. Os parâmetros adotados mostraram-se consistentes para a delimitação do Pantanal.

A Bacia do Alto Paraguai, no Brasil, foi quantificada em 358.514 km<sup>2</sup> e o Pantanal no Brasil em 139.558 km<sup>2</sup>, ocupando portanto 38,93% da área da bacia.

Verificou-se a participação de 15 municípios na composição da área fisiográfica do Pantanal, sendo que 6 municípios estão no Estado de Mato Grosso, ocupando 34,27% da área do Pantanal e 9 municípios estão no Estado de Mato Grosso do Sul, ocupando 65,73% da área do Pantanal. Os municípios que possuem maior área do seu território no Pantanal são Barão de Melgaço (99,2%), Corumbá (95,4%) e Poconé (80,0%). Os municípios que mais contribuem para formação da área do Pantanal são Corumbá (44,31%), Poconé (10,01%), Cáceres (9,44%) e Aquidauana (9,31%). Isto é, esses quatro municípios juntos representam 73,07% da área do Pantanal. O Pantanal ficou subdividido em 11 sub-regiões, sendo que as maiores são Paiaguás, Nhecolândia, Barão de Melgaço e Poconé, ocupando respectivamente, 21,12, 19,26, 12,85 e 10,95% da área do Pantanal. A menor sub-região é a do Abobral, com apenas 2,07% da área do Pantanal. Na

Tabela 1 estão listadas as áreas de cada sub-região e a participação relativa de cada uma na área total do Pantanal.

Na delimitação e quantificação das sub-regiões do Pantanal foi incluída a sub-região de Porto Murtinho, no sul do Pantanal, abaixo da confluência do rio Nabileque com o Paraguai. Nesta sub-região predomina a vegetação chaquenha (savana estépica) com alagamento anual por origens pluviais e fluviais em algumas áreas. O Pantanal ficou então dividido em 11 sub-regiões. É importante ressaltar que na divisão em sub-regiões efetuada na área da planície pantaneira foram utilizados, na maioria dos casos, nomes já consagrados pela literatura e pela população local, originários de nomes de rio, de municípios ou de distritos administrativos.

O Pantanal brasileiro ficou definido como sendo a planície contínua de inundação, inserida na Bacia do Alto Paraguai, tendo seu extremo ao norte, acima da cidade de Cáceres no Mato Grosso e seu extremo ao sul, no rio Apa, abaixo da cidade de Porto Murtinho.

Sugere-se a execução de futuros trabalhos que contemplem a descrição dos limites e dos aspectos físicos, bióticos e sócio-econômicos das sub-regiões.

Tabela 1. Sub-regiões definidas para a área fisiográfica do Pantanal.

Sub-regiões	Área (km <sup>2</sup> )	%
1. Cáceres	12.099	8,67
2. Poconé	15.287	10,95
3. Barão de Melgaço	17.931	12,85
4. Paraguai	8.189	5,87
5. Paiaguás	29.469	21,12
6. Nhecolândia	26.876	19,26
7. Abobral	2.891	2,07
8. Aquidauana	4.961	3,56
9. Miranda	4.791	3,43
10. Nabileque	13.026	9,33
11. Porto Murtinho	4.038	2,89
TOTAL	139.558	100,00

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarenga, S.M.; Brasil, A.E.; Pinheiro, R.; Kux, H.J.H. Estudo geomorfológico aplicado à Bacia do Alto Paraguai e Pantanaís Mato-grossenses. *Boletim Técnico. Série Geomorfológica*. Projeto RADAMBRASIL, Salvador, 1984, p.89-183.

Brasil. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvimento da Região Centro-Oeste. *Estudos de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai*, Brasília, t.2. 1979.

## O LIMITE SUL DO PANTANAL

JORGE ADAMOLI

As diversas subregiões do Pantanal apresentam-se quase que em extremos opostos de condições ambientais: solos arenosos e ácidos na Nhecolândia, Paiaguás e Barão de Melgaço, face a solos argilosos no Nabileque; inundações precoces em Cáceres ou tardias em Porto Esperança, curtas em Miranda ou longas em Ladário. No Pantanal atuam as mais diversas influências biogeográficas: Amazônica pelo Norte, Cerrados pelo Leste e Centro, Atlântica ou Paranaense pelo Suldeste, e Chaco pelo Oeste e Sul.

Apesar de todos estes elementos de diversidade, o Pantanal exhibe uma marcante individualidade regional. O fator unificador é o retardamento nos fluxos de água, sedimentos e nutrientes, originado na presença de enormes áreas extendidas por centenas de quilômetros com declividades mínimas, da ordem de 1 - 5 - 10 cm / km. Estas características se mantêm até a confluência do rio Nabileque com o rio Paraguai, sobre o paralelo de 21° Sul. A partir desse ponto, as águas do rio Paraguai correm dentro de uma estreita planície que raramente atinge os 5 km de largura, em contraste com diversos pontos dentro do Pantanal, onde as águas das cheias do Paraguai cobrem uma largura de 130 km (no paralelo de 17 °), de 65 km no paralelo de 18° 50', ou de 60 km no paralelo de 20° 10'.

A partir de Porto Olimpo, imediatamente após a confluência do rio Nabileque, os transbordamentos do rio Paraguai ficam restritos a uma estreita planície, da mesma forma que em Porto Murtinho no Brasil, Asunción no Paraguai e Formosa na Argentina. Todas estas cidades são afetadas por inundações, sem que isso as caracterize necessariamente como pertencentes ao Pantanal.

O ponto fundamental é a mudança no regime de inundações. O retardamento no escoamento das águas, imposto pela grande extensão da planície pantaneira, começa a se perder a partir da confluência do Nabileque, pela presença da Serra da Bodoquena na margem esquerda do rio Paraguai. Os tributários que descem da Serra e dos relevos residuais de menor altura atingem o rio Paraguai sem o fator amortecedor das grandes planícies de centena de quilômetros que caracterizam ao Pantanal, o que muda o regime hídrico do rio.

A análise das imagens satelitárias permite verificar que os padrões de paisagem característicos do Pantanal desaparecem após a confluência do rio Nabileque. Na Fig. 1, fica evidente a substituição do padrão de terras inundáveis típico do Pantanal, por uma paisagem dominada por florestas de terra firme que, partindo do pé da Serra da Bodoquena, atingem as bordas da estreita planície de inundação do rio Nabileque a partir do Morro do Lombo (20°30' Sul 57°30'W) e ficam junto ao rio Paraguai após a confluência.

Na Fig. 2 se apresenta o registro hidrométrico de Ladário, onde o efeito amortecedor do Pantanal se traduz numa curva suave com um único pico e sem diferenças importantes entre valores calculados e estimados. Em contraste, em Fecho dos Morros o efeito das águas que descem da Serra e fluem no rio Paraguai, sem sofrer o retardamento imposto pela planície pantaneira, se manifesta na configuração da curva, determinando a formação de numerosos picos.





Fig. 1. Imagem Landsat Órbita 276, Ponto 26 do 22 Jul/76. Original, falsa cor composta (canais 4,5 e 7). Na direita da imagem, aparecem a Serra da Bodoquena, os relevos residuais e as florestas de terra firme, parcialmente desmatadas. A confluência do rio Nabileque com o rio Paraguai marca o limite Sul do Pantanal.



# ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL



CORUMBÁ, 9-12 DE OUTUBRO, 1995

---

## SECRETÁRIAS

### EMBRAPA:

1. Sandra Limongi de Moura
2. Cecilia Vieira
3. Rosângela Guimarães Brazil
4. Maria Solange Martins
5. Rosilene Gutierrez
6. Josiane Aparecida da Silva
7. Fatima Helena Garcia
8. Regina Celia Raquel dos Santos

### INPE:

9. Marina de Moura
10. Cristina Varlez
11. Terezinha Botelho

## FOTÓGRAFOS

José Carmelo Barbosa - EMBRAPA  
Celso de Faria - INPE

## Assistente Técnico

Lélio Ribeiro de Sá - INPE

## Motoristas

Américo Batista - EMBRAPA  
Haroldo Lara Cunha "  
Luiz Fernando Spinosa "  
Moacir Ortiz de Assis "  
Wellington Arcanjo - INPE

## Ajudantes

Maciel de Arruda Ferreira  
Edmir Dias da Silva



# ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL

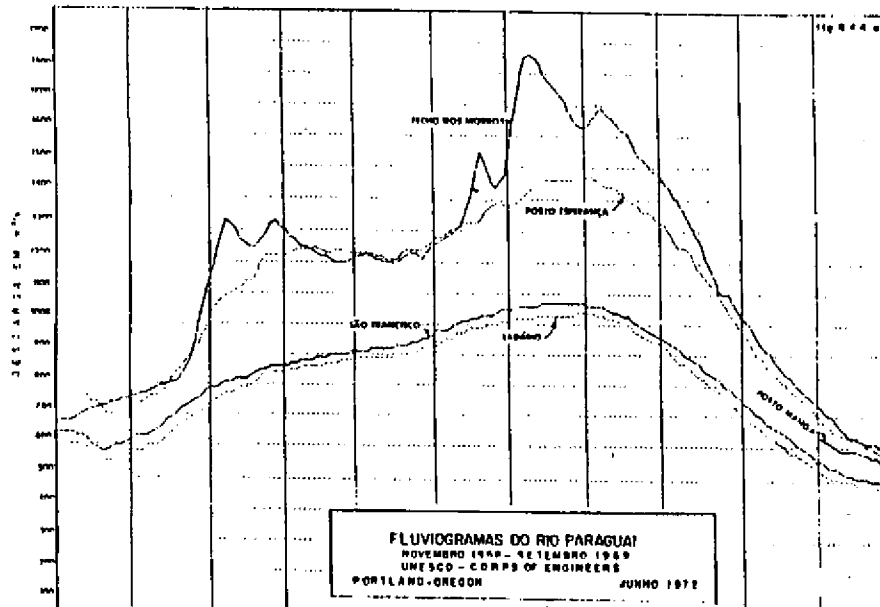
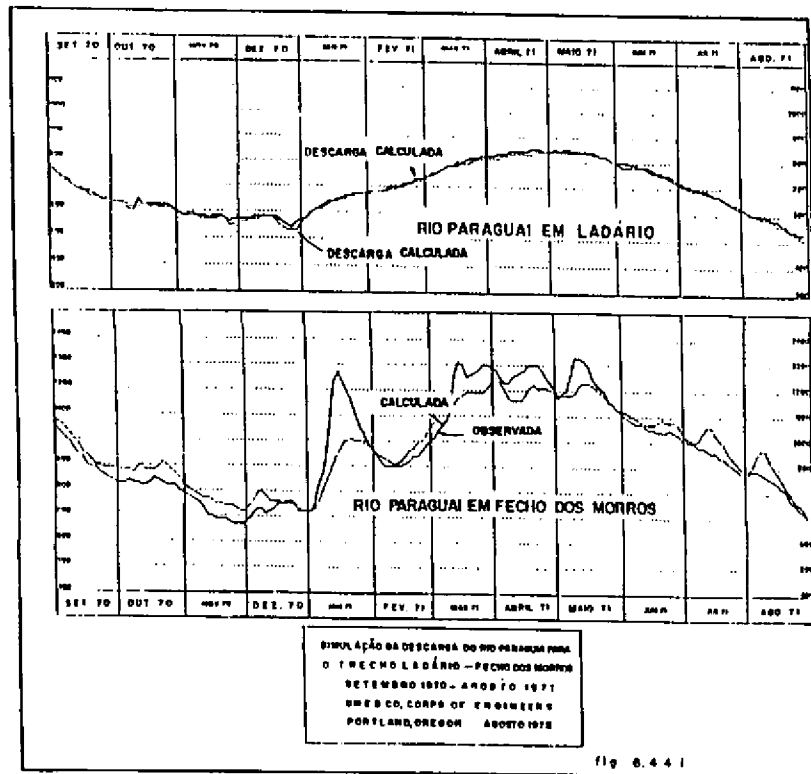


CORUMBÁ, 9-12 DE OUTUBRO, 1995

---

## INFORMAÇÕES SOBRE O EVENTO

<b>Nº DE INSCRITOS</b>	=	305
<b>Nº DE PARTICIPANTES</b>	=	244
<b>Nº DE STAFF</b>	=	22 pessoas
<b>ESTADOS</b>	=	10 (SP/MS/MT/PR/DF/RJ/GO/BA/TO)
<b>PAÍSES</b>	=	6 (USA/VENEZUELA/PARAGUAY/ARGENTINA/ COLÔMBIA/BRASIL)



**Fig. 2.** Comparação dos fluviogramas de Ladário (19° 00'S) e Fecho dos Morros (21° 40' S). Em Ladário o efeito amortecedor do Pantanal determina uma curva suave com um único pico de enchentes. Em Fecho dos Morros as águas dos rios que descem da Serra da Bodoquena determinam a formação de vários picos.



## ZONEAMENTO ECOLÓGICO DO PANTANAL BASEADO NO REGIME DE INUNDAÇÕES

JORGE ADAMOLI

O regime de inundações é o fator ecológico fundamental do Pantanal, já que determina os pulsos dos principais processos abióticos e bióticos, assim como os ciclos operativos dos processos produtivos, quer seja a pecuária, o turismo ou a navegação. O regime de inundações determina o tipo e composição específica das comunidades integrantes das diversas unidades de paisagem.

Como parte dos estudos sobre fisiografia e vegetação do Projeto EDIBAP, foram interpretadas 26 imagens satelitárias em escala 1:500.000 (metade delas na faixa do infravermelho), com cobertura total sobre o Pantanal. A delimitação inicial foi utilizada para planificar os controles de campo, realizados através de numerosos sobrevôos a baixa altitude e grande número de viagens terrestres. Os mapas originalmente elaborados (vegetação, áreas inundáveis, fisiografia) foram utilizados como base para uma nova interpretação das imagens, destinada a elaborar o presente zoneamento ecológico do Pantanal baseado no regime de inundações. Utilizaram-se as imagens das seguintes órbitas e pontos: 242-71, 72, 73 e 74; 243-71, 72, 73, 74 e 75; 244-71 e 72; 245-71.

Como variáveis de caracterização foram utilizadas altura, duração e extensão das inundações. Na legenda figuram, para cada uma destas variáveis, os correspondentes nomes e valores indicativos.

- Altura das inundações. É o fator mais facilmente registrável; indica a magnitude de cada cheia. Foi dividida em Muito Alta (> 2 m), Alta (1-2 m), Média (0,5-1 m), Baixa (0,3 - 0,5 m) e Muito Baixa (< 0,3 m).

- Duração das inundações. É o fator de maior influência sobre a configuração das comunidades e a sua composição específica. Foi dividida em Muito Longa (5-6 meses), Longa (4-5 meses), Média (3-4 meses), Curta (2-3 meses) e Muito Curta (1-2 meses).

- Extensão das inundações. Indica a percentagem do território coberta pelas águas, que pode ser Generalizada (> 75 %), Parcial (50 %) ou Localizada (<25 %).

Como variáveis de delimitação foram utilizados os padrões espaciais formados pelos seguintes tipos de vegetação: Matas de Terra Firme, Matas de Inundação, Savanas de Terra Firme (Cerrado e Cerradão), Savanas de Transição e Campos de Inundação.

Como resultado, identificaram-se 6 tipos básicos representativos dos principais regimes de inundação, os quais constam na Figura 1.

Cada uma das 6 zonas básicas do Pantanal foi dividida por sua vez em sub-zonas, as quais, além das características comuns, apresentam particularidades que são descritas em separado. Na Fig. 1 as sub-zonas aparecem identificadas por um subíndice que segue ao número correspondente de cada zona. Como resultado final, o Pantanal fica dividido em 6 zonas ecológicas e 29 sub-zonas com diferentes regimes de inundação e, portanto, diferentes respostas ao nível de organização da paisagem e das comunidades dominantes.

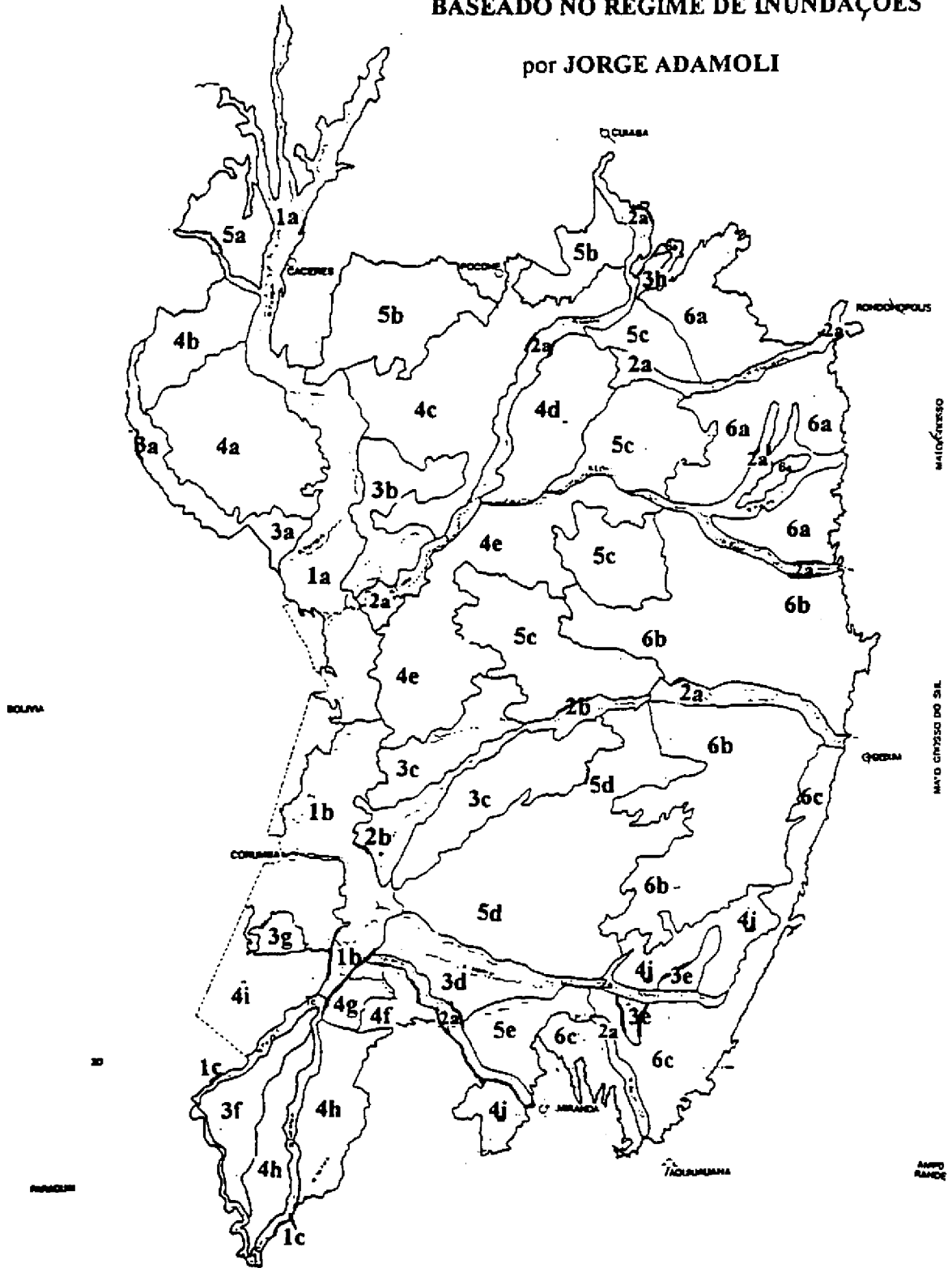
LEGENDA DA FIG. 1. "ZONEAMENTO ECOLÓGICO DO PANTANAL BASEADO NO REGIME DE INUNDAÇÕES"

ZONA Nº Nome	SUPERFÍCIE (km <sup>2</sup> ) (%)	ALTURA (metros)	DURAÇÃO (meses)	EXTENÇÃO (%)	TIPOS DE VEGETAÇÃO		
					MTF	MIN	STR CIN
1. Planície do Paraguai	15.235,2 km <sup>2</sup> 11,04%	MUITO ALTA (> 2 m)	MUITO LONGA 5-6	GENERALIZADA 75%	XX		XXX
2. Planícies dos Tributários	13.620,6 km <sup>2</sup> 9,87%	ALTA (1-2 m)	CURTA/MÉDIA 2-3-4	GENERALIZADA 75%	X	XXX	X
3. Brejos	14.628,0 km <sup>2</sup> 10,60%	ALTA (1-2 m)	LONGA/MUITO LONGA 4-5-6	GENERALIZADA 75%	X	XX	XX XXX
4. Baixo Pantanal	32.678,4 km <sup>2</sup> 23,68%	MÉDIA (0,5-1 m)	MÉDIA 3-4	PARCIAL 50%	X	X	XX XXX XX
5. Médio Pantanal	30.470,4 km <sup>2</sup> 22,08%	BAIXA (0,3-0,5 m)	CURTA 2-3	PARCIAL 50%	X		XXX XX X
6. Alto Pantanal	31.367,4 km <sup>2</sup> 22,73%	MUITO BAIXA (> 0,3 m)	MUITO CURTA 1-2	LOCALIZADA <25%	X		XXX X

Os Tipos de Vegetação considerados foram: MTF Matas de Terra Firme; MIN Matas das Planícies de Inundação; STR Savana de Terra (Cerrados, Cerradões); CIN Savana de Transição; STR Campos de Inundação. Para cada Tipo de Vegetação se indica a sua importância relativa: X Presente; XX Importante; XXX Dominante

# ZONEAMENTO ECOLÓGICO DO PANTANAL BASEADO NO REGIME DE INUNDAÇÕES

por JORGE ADAMOLI







# ASPECTOS METODOLÓGICOS DA ANÁLISE NUMÉRICA APLICADA AO ZONEAMENTO ECONÔMICO-ECOLÓGICO DO PANTANAL MATO-GROSSENSE: ÊNFASE NO ECONÔMICO

Eduardo Alfonso Cadavid Garcia

## 1 - INTRODUÇÃO

A sociedade organizada vem manifestando crescente preocupação com os problemas do meio ambiente, em consequência da intensificação no uso de recursos e ambientes naturais incorporados ao processo produtivo com inapropriadas práticas de uso e manejo, do emprego de técnicas de produção e de manejo de produtos, input (fatores modernos) e recursos (fatores naturais) sem consultar as características (potencialidades, restrições e condições sócio-econômicas que viabilizariam o máximo sustentável) do meio ambiente, e dos acelerados processos de crescimento da população, urbanização e industrialização, entre outros desenvolvidos com descaso na prevenção e/ou tratamento das externalidades dessas intervenções, que se manifestam pela depleção de "estados" e pela degradação de condições necessárias ao suporte da vida.

As premissas de modelos convencionais de crescimento tem sido, em geral, fundadas em posturas reducionistas obtusas, que privilegiaram a geração de riqueza de forma concentrada e imediatista, com resultados outros, como o aprofundamento das desigualdades sócio-econômicas, o agravamento de disfunções e perturbações do meio ambiente e o realce de situações conflitivas nas relações sócio-econômico-ecológicas.

A função social do Estado de conservar o patrimônio natural para as presentes e futuras gerações, de preservar processos e sistemas de valor, porém instáveis, de restaurar ambientes degradados e o de prover as condições para a conservação e o manejo racional das espécies e ambientes, pautando as ações e estratégias conforme critérios endógenos de aptidão, potencialidade, restrições cenários prospectivos e outros do novo paradigma do desenvolvimento sustentável e distribuído, demandam um grande esforço transdisciplinar e multi-institucional, para a definição de planos autóctones, regionais, integrados em nível nacional e com suporte local. Este encontro pode ser considerado uma fase desse esforço.

A base central desse planos é o ecodesenvolvimento, sendo o zoneamento econômico-ecológico (ZEE) a primeira e importante ação estratégica para tais planos. Estas ações estratégicas, por sua vez, são viabilizadas e fortalecidas pelo sensoriamento remoto(SR).

O ZEE deve ser visto como um instrumento técnico-científico essencial à ordenação e zoneamento do território, proposto e executado para o resgate, valorização e conservação conscientes do patrimônio natural e sócio-econômico sendo auxiliado pelas técnicas de SR.

## 2 - PROBLEMA

O ambiente físico(o componente climático com seus atributos de chuva, temperatura...; o componente hidrológico, com seus atributos de vazão, cota...; o componente solo, com seus atributos edáfico, pedológicos..., etc.), biótico (flora e fauna com diversos atributos inerrelacionados) e sócioeconômico(complexos atributos), está sendo submetido a constante e crescente pressão antropogênica, com efeitos que se traduzem em alterações de propriedades, estruturas, funções, interrelações, sinergismos, etc. Tais alterações se refletem em decréscimo de potencialidades e acréscimos de restrições, com efeitos sociais perversos.

A caracterização deste "estado" mediante dados e informações atualizadas e abrangentes para regiões como o Pantanal e Amazonas, de difícil e oneroso acesso, porém acentuada diversidade espacial, dão novos contornos ao problema de caracterização ambiente.

### 3 - OBJETIVO

O objetivo específico é apresentar um modelo conceitual de apreço de técnicas de SR e relacioná-lo com as técnicas tradicionais, como condição para a motivação e incentivo ao financiamento e à intensificação do uso de técnicas de SR aplicadas na estruturação do território e no direcionamento de tal estruturação.

A valorização pelo apreço de técnicas de SR espera-se contribua para a Avaliação da Potencialidade de Dados Multisensores para Estudos de Áreas Alagáveis do Pantanal, propósito básico deste encontro.

Com a valorização de um meio que caracteriza de forma efetiva, eficiente e eficaz, e moderna o espaço, se estará valorizando o próprio território ao permitir um melhor controle, gestão e monitoramento do mesmo, bem como ao possibilitar delinear propostas consistentes de conservação fundadas em amostras mais eficientes e robustas (objetivo geral).

### 4 - METOLOGIA

Da primeira fase do ZEE, concernente à coleta de dados para estudos temáticos, posteriormente integrados, a partir de referências como o projeto RadamBrasil, sensoriamento remoto, dados censitários e cadastrais, levantamentos de campo, obtenção de informações de laboratórios e pesquisas bibliográficas, entre outras, se espera gerar uma base amostral necessária e suficiente para o estudo de zoneamento. A fase que segue de avaliação, estruturação, montagem e manutenção de sistemas de informações georeferenciadas complementa a parte dos materiais sobre a qual se define o modelo econômico.

A característica básica de um sistema de geoprocessamento é sua faculdade de armazenar (relações espaciais em projeções cartográficas e de análise numérica), integrar (algoritmos), recuperar (consulta on line, visualizar e desenhar) e analisar dados e informações (processamentos gráficos, de imagens numéricas etc.) de bases cartográficas, amostragens e de censos em ambiente computacional.

Quais são esses dados e informações geocodificáveis espaciais, temporais e físicas Levantamento de população (atributos de entes pela percepção da variedade na forma policromática), levantamentos de ambiente (atributos do contínuo no formato policromático) e levantamentos de relevo (atributos de localização, forma, tamanho e feições que, em geral, têm a visão monocromática) (Rodrigues, 1992 e Amaral, 1992, citados por Cadavid Garcia (em andamento). Estas medidas de dispositivos eletro-optico-mecânicas que registram as intensidades em determinado intervalo espectral, têm ampla utilização em áreas como a cartografia (estruturas de ocupação, produção, desmatamento...), geologia (prospecção de minerais), agricultura e florestal (vegetação com "assinaturas" espectrais discriminatórias, refletividade no infravermelho para anomalias - doenças, pragas, falta de água-, previsão de safras etc.), hidrologia (balanço hídrico, rede de drenagem, qualidade d'água, ...), climatologia meteorologia (movimentação de nuvens, umidade, temperatura, composição da atmosfera, evapotranspiração, ...), ambiente (poluição, desmatamento, queimadas, eutroficação), entre outras. Um aspecto que deve ser destacado é a imensa gama de possíveis e apropriados usos simultâneos dos mais diversos profissionais, possibilitando, como poucas ferramentas, a prática da interdisciplinaridade e a abordagem holística-sistêmica do ZEE.

A economia da informação do SR, parte da natureza qualitativa-quantitativa dessa informação e do modo de obtenção, e têm como referência as técnicas tradicionais de levantamento de dados (TT). Para tal propósito se utiliza a estrutura do método custo-benefício, ou uma simplificação do mesmo, baseado em excedentes econômicos derivados de variações de preço nas funções de demanda (beneficiário real e o potencial dessa informação) e oferta (INPE/Embrapa-CPAP). Pelo lado da demanda, os economistas identificam duas medidas de excedentes e duas medidas de compensação; pelo lado da oferta, uma estrutura de custos sensível/aliviada por componentes de menores riscos, oportunidade no fornecimento, etc., de imageamentos virtuais e em tempo real, fonte de informação real. Esta análise comparativa (SR vs TT) constitui a ferramenta

que gera critérios para a tomada de decisão. A síntese deste método pode ser apresentada mediante a seguinte expressão:

$$I_j = \frac{\sum_{i=1}^t B_j (1+i)^{-i}}{\sum_{i=1}^t C_j (1+i)^{-i}}; I_{SR, TT} = \frac{\sum_{i=1}^t B_{SR} (1+i)^{-i}}{\sum_{i=1}^t C_{TT} (1+i)^{-i}} \quad (1)$$

onde  $B_j$  é o benefício (satisfação do usuário manifesta pela disposição à pagar) da informação na técnica  $j$ , no  $t$ -ésimo período ( $j=1/SR$  e  $2/TT$ ), podendo ser definido como:

$$B_{ij} = \phi(X_{1j}, X_{2j}, X_{3j}, \dots, \mu_q) \quad (2)$$

tendo como argumentos a abrangência espaçotemporal ( $X_{1j}$ ), os níveis de detalhe e precisão ( $X_{2j}$ ) e, principalmente, o propósito, natureza de aplicação e vida útil ( $X_{3j}$ ) da informação. Com a premissa de benefícios equivalentes, a equação (1) se reduz à forma do lado direito.  $C_{ij}$  é o custo em termos deflacionados da técnica  $j$  no  $t$ -ésimo período, definido pela função:

$$C_{ij} = \varphi(Y_{1j}, Y_{2j}, \dots, B_{ij}, \vartheta_{ij}) \quad (3)$$

tendo como argumentos o investimento para cada uma das estruturas em estudo ( $Y_{1j}$ ) e os custos operacionais ( $Y_{2j}$ ) respectivos; há outros custos imputáveis como a obsolescência da informação, risco, imprecisão, custos de acesso à região, oportunidade do fornecimento, etc; os termos  $\mu_{ij}$  e  $\vartheta_{ij}$  são perturbações alatórias com pressupostos tais que permitem estimar as funções pelo método dos MQO;  $\phi$  e  $\varphi$  são as formas funcionais correspondentes;  $I_j$  é a estimativa do índice de atratividade ( $I_j > 1,0$ ) ou não ( $I_j < 1,0$ ) da alternativa  $j$ ; se os benefícios forem considerados como equivalentes, a atratividade é dada por  $I_{RS TT} < 1,0$ ;  $i$  é a taxa de desconto real dada pelo mercado;  $t$  é o período de tempo, em anos, em que se observam os fluxos de benefícios e custos.

As hipóteses são:  $\phi' x_{j-1} \gg \phi' x_{j-2} > 0$  e  $\varphi' y_{j-1} \ll \varphi' y_{j-2} < 0$  e  $\phi''$  e  $\varphi''$  existem, estabelecidas conforme o conhecimento técnico-científico das estruturas em análise. Na amostragem para estimar as relações (2) e (3) poderão utilizar-se diversas técnicas, uma delas é a Delphis. Os processos de simulação e estudo poderão auxiliar esta tarefa.

## 5 - DISCUSSÃO E RESULTADOS

O contraste das alternativas técnicas de SR vsTT para a obtenção de informações não significa exclusão e/ou independência. Elas poderão ser complementares e é com base nessa premissa que se orienta a definição de duas opções para análise. Os valores amostrais, simulados, utilizados para a apresentação de resultados se especificaram com base e numerais, consistentes com as informações encontradas em textos de sensoriamento remoto, sintetizadas a seguir para dar sequência lógica ao trabalho:

a) Técnicas de SR: Seja um sensor TM (Thematic Mapper), com 7 canais e suas respectivas faixas espectrais o que possibilita obter informações que vão do mapeamento de águas, diferenciações solo-vegetação do espectro 0,45 a 0,52  $\mu\text{m}$  do canal 1, até os mapeamentos hidrotermais e de stress térmico em plantas, na faixa 10,4 a 2,35  $\mu\text{m}$  do canal 6 e 7, passando pelos canais 3 (0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ ) e 4 (0,76 e 0,90  $\mu\text{m}$ ) aplicados na diferenciação de espécies vegetais e levantamentos de biomassa, entre outros (Morais, 1988). As características técnicas neste levantamento são: largura da faixa imageada, 185km; frequência de passagem dos sensores (MSS e TM) a bordo, para o caso da plataforma LANDSAT, em torno de 16 dias para um mesmo local; campo de visada instantâneo de 30 x 30m, exceto para o canal 6 que é de 120 x 120m; custo por imagem no formato papel US\$600 e custo de processamento e interpretação de US\$2.50/km<sup>2</sup>; expedições de campo para estabelecer, redefinir e esclarecer dúvidas quanto a informação imageada, suposta em torno de 20% das despesas com expedições necessária nas TT (estas últimas por serem específicas serão menos dispendiosas). Os custos da informação obtida pelas TT poderão variar consideravelmente em função de condições da região e época do ano, do nível de detalhamento da informação, e do número de atributos e componentes em estudo, da área abrangida, da infra-

estrutura da expedição, etc. Para o caso do Pantanal e sob circunstâncias favoráveis, uma expedição de três pesquisadores para o levantamento e ilustração de material de campo, em pesquisa de solo, vegetação e hidrologia, por exemplo, a um ritmo médio de 50 km/dia, um elemento amostral a cada 10 km<sup>2</sup>, poderá representar uma despesa diária entre US\$500 e US\$750. Deste modo, uma área alvo de 1.000 km<sup>2</sup> (parte da cobertura de uma imagem) demandará um esforço de 20 dias e uma despesa total de US\$10.000 a US\$15.000. Para as fases posteriores à coleta da informação primária, tem-se custos que poderão entre 10 a 50% das despesas no levantamento primário. Dessa despesa, em torno de 20% deverá ser atribuída as técnicas de SR, conforme premissa acima colocada. Ao comparar esta estimativa de custo com a do SR, em torno de US\$5.100 a US\$6.100/cobertura acima de 1.000km<sup>2</sup>, é possível observar ampla vantagem, com uma margem quase-lucro de 49 a 59% (1 - I<sub>RS TT</sub>).

Clarke (1988) numa análise econômica comparativa entre as TT e as de imageamento do LANDSAT, estimou que o custo para levantamentos (expedição por terra) detalhados não era inferior aos US\$100/km<sup>2</sup>, enquanto que nas técnicas de SR este custo era em torno de US\$0,01/km<sup>2</sup>. Para o caso em estudo, não somente o custo difere amplamente, mas também o contraste SR vs TT evidencia diferenças no nível de detalhamento, na qualidade da informação, na oportunidade de fornecimento, nas possibilidades de um tratamento mais adequado e integrável a outras fontes, nas vantagens e facilidades de repetição do processo para o acompanhamento e/ou monitoramento sistemático etc. A evidência desta parte não será ilustrada em função de várias limitações. Entretanto, alguns destes fatores foram simulados na estrutura funcional de custos e benefícios, com notáveis efeitos sintetizados a partir das expressões (5) e (6). As melhores formas funcionais de e foram as potenciais; contudo, os níveis de significância de regressores e valores de determinação múltipla foram algo críticos.

$$\hat{B}_j = 0,255 + 0,779 \log(X_1) + 0,61 \log(X_2) \quad (5)$$

$$R^2=0,38 ; F=4,32; \quad (0,36) \quad (0,39)$$

$$\hat{C} = 3,03 + 0,537 \log Y_1 + 0,039 \log Y_2 + 0,048 B_j \quad (6)$$

$$R^2=0,41 ; F=2,98 \quad (0,10) \quad (0,85) \quad (0,41)$$

É de notar-se neste ajustamento que os próprios regressores são coeficientes de elasticidade benefício(demanda) e custo(produção), sendo que um aumento médio de 10% na área abrangida (X<sub>1</sub>), estará associado a um aumento esperado no benefício de 7,8%. Esta possibilidade de expressivo aumento na área deve ser destacada em regiões como o Pantanal e Amazonas. A expressão (5) mostra ainda que um aumento de 10%, proposto na aplicação da informação (adequado ao SR) traz um benefício médio de 6,1% na informação. Já na função de custo, ao propor-se um aumento de benefício na informação de 10%, os custos experimentarão um aumento de apenas 0,5% o que é consistente com o SR. O custo resulta mais sensível com os montantes de aplicação em investimentos de infra-estrutura (Y<sub>1</sub>) e menos com os custos operacionais (Y<sub>2</sub>), com níveis de significância baixo. A análise torna-se particularmente interessante no aspecto normativo quando as mudanças das curvas sob as quais se derivam os ascendentes, são dadas pelas elasticidades. Com o declínio do preço, o cliente alvo poderá requerer um benefício maior (variação compensatória) ou ter um excedente compensatório; ainda poderá ser beneficiado por uma variação equivalente ou por um excedente equivalente. Uma consideração final se refere ao papel da taxa de desconto para a atualização dos fluxos de valor e custos de geração de informação, irrelevante em um componente do SR ao tratar-se de informação em tempo real. Pressupondo benefícios equivalentes das duas técnicas, a atratividade do SR se define pela relação favorável de custos com um índice I<sub>RS TT</sub> de 0,41 a 0,51 visto como um "preço-sombra"(?).

## **6 - BIBLIOGRAFIA**

- CADAVID GARCIA, Eduardo A. - Zoneamento econômico-ecológico análise numérica (prelo)
- CLARKE, Robin - The hand book of monitoring. Oxford Claredorf, 1986, p.16. 298p.
- MORAES NOVO, Evlyn M. L. - Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São José dos Campos. INPE, 1988, 351p.



PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI -  
PANTANAL MATOGROSSENSE: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross  
Marco Estevan Del Prette  
Depto. de Geografia - FFLCH  
Universidade de São Paulo  
Av. Lineu Prestes, 338 Cid. Universitária  
05508-900 São Paulo - SP

O PCBA - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai, envolvendo territórios dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, propõe ações que promovam o desenvolvimento auto-sustentado e o incremento de ações que objetivem a melhoria da qualidade de vida da população diretamente envolvida, adotando uma perspectiva de utilização dos recursos naturais e sociais, procurando alcançar o equilíbrio entre a potencialidade destes recursos e as fragilidades ecológicas e culturais do homem que sobrevive na região.

A Bacia hidrográfica do Alto Paraguai possui uma extensão de, aproximadamente, 496.000 Km<sup>2</sup>, das quais 396.800 Km<sup>2</sup> pertencem ao Brasil e 99.200 Km<sup>2</sup> às Repúblicas do Paraguai e Bolívia. A porção brasileira divide-se em 207.249 Km<sup>2</sup> pertencentes ao Estado do Mato Grosso do Sul e 189.551 Km<sup>2</sup> pertencentes ao Estado do Mato Grosso. Desta área, cerca de 64% corresponde a planaltos e 36% a planícies (terras inundáveis).

A alta bacia envolve dois grandes ecossistemas, definidos marcadamente pelo relevo e pelo regime hídrico. Esses dois ambientes podem ser individualizados pela maior ou menor presença d'água e pela fisiografia marcada pelas diferenças entre a Planície do Pantanal e as terras planálticas do entorno. A relação relevo / solo / água / vegetação / fauna é extremamente significativa e isto facilita a individualização dos dois ecossistemas: o da Planície do Pantanal e a dos Planaltos e Depressões circunvizinhas.

As diferenças altimétricas são bem acentuadas, enquanto na Planície do Pantanal as altitudes estão entre 80 e 150 m., as áreas mais altas dos Planaltos e Serras circunvizinhas oscilam entre 800 e 1.200 metros.

Em decorrência dessa diferença topográfica, de sua posição com relação ao relevo andino e planaltos centrais-brasileiros, com até 1.000 m, aliado ao fator latitude, a área se caracteriza como um centro térmico de ação negativa (depressória) em relação à circulação geral da atmosfera no continente sul-americano. A área abrangida por esta bacia apresenta temperaturas médias anuais de 23° a 25° C, mas atingida eventualmente por frentes frias que registram temperaturas em torno de 0° C. A precipitação média anual,



com cerca de 1.500 mm, varia em média ao ano entre 800mm nas regiões rebaixadas e 1.700 mm nas planálticas, concentrando-se 80% nos meses de novembro a março.

A uniformidade topográfica, o baixo gradiente do relevo, a predominância de litologias sedimentares recentes e a pluviosidade são fatores de ordem natural, que dificultam o escoamento das águas de superfície, na área das Planícies e Pantanaís Mato-grossense. Os fatores citados originam inundações periódicas anuais e/ou excepcionais, com certa ciclicidade.

Os cursos d'água atuaram como fator preponderante de direcionamento da ocupação antrópica na área de estudo. Devido a interesses político-econômicos de expansão territorial foram organizadas, no século XVIII, diversas expedições "científicas" de várias nacionalidades, no intuito de se obter maior conhecimento do território, além dos limites do Tratado de Tordesilhas.

A História da ocupação da região tem sido marcada, desde então, por atividades ligadas à mineração, associadas às atividades de pecuária extensiva praticada nos campos naturais das planícies do pantanal e nos cerrados. A atividade de pecuária extensiva se desenvolveu como uma economia periférica ao centro-sul do país, estando sempre voltada ao abastecimento destas regiões de gado para corte.

O início da exploração ocorreu a partir do eixo sul-norte do rio Paraguai, quando exploradores espanhóis, originários da Argentina, penetraram o território em busca de prata no Peru. Posteriormente, explorações sertanistas tomaram a direção das regiões auríferas de Cuiabá.

Com o incremento da expansão colonizadora para oeste, no século XX, ocorre o deslocamento populacional de oriundos do nordeste, do sul e sudeste do país. Nas últimas décadas, sobretudo em função de programas governamentais de ocupação da região centro-oeste, oeste e norte do país, verificou-se uma mudança significativa na dinâmica populacional e, também, na economia. A implantação dos eixos rodoviários, como a BR-364, BR-163, a BR-150, a BR-070, a BR-174, BR-080, tornou-se marco definitivo para que se facilitasse a penetração populacional. Evidentemente que incentivos fiscais associados à Amazônia Legal, e investimentos em programas de desenvolvimento foram fundamentais para a implantação da nova dinâmica econômica a partir da década de 60, e principalmente 70 e 80.

A política adotada pelo governo federal praticamente gerou uma invasão populacional. Esta ocupação rápida, intensa e com muitas frentes de colonização gerou grande impacto na economia, na cultura e no ambiente natural. A economia foi dinamizada, a cultura regional praticamente desapareceu e o ambiente natural profundamente alterado pela substituição das matas e do cerrado pelos campos de agricultura e pastagens.

A falta de planejamento no uso dos recursos naturais, baseando-se na exploração imediatista, gerou consequências que a médio e longo prazo podem deixar um

pesado fardo para a administração pública e para quem continuar a viver na região. Pode-se citar os graves problemas de erosão e assoreamento das bacias dos rios do Pantanal como fruto da atividade antrópica, principalmente nas cabeceiras, o descontrole das atividades mineradoras contaminando os rios, a expansão rápida do turismo predatório, da caça e pesca clandestina, colocando em risco várias espécies animais e seus habitats naturais, o uso indiscriminado de agrotóxicos contaminando o solo e as águas. Desenvolve-se também no interior do Pantanal, atividades predatórias, clandestinas, de graves consequências ambientais, aliadas às influências indiretas da deterioração ambiental que se observa no entorno, põem em risco direto a ictiofauna e a avifauna.

O Projeto Pantanal foi criado dentro do Programa Nacional de Meio Ambiente - PNMA, fazendo parte do componente de Proteção de Ecossistemas, com o objetivo de reduzir o ritmo e retificar os processos atuais de degradação ambiental nas partes altas e baixas da bacia do Alto Paraguai, por meio de programas coordenados e integrados pelos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, que serão compostos de medidas de proteção imediatas e melhorias estruturais de longo prazo. Este projeto foi proposto pelo PNMA, a metodologia desenvolvida por este autor e está sendo implementado pelos órgãos estaduais de responsabilidade ambiental, a saber, a SEMA-MS e FEMAMT.

O Plano de Conservação de Bacia do Alto Paraguai insere-se, assim, em um conjunto de ações de controle e desenvolvimento institucional para gestão do ecossistema Pantanal.

O PCBAP está formulado dentro de uma concepção conservacionista dos recursos naturais tendo em vista seu aproveitamento econômico dentro de uma dinâmica ambientalmente sustentável. Seu objetivo principal é estabelecer um disciplinamento das atividades antrópicas na bacia visando orientar o desenvolvimento econômico da região, sendo o zoneamento ecológico-econômico um importante instrumento de gestão territorial.

## 2 - Objetivos de Investigação e Metas de Ação

Os objetivos de investigação estabelecidos abaixo relacionados visam atingir um diagnóstico sócio-econômico-ambiental e formular prognósticos para gestão do território, com ênfase no que segue:

- caracterizar as diferentes áreas de inundação dos pantanais matogrossenses face aos problemas de cheias repentinas geradoras de grandes prejuízos à pecuária regional;
- delimitar, nos médios e altos cursos das bacias tributárias do Pantanal, as áreas de maior fragilidade natural aos processos erosivos e de maior contribuição de

cargas sólidas de sedimentos para os baixos cursos (Planícies Pantaneira);

- delimitar as principais áreas receptoras das cargas sólidas onde ocorrem os assoreamentos, face aos problemas de inundações e comprometer a qualidade e quantidade d'água;

- identificar as fontes geradoras de agrotóxicos e metais pesados (mercúrio) por meio do exame da qualidade dos recursos hídricos de superfície relacionados aos estudos sobre o uso do solo, tendo em vista os riscos à conservação da fauna aquática e terrestre e à população consumidora do pescado;

- analisar as espécies faunísticas prioritárias (do ponto de vista de importância genética, comercial e do equilíbrio ecológico), delimitando as suas áreas de refúgio, reprodução e dinâmica migratória, face à necessidade de preservação destas para o equilíbrio do ecossistema;

- identificar as áreas de cobertura vegetal natural remanescentes, face à sua importância para o suporte da fauna e proteção dos solos e da qualidade dos recursos hídricos;

- identificar a dinâmica e delimitação das áreas de uso do solo rural com monocultura tecnificada, policulturas em pequenas e médias propriedades, pecuária extensiva com pastos naturais e cultivados, reflorestamento, para avaliar a dimensão dos impactos sobre os ecossistemas da Bacia do Alto Paraguai;

- analisar a dinâmica do crescimento demográfico e potencial de poluição (efluentes domésticos, lixo) das áreas urbanas, face ao impacto que a falta de saneamento básico causa à qualidade dos recursos hídricos e à ictiofauna;

- analisar a concentração industrial e seu potencial de poluição hídrica (efluentes industriais) das áreas urbanas em vista do possível comprometimento da vida aquática e das populações ribeirinhas;

- analisar as atividades mineradoras - garimpos ou empresas mineradoras - quanto a sua capacidade geradora de emprego e riqueza local, e seus impactos negativos no ambiente natural, sobretudo nos cursos d'água;

- analisar os impactos ambientais decorrentes de grandes empreendimentos;

- avaliar os possíveis impactos dos grandes empreendimentos existentes e futuros tais como assentamentos agrícolas, ferrovia leste-oeste, Zona Portuária de Exportação de Cáceres, gasodutos, hidrovia do rio Paraguai, manejo agrícola com sistemas de "polders" na área da Planície entre outros como rodovias, mineração, distritos industriais, hidrelétricas e expansão urbana;

- delimitar as áreas indígenas e analisar a situação das comunidades face aos litígios com a população quer seja ela de turistas ou agropecuaristas;

- analisar os meios de sobrevivência da população pantaneira em seus aspectos culturais e econômicos relacionados à pecuária extensiva, caça/pesca, extrativismo vegetal, face à inserção de novos capitais e sofisticação tecnológica;

- identificar as áreas de penetração das atividades turísticas, e analisar a situação atual e potencial do turismo contemplativo e predatório e seus reflexos no ambiente natural e cultural (caça/pesca predatória, estradas, hábitos dos turistas);
- identificar e analisar a legislação ambiental existente (Federal, Estadual, Municipal) e possíveis transgressões, incompatibilidades e sobreposições;
- analisar os Planos Diretores Municipais dos principais núcleos urbanos (Cuiabá, Corumbá, Cáceres, Coxim, Rondonópolis, Jaciara, Aquidauana), no sentido de avaliar a existência de programas de conservação e recuperação ambiental, e também, de ordenamento territorial;
- identificar e avaliar áreas de interesse potencial enquanto unidades de conservação, levando em consideração as áreas sujeitas à inundação, núcleos de reprodução da fauna aquática, terrestre e avifauna.

As metas ou estratégias constituem-se em ações de planejamento que proporcionarão o ordenamento do território através da normatização das atividades produtivas e o incentivo às atividades que sejam compatíveis com a capacidade de suporte dos ecossistemas existentes são de três ordens distintas:

- ações de recuperação, conservação e preservação ambiental dos ecossistemas naturais;
- programas de incentivo e incremento das atividades econômicas compatíveis de um lado, com a fragilidade dos ambientes naturais e dos padrões culturais da população nativa e de outro, com a capacidade suporte dos recursos naturais renováveis;
- definição de articulação político-institucional para gestão integrada da Bacia do Alto Paraguai, implementada pelos órgãos dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e o Governo Federal.

### 3 - A Fundamentação Teórico-Metodológica

Os estudos integrados de um determinado território, quer seja ele uma bacia hidrográfica, um município, região, ou estado, pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas. Assim, a elaboração do Zoneamento Ambiental da Bacia do Alto Paraguai deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do meio ambiente natural, e fundamentalmente, do meio sócio-econômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas, por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada.

O Zoneamento, um dos produtos finais dos estudos a que o PCBAP se propõe, não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserida em um processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e

apropriação do território dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A funcionalidade dos ambientes naturais alterados pelas ações humanas é comandada, de um lado, pela energia solar através da atmosfera e, por outro lado, pela energia do interior da terra através da litosfera. A troca permanente de energia e matéria que se processa nestas grandes massas, aliadas à presença da água em três estados físicos, é a responsável pela dinâmica e pela presença da vida vegetal e animal na terra.

Aliado a estes processos naturais, é cada vez mais significativa a ação humana que, ao se apropriar do território e de seus recursos naturais, causa grandes alterações na paisagem natural, com um ritmo muito mais intenso que aquele anteriormente descrito. Grigoriev (1968) apud Ross (1990), define esse quadro como sendo o "Estrato Geográfico da Terra", ou seja, uma estreita faixa compreendida entre a parte superior da litosfera e a baixa atmosfera, correspondendo ao ambiente que permite a existência do homem como ente biológico e social, bem como os demais elementos bióticos da natureza. Esse "estrato geográfico", assim considerado por ser palco das ações humanas, tem no homem, como ser social, o centro das preocupações.

A estrutura físico-biótica do estrato geográfico se consubstancia nas diversas "camadas" ou componentes da natureza tais como a baixa atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera. Estes componentes se articulam e interagem de forma tal, que definem mecanismos extremamente complexos de funcionamento e de interdependência. Além do ambiente natural, o meio antrópico é parte fundamental no entedimento do processo, sendo imprescindível a análise das relações sócio-econômicas para adequado resultado da pesquisa.

Os pressupostos metodológicos que devem nortear o desenvolvimento dos trabalhos baseiam-se na perspectiva de se propor a estruturação de um sistema de planejamento para a bacia do Alto Paraguai capaz de orientar as atividades econômicas e as ações de ordenamento territorial, envolvendo a articulação institucional dos diferentes agentes promotores e modificadores do meio ambiente.

A metodologia de trabalho a ser utilizada na elaboração do Diagnóstico e do Zoneamento Ambiental para a formulação de diretrizes e estratégias de ação para a Bacia do Alto Paraguai baseia-se nos procedimentos aplicados por Jurandyr L. S. Ross, Marcos E. Del Prette, Paulo Borba L. de Moraes, Wilson Simões e Ione J. Muller na regulamentação da Área de proteção Ambiental APA - Silveiras - SP, em 1990 e também no Programa de Treinamento da equipe técnica multidisciplinar do Projeto Jauru - MT, a partir da adaptação dos pressupostos apresentados por Libault (1971).

**TPAV**

**ALTERAÇÕES DE COBERTURA  
VEGETAL**

## MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS NO PANTANAL BRASILEIRO, UTILIZANDO DADOS TM

João dos Santos Vila da Silva - Msc, EMBRAPA/CPAP

Myrian de Moura Abdon - Msc, INPE/DSR

Marta Pereira da Silva - Msc, EMBRAPA/CPAP

Hilda Ribeiro Romero - SENAR

Informações sobre desmatamento (especialização, quantificação, taxas, etc) podem ser obtidas através de imagens orbitais, oriundas dos mais variados satélites, quer sejam meteorológicos ou de recursos naturais (Nelson et al., 1987; Fearnside, 1990). A escala de monitoramento deve ser sempre considerada na definição pelo uso de um determinado produto, que pode ser a nível global, regional ou local. Entre os principais satélites em órbita atualmente, passíveis de serem utilizados para essa finalidade, encontram-se o Landsat e o SPOT, ambos concebidos para obtenção de dados de recursos naturais e, o NOAA, concebido para fins meteorológicos.

Na década de 70, os municípios com área no Pantanal tiveram queda drástica no efetivo rebanho bovino, passando de 4,98 milhões de cabeça em 1970, para 3.53 milhões em 1980 (Cadavid García, 1981). Essa redução se deu, entre outros fatores, à diminuição da oferta de pasto para o gado, dado que extensas áreas de campos nativos se tornaram permanentemente alagadas a partir de 1974. A alternativa encontrada pelos pecuaristas para aumentar a oferta alimentar do rebanho e garantir sua rentabilidade, têm sido a implantação de pastagens cultivadas, através da eliminação das áreas florestadas do Pantanal. Diante desse fato, esta pesquisa visa mapear e quantificar as áreas desmatadas na planície do Pantanal, no ano de 1990/91, com uso de dados TM, na escala de 1:250.000

O trabalho engloba 139.558 km<sup>2</sup> de área, referente ao Pantanal localizado no Brasil, distribuída em dois Estados e 15 municípios. A pesquisa foi desenvolvida através de interpretação visual de imagens de satélite, observações no campo (terrestre e aérea), uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Global Positioning System (GPS).

Foram realizadas interpretações visuais de imagens do TM-Landsat, composição colorida 3B4G5R, do ano de 1990/91. Destas interpretações, foram extraídas as áreas com padrões característicos de desmatamento e onde houve substituição da vegetação nativa por vegetação exótica. Através de sobrevôo foram obtidas fotografias oblíquas 35mm para verificação das informações. Por via terrestre, as áreas visitadas foram fotografadas, posicionadas com GPS, identificadas e marcadas nos mapas de trabalho e imagens.

Foram elaborados os mapas dos 15 municípios que compõem o Pantanal, contendo a delimitação planalto/planície, e as manchas de desmatamentos no interior da planície. A área desmatada no Pantanal no ano de 1990/91, foi quantificada em 5.423,44 km<sup>2</sup> ou 3,9% da área total, sendo que 32,9 % do desmatamento ocorreu no Estado de Mato Grosso e 67,1% no Estado de Mato Grosso do Sul. Rio Verde de Mato Grosso (MS), Porto Murtinho (MS), Santo Antonio do Leverger (MT) e Corumbá (MS) são os municípios que mais possuem áreas desmatadas no Pantanal, com 17,6%, 15,5%, 15,3% e 12,6%, respectivamente, responsáveis por 61% do desmatamento ocorrido em todo o Pantanal. Porém, considerando somente a área do município localizada na planície

pantaneira, verifica-se que 19,8%, 17,6% e 13,5% da área dos municípios de Rio Verde de Mato Grosso, Porto Murtinho e Sonora (MS), respectivamente, encontram-se desmatados.

Verificou-se que o desmatamento ocorre com maior intensidade, na borda do Pantanal, notadamente na borda leste. Isto está associado às facilidades de acesso e às condições hidrológicas mais favoráveis à implantação de pastagens e à implementação da pecuária intensiva. Nessas áreas a inundação é fraca, causada somente pelas chuvas, nunca por transbordamento fluvial, atingindo alguns centímetros num curto espaço de tempo. No interior do Pantanal o desmatamento é pouco expressivo. As áreas desmatadas ocorrem preferencialmente nas unidades geomorfológicas conhecidas como cordilheiras, que são os cordões arenosos com elevação de 1 a 2 m no terreno, onde predominam a Savana Florestada, Savana Arborizada, e até mesmo ocorre a presença da Floresta Estacional Semidecidual. Estas cordilheiras são características da sub-região da Nhecolândia, no município de Corumbá.

Conclui-se que as imagens utilizadas e a escala de trabalho adotada, produziram os resultados necessários para uma avaliação regional, permitindo identificar, quantificar e visualizar o tamanho e a forma das áreas desmatadas. As áreas mais atingidas pelos desmatamentos, em ordem decrescente, são Savana Florestada (Cerradão); Savana Arborizada (Cerrado, Campo-cerrado), Floresta Estacional Semidecidual (Mata seca, Mata calcária) e Savana-Estépica Florestada (Mata chaquenha);

Estas informações foram armazenadas e manipuladas nos SIGs (SGI/INPE e SPRING), sendo que encontram-se disponíveis no Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (CPAP). Podendo ser utilizadas imediatamente para planejamento municipal, fiscalização e monitoramento.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cadavid Garcia, E.A. *Estimativas de custos de produção da pecuária de corte do Pantanal Mato-Grossense*. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE de Corumbá. 1981. 75p. (EMBRAPA-UEPAE de Corumbá. Circular Técnica, 3).
- Fearnside, P.M. The rate and extent of deforestation in Brazilian Amazônia. *Environmental Conservation*, 17(3): 213-226.1990.
- Nelson, R.; Horning, N.; Stone, T.A. Determining the rate of forest conversion in Mato Grosso, Brazil, using Landsat MSS and AVHRR data. *International Journal Remote Sensing*, 8(12):1767-1784, 1987.



## AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA UTILIZAÇÃO DE IMAGENS AVHRR/NOAA NA DETECÇÃO DE DESMATAMENTO NO PANTANAL

Angelica C. Di Maio Mantovani - UNIVAP - LABGEO

Silvana Amaral - INPE - DPI

O Projeto MULPAN - avaliação da potencialidade de dados multisensores para estudos de áreas alagáveis no Pantanal - tem por objetivo o levantamento de dados temáticos do meio físico no Pantanal. Dentro deste Projeto, este trabalho teve como objetivo o levantamento de áreas desmatadas em toda a planície do Pantanal utilizando dados do sensor Advanced Very High Resolution Radiometer-AVHRR, abordo dos satélites meteorológicos da série NOAA.(National Oceanographic Atmospheric Administration).

Estudos anteriores mostraram que o sensor AVHRR tem contribuído significativamente com informações de desmatamentos em florestas tropicais. Recentemente foram desenvolvidos no INPE estudos baseados em técnicas de processamento de imagens e geoprocessamento, para detecção de áreas desmatadas na floresta amazônica, através de imagens AVHRR (Amaral, 1992; Di Maio-Mantovani, 1994). O uso de imagens AVHRR mostrou-se eficiente na discriminação entre áreas desmatadas e a floresta tropical, destacando-se a contribuição do canal 3 ao se examinar diferentes composições de bandas, tendo algumas áreas de ocorrência de cerrado sido confundidas com desmatamento.

Neste trabalho foi aplicada metodologia previamente desenvolvida por Amaral e Di Maio-Mantovani, adaptando-a para a avaliação de áreas desmatadas no pantanal.

O Pantanal é uma imensa planície sedimentar que compreende uma área de aproximadamente 140.000km<sup>2</sup>, com inundações periódicas. Sua localização, segundo a divisão cartográfica encontra-se entre os paralelos 16° e 21° S e os meridianos 55° e 58° W. O maior percentual da área concentra-se nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O clima da área é do tipo quente com semestre de inverno seco, com aproximadamente 80 % das chuvas ocorrendo no período de verão.

No Pantanal encontram-se fisionomias vegetacionais do tipo cerrado, campo sujo, brejos com sua vegetação hidrófila, mata pluvial tropical subcaducifólia e outras. Sendo a Província do Cerrado aquela que ocupa a maior superfície na bacia superior do rio Paraguai, onde as planícies inundáveis mostram alta percentagem de pastagens e de campos alagadiços (Adámoli, 1987). O caso específico do leque aluvial formado pelo rio Taquari está ocupado por vegetação do tipo cerrado ou cerradão.

Foi utilizada uma imagem AVHRR de 15 de setembro de 1990, do satélite NOAA-11 nos canais 2 e 3, com resolução espacial de 1.1 km x 1.1 km.

Primeiramente, foi feita a correção geométrica da imagem utilizando o Programa desenvolvido por Fernandes et al. (1993). Os parâmetros orbitais da imagem foram corrigidos e utilizados para gerar uma imagem com resolução de 1.1 km na projeção Cilíndrica Equidistante. Esta imagem foi em seguida registrada com um mapa (Corumbá Folha SE-21) na escala 1/1.000.000, na projeção Cônica de Lambert, utilizando o software SPRING-1.1. Após o registro a imagem foi classificada

utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER). Neste caso, foi necessário o treinamento das amostras que representaram o comportamento médio das classes mapeadas automaticamente.

Na classificação da imagem AVHRR procurou-se separar as seguintes classes: desmatamento/queimada; cerrado; cerrado arbóreo (cerradão); e áreas inundáveis. A aquisição das amostras fundamentou-se na discriminação das respostas espectrais da imagem em associação com as diferentes coberturas existentes na área.

Cartas temáticas, na escala 1/250.000, com a identificação de áreas desmatadas foram utilizadas, tanto para orientar a classificação AVHRR na aquisição de amostras para treinamento do classificador, quanto para a avaliação final da classificação da imagem AVHRR. Os centros dos polígonos, correspondentes às áreas de desmatamento delimitadas nas cartas temáticas (TM/Landsat), foram digitalizados como pontos em um plano de informação no SPRING -1.1. Foram digitalizados um total de 113 pontos, distribuídos em 4 cartas 1/250.000, referentes às cartas topográficas MIR 405, 418, 432 e 469. Em seguida, o plano com os pontos de desmatamento foi sobreposto ao plano contendo a imagem AVHRR classificada para verificação dos acertos na detecção de desmatamentos.

Durante a aquisição de amostras de treinamento houve dificuldade para separar as classes de desmatamento e cerrado, uma vez que os níveis de cinza (NC) destas classes são muito próximos, nas duas bandas utilizadas na classificação. Consequentemente, estas duas classes foram confundidas na classificação final.

Para a classe desmatamento foram adquiridas amostras em áreas de baixos valores de NC (valor médio: 30) da banda 3 da imagem, o que é comumente associado também à ocorrência de queimadas (Setzer e Pereira, 1991). A classe de áreas inundáveis correspondeu aos valores de NC mais altos na imagem (valor médio: 148), tendo sido facilmente discriminada visualmente. As classes cerrado e cerradão corresponderam aos NC intermediários entre as classes desmatamento e áreas alagáveis. Aos pixels com NC mais escuros (valor médio: 74) foi atribuída a classe cerrado. A classe cerradão foi atribuída às áreas que apresentaram pixels com valores de NC em torno de 122.

Como para a distinção das classes desmatamento, cerrado e cerradão o limite entre as classes não é de fácil separabilidade, a classificação final resultou em confusão entre as mesmas. Na comparação dos resultados, deve-se considerar que não foi utilizado o contorno dos polígonos de desmatamento, mas apenas a coordenada central de cada um deles para a digitalização. Uma análise considerando todo o contorno dos polígonos de desmatamento certamente implicaria em resultados diferentes. Dos 112 pontos de desmatamentos avaliados, apenas 22% foram corretamente classificados como desmatamento/queimada. A confusão de desmatamento com a classe cerrado deveu-se a semelhança da resposta espectral destas duas classes. Os pontos de desmatamento classificados como cerradão na imagem AVHRR, foram confundidos devido a dificuldade de discriminação entre cerrado, cerradão e desmatamento. Os pontos de desmatamento que foram

classificados erroneamente como áreas alagáveis, provavelmente foram confundidos pela proximidade com áreas de cerrado (pixels misturados).

Apesar dos resultados obtidos na classificação da imagem AVHRR mostrarem baixa eficácia na detecção de desmatamentos, a análise visual da banda 3 apresenta alguns padrões de desmatamentos que não foram diferenciados na imagem classificada, o que pode ser atribuído a alta incidência de cerrados.

É importante ressaltar que este trabalho apresentou uma avaliação preliminar do uso de imagens AVHRR/NOAA para detecção de desmatamentos no Pantanal. Desta forma, recomenda-se o uso de imagens AVHRR, com todos os canais disponíveis e índice de vegetação, para análise multitemporal da região do Pantanal. A sazonalidade da vegetação e ocorrência de desmatamentos poderia ser monitorada através de dados multitemporais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adámoli, J. Vegetação do Pantanal. In: Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense. Brasília, EMBRAPA-CENARGEN, 1987

Amaral, S. Imagens do sensor AVHRR\NOAA na detecção e avaliação de desmatamentos na floresta Amazônica - relações com dados do sistema TM\Landsat. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. INPE, SJC, 1992. (INPE - 5501-TDI/516).

Di Maio-Mantovani, A.C. Detecção de desmatamentos na floresta amazônica através de imagens AVHRR\NOAA e do sistema de informações geográficas SGI: metodologia e teste de um sistema potencial de alerta. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. INPE, SJC, 1994. (INPE-5580-TDI/543).

Fernandes, A.E.; Setzer, A.W.; Pereira, M.C. DESFLO Program, unpublished. SJC, INPE, 1993.

Setzer, A.W.; Pereira, M.C. Operational detection of fires in Brazil with NOAA/AVHRR. ERIM, 24., RJ, 27-31 May, 1991.



# **ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS TM /LANDSAT E HRV/SPOT PARA FINS DE MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO E DE USO DA TERRA DE PARTE DA BACIA DO ALTO TAQUARI (MS)**

**Pedro Hernandez Filho**

**Flávio Jorge Ponzoni**

**Madalena Niero Pereira**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR

**Arnildo Pott**

**Vali Joana Pott**

**Marta Pereira da Silva**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - CPAP

## **1 INTRODUÇÃO**

A tecnologia de sensoriamento remoto orbital, tem revelado uma ferramenta útil e poderosa para subsidiar o diagnóstico da espaço territorial. Neste sentido, o desenvolvimento de metodologias de análise de dados de satélite são importantes para elaborar de mapas temáticos do terreno. Para isso, é necessário a definição de produtos de sensoriamento remoto que atendam as necessidades do mapeamento, que estão associadas à identificação de itens específicos de uma legenda preestabelecida. Essa identificação depende das especificações do material utilizado e das características do meio físico do qual se pretende elaborar o mapa.

O objetivo deste trabalho é avaliar a contribuição do sensoriamento remoto orbital, considerando a análise digital de dados, visando proceder o levantamento da cobertura vegetal e do uso e ocupação da terra na região do planalto e planície do Alto Taquari, localizada no Estado do Mato Grosso do Sul.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área e estudo e material utilizado**

A área de estudo está localizada no Estado do Mato Grosso do Sul, compreendida pelas coordenadas geográficas de 18° 00' 00" e 19° 30' 00" de latitude sul e 56° 20' 00" e 55° 30' 00" de longitude oeste.

### **2.1 Material**

Este trabalho utilizou os seguintes materiais:

- carta topográfica do IBGE, (BRASIL, 1975), 6 folhas (Pedro Gomes, Rio Negro, São Francisco de Assis, Rio Verde do Mato Grosso, Morrinho da Pimenteira, Fazenda Rancho Movo), de um total de 17 que compõem toda a bacia do Taquari, escala 1:100.000;
- carta fitoecológica do PROJETO RADAMBRASIL (BRASIL, 1982);
- produto digital, canais 3, 4 e 5, data da passagem correspondente a 22/12/92 e 12/03/93;
- sistema de tratamento de imagens digitais (SITIM) e sistema de informações geográficas (SGI); e
- sistema de posicionamento geográfico (GPS)

## 2.2 Método

Foi definida a área referente à folha Pedro Gomes para ser trabalhada na forma digital, por incluir tanto a parte da planície, quanto a parte do planalto. Foi elaborado um módulo composto pelas imagens orbitais TM referindo-se à cena do período seco do ano (29/10/92). Foram elaboradas mais duas imagens, sendo uma delas referente à primeira componente das três bandas do visível e a outra à primeira componente das duas outras bandas da região do infravermelho. Estas duas imagens componentes e a referente à banda TM 4, foram utilizadas na elaboração de uma composição colorida para seleção de amostras durante a etapa de treinamento do classificador.

O mapa de vegetação correspondente à área da folha Pedro Gomes, e ao período de seca, oriundo da interpretação visual das imagens, foi comparado com aquele elaborado a partir do classificador MAXVER. Seguiu-se o cálculo do parâmetro K, foi utilizado o programa desenvolvido por PONZONI E ALMEIDA (no prelo)

O processamento digital da imagem TM/Landsat considerou a seguinte legenda de vegetação e uso da terra: Campo Cerrado, Cerrado, Cerradão, Cerrado + Mata de Galeria, Mata Aluvial, Formação Alterada, Áreas Destinadas à Agropecuária, Culturas Agrícolas Implantadas e Espelho d'água. A separabilidade das classes relacionados ao uso da terra (Áreas Destinadas à Agropecuária e Culturas Agrícolas Implantadas) considerou se a área estava destinada para cultura agrícola ou a cultura implantada estava em pleno desenvolvimento vegetativo. A classe Áreas Destinadas à Agropecuária considerou as áreas destinadas a plantios agrícolas, que não haviam sido plantados ou apresentavam-se em estágios iniciais de desenvolvimento. Neste classe, também foram incluídas áreas ocupadas por pastagens. A separabilidade em subclasses de áreas com culturas e de pastagem teria sido estabelecida, caso o procedimento de análise digital tivesse considerado a multitemporalidade dos dados TM além de considerar o calendário agrícola.

O processamento de imagens digitais das imagens TM/Landsat da área relativa a folha topográfica, escala 1:100.000, Pedro Gomes, resultou na geração de uma composição colorida cuja 1ª banda (formada a partir dos principais componentes das bandas TM 1, 2 e 3) 2ª banda (formada a partir dos principais componentes das bandas TM 5 e 7) e 3ª banda (infravermelho próximo). A composição colorida elaborada a partir das imagens dos primeiros principais componentes destas imagens transformadas, permitiu um maior contraste entre as classes da legenda, quando comparado com a composição colorida do produto analógico.

O classificador MAXVER foi aplicado para separar as classes cuja matriz de confusão resultante da classificação apresentou péssimo desempenho (confusão) principalmente nas classes de vegetação com porte arbóreo. Os resultados de desempenho separabilidade não melhoraram, apesar de terem sido eliminadas as amostras que acarretavam um aumento maior de superposição entre as classes.

O parâmetro K (Kappa) foi utilizado para comparar os resultados obtidos da análise digital daqueles obtidos da análise visual dos dados TM/Landsat. Os resultados da comparação apresentaram pouca similaridade entre os dois procedimentos de classificação.

#### **4 RESULTADOS**

Tanto o critério sistemático quanto o aleatório de seleção de amostras para a determinação dos valores de K (Kappa), apresentaram um índice “ruim” de similaridade ou de qualidade de ajuste entre o mapa temático resultante da classificação digital MAXVER daquele elaborado a partir da análise visual de imagens.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

PONZONI, F.J. ALMEIDA, E.S. O parâmetro k (Kappa) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (no prelo).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE. 21 Corumbá e parte da folhas SE.20: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 448p. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. Folhas Pedro Gomes, Rio Negro, São Francisco de Assis, Rio Verde do Mato Grosso, Morrinho da Pimenteira, Fazenda Rancho Novo), escala 1:100.000. Rio de Janeiro, 1975.





# BIOMASS BURNING AND THE CONCENTRATION ENHANCEMENT OF VARIOUS IONIC SPECIES

P. Girard<sup>1</sup>, L. Moreira-Nordemann<sup>1</sup> and N. Ré Poppi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, C.P. 515, 12201-970 São José dos Campos/SP, Brasil.  
Fax: (0123) 25.66.66, e-mail: Pierre@met.inpe.br. CNPq fellowships.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dep. de Química, 79070-900 Campo Grande/MS, Brasil.  
Fax (067) 787 - 3093.

## Introduction

Biomass burning, in savanna areas, such as the Pantanal, is practiced to rejuvenate the pasture for the cattle stock of these regions, releasing in the atmosphere the so called "green house gases", as well as particulate matter. Worldwide studies have tentatively quantified the gases and particulate matter emitted by such savanna fires<sup>1,2</sup>. However, emission represent only a term in the atmospheric budget of green house species and, in the Pantanal for example, little is known about their local deposition rate. Consequently, the extent to which biomass burning can alter the local atmospheric composition remains to be quantified.

In this work, we present the results of an on going project which objective is to determine the impact of biomass burning on the chemical composition of rain and atmospheric total particulate matter (TPM). The intensity of the burning is obtained from satellite imagery and is correlated to the variation of chemical composition in time.

## Material and methods

Sampling activities were carried in Campo Grande, a locality close to the Pantanal. Particulate matter was collected weekly and rainwater on an event basis since August 1993 and were analysed for sodium, potassium, calcium, magnesium, chloride, sulfate, nitrate and ammonium. The sampling and analytical protocols, as well as the methodology adopted to calculate the deposition rates are described elsewhere<sup>3,4</sup>. Results are expressed in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for TPM, in  $\text{mg}/\text{l}$  for the rain and in  $\text{mg}/\text{m}^2\text{-day}$  for the deposition rates. Finally, the fire counting in the vicinity of Campo Grande was extracted from the satellite imagery and, archived data ready to use, were kindly handed to us by A. Setzer (pers. comm.).

## Results and Discussion

The mean seasonal concentrations of the various ions are presented in table 1. It is clear that during the dry season, which corresponds to the burning period, the concentrations are higher than during the wet season presumably because of the burning activity itself and lower rainfall. To verify this hypothesis, the complete time series of ionic concentrations in the TPM and rain were correlated to fire activity and rainfall.

As the absence of rain for a certain time generally implies a rise in the TPM concentrations, the inverse rainfall was selected as one independent variable for correlation purpose. The effect of burning intensity on the ionic concentrations was studied by setting 3 kinds of fire activity. These 3 independent variables are defined in fig. 1. The "local fire" and "proxy fire" variables represent the

fire count in a 0.5° and 1.5° squares centered on Campo Grande respectively. The "distant fire" variable represents the fire count in a 2.5° square centered on Campo Grande excluding the "local fire". Results of the correlation study are displayed in fig. 2a and 2b.

The correlation coefficients for the ionic concentration in the TPM are shown in fig. 2a. The correlation coefficients are generally low (< 0.6), the chloride and sodium correlations being the lowest, indicating that these ions may be controlled by long range transport from the ocean. The mean Cl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup> ratio of 1.74 supports this (sea water = 1.78). All other ions show a fair correlation to the inverse rainfall which indicates that the rainfall cleansing power exert a good control over the concentration. The correlation of calcium and magnesium to the fire variables are very low indicating that burning may not be the sole source of these cations. The best correlation to fire is shown by potassium, sulfate, nitrate and ammonium. Interestingly, these correlation coefficients increase with distance, implying that fine aerosols, produced by distant fires, contribute significantly to the concentration of these ions.

The correlation between the ionic concentration in rain and the 4 independent variables is displayed in fig. 2b. In this case, the correlation coefficients are still low but somewhat more elevated than for the TPM case. As opposed to what was observed for the TPM, the "local fire" and "proxy fire" variables correlate better with the ionic concentration. The preferential "washing" of large (and thus local) particulate matter by the rain is probably responsible for this.

The best overall correlation (> 0.8) for potassium, sulfate, nitrate and ammonium was obtained when all four independent variables, inverse rainfall (I), "local fire" (L), "proxy fire" (P) and "distant fire" (D), were used together. The concentration (C) of an ion (i), is then link to these variables by :  $C_i = aI_i + bL_i + cP_i + dD_i + e$ , where, a, b, c, d, are the regression coefficients and e is a constant. The concentration weight attributed to fire (W), both in the TPM and rain, was then estimated ( $W_i = bL_i + cP_i + dD_i$ ). Using this result, the deposition rate attributed to fire activity was computed and is compared to the total deposition rate during the dry season. The non-fire or "natural" deposition is found by subtraction. It can be seen (fig. 3) that, during the dry season, the fire contributes to more than 50 % of the ammonium deposition, and almost 50 % of the potassium deposition.

## Conclusion

The significant concentration increase of potassium, sulfate, nitrate and ammonium during the dry season, both in the TPM and rain, is linked to the fire activity within this period. Distant fires appears to contribute more to the TPM concentrations, while rain is more affected by local fire activity. As much as 25 to 50 % of the biogenic ions (K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) deposited locally, during the burning period, may origin from biomass burning.

## References

1. Setzer, A. & M. C. Pereira. 1991. *Ambio*, vol 1, 19-22.
2. Andrea, M. O. 1991. in *Global Biomass Burning. Atmospheric, Climatic and Biospheric Applications.* J. S. Levine d., MIT Press. 3-21.
3. Forti, M. C. & L. M. Moreira. Nordemann. 1989. *SBPC Ciência e Cultura*, 41(6). 583-590.
4. Moreira-Nordeman, L. M. & O. M. Danelon. 1993. *Anais do VII Cong. Brasileiro de Meteorologia*, São Paulo, 28 set. - 2 out.. 1993. 876-880.

Table 1: Seasonal ionic concentrations in rain and TPM in Campo Grande

	TPM		Rain	
	Dry season	Wet season	Dry season	Wet season
Na <sup>+</sup>	0.18	0.15	n.d.	n.d.
Ca <sup>++</sup>	0.45	0.18	0.29	0.06
Mg <sup>++</sup>	0.08	0.04	0.05	0.02
K <sup>+</sup>	0.44	0.13	0.29	0.03
Cl <sup>-</sup>	0.37	0.72	0.82	0.41
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.70	0.75	0.76	0.26
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.20	0.54	1.13	0.28
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.67	0.12	0.77	0.19
TPM	86.50	34.34	n.a.	n.a.

n.d.: not disponible, n.a.: not applicable.

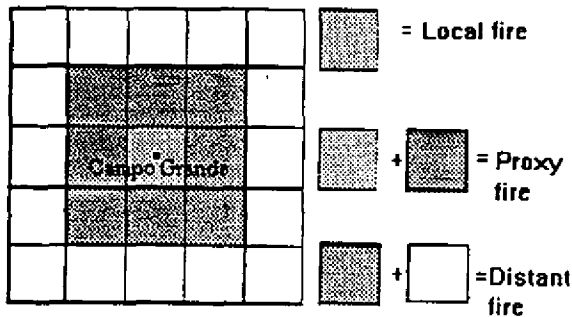


Fig. 1: Fire variables. Light gray squares represents the area where local fires are counted. Light + dark gray area is where the proxy fires are counted. White + dark gray area is where the distant fires are counted. Each square is 0.5° by 0.5°. Campo Grande is at the center of the figure.

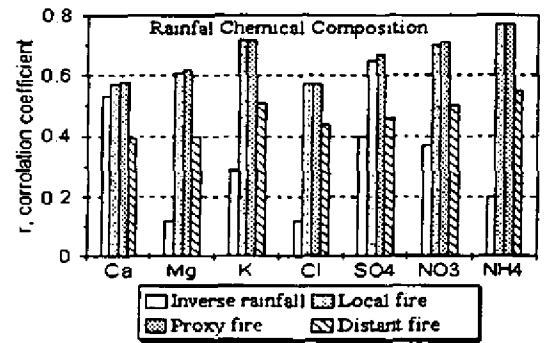
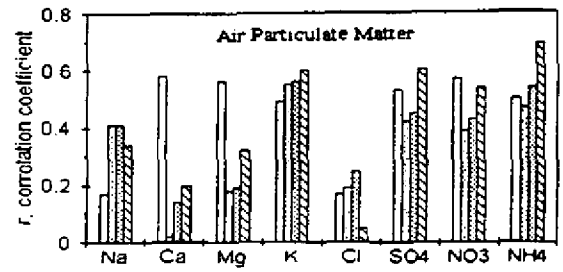


Fig. 2. Correlation between the dependent variable -ionic concentration series- and the independent variables -fire and inverse rainfall series (see text). a) TPM concentration series. b) rainfall concentrations series. Notice that K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> series correlate well with fire series.

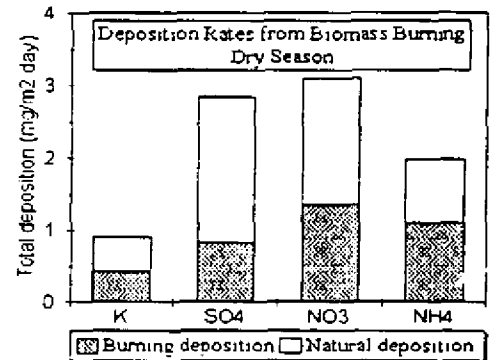


Fig. 3 : Deposition rates from biomass burning during the dry season. Total deposition (burning + natural deposition) is obtained from the original data set. Burning deposition rates, calculated from the model equations, account for about 50% of K<sup>+</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> total deposition.



## USO DA TERRA - PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI

Angela Antonieta A. Laurino-SEPLAN/MS

Cícero Antonio Tredezini-UFMS

Dentro do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai PCBAP, do Programa Nacional do Meio Ambiente-PNMA - Componente Proteção dos Ecossistemas no eixo Sócio Economia, desenvolve-se a temática Uso da Terra, que como objetivo principal "consiste em descrever os processos de expansão da fronteira agrícola e da ocupação do território que de uma perspectiva histórica, proporcione a dimensão do uso e da ocupação atual, enfim deverá traçar o perfil da dinâmica da evolução agropecuária da bacia".

Estes estudos estão desenvolvendo-se através de observações de campo, elaboração de tabelas, gráficos e mapas de uso da terra, este através da técnica de interpretação visual de sensoriamento remoto.

A equipe é formada pelo economista professor Cícero Antonio Tredezini da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, que tem efetuado os levantamentos e tratamento das informações de diversos anos, tornando assim a base principal para o entendimento desta evolução e pela geógrafa Angela Antonieta Atanázio Laurino da Secretaria de Estado de Planejamento e de Ciência e Tecnologia - SEPLAN-MS, participando em viagens de campo, onde além das observações da ocupação do espaço agrícola, onde este é fotografado, participa em trabalhos de escritório com levantamentos de dados secundários como: entrevistas com técnicos em escritórios da Empresa de Pesquisa e Extensão Rural (EMPAER), do Departamento de Inspeção e Defesa Agropecuária (IAGRO), além de quando necessário em prefeituras municipais e agricultores, tornando estas informações primordiais para o estudo em questão.

Além destes trabalhos os técnicos estão elaborando um mapa de Uso da Terra, tendo como base Imagens de Satélite Landsat-TM, canais 3-4-5 e 3 e 4, escala 1:250.000.

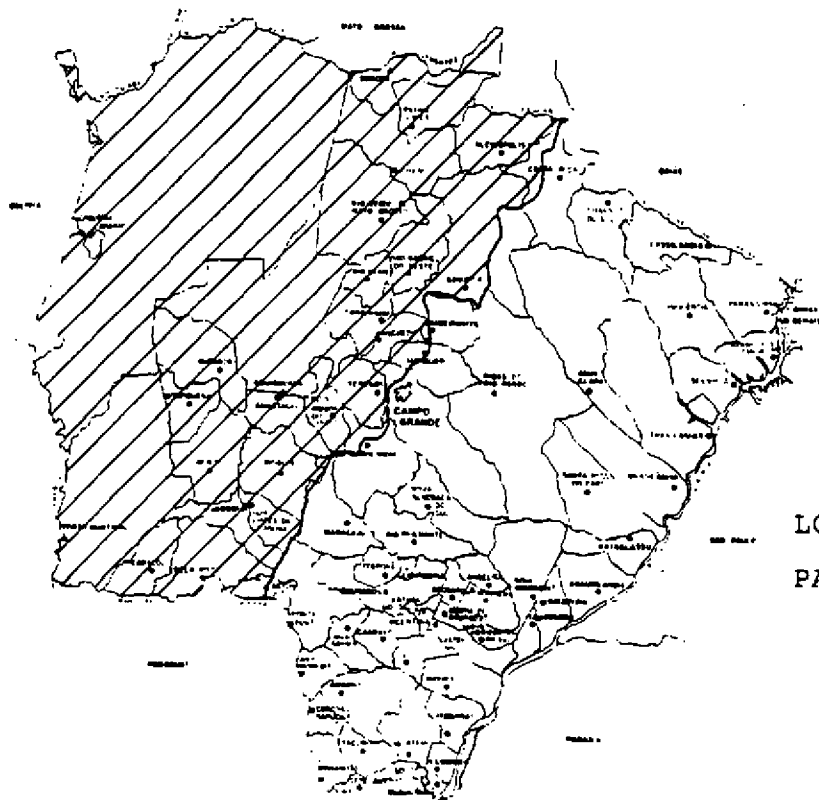
Para este estudo que está ainda em andamento foram utilizadas imagens de acervo técnico do Centro de Pesquisas do Pantanal-CPAP-Corumbá-MS, da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias-EMBRAPA e da Secretaria de Estado de Planejamento e de Ciência e Tecnologia - SEPLAN - MS.

As imagens utilizadas numa primeira fase do trabalho, já estavam interpretadas (Projeto Evolução Espaço-Temporal do Desmatamento nas diversas fito-fisionomias do Pantanal INPE-CPAP) e da legenda proposta foi utilizada apenas a ocupação, posteriormente foram efetuados os desdobramentos da mesma.

Paralelamente a estes trabalhos, está sendo elaborado pela equipe um relatório de viagem, sendo que este é documentado com fotos legendadas, dos locais mais representativos. Como é um estudo em andamento o relatório não está finalizado, conta com 113 fotos legendadas, descrição dos percursos e entrevistas realizadas.

Um mapa índice destas, o acompanhará, para dar a noção mais próxima possível do registro da imagem.

#### ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PROGRAMA NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL



LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI NO BRASIL



 ÁREA DA BACIA DO ALTO PARAGUAI

Campo Grande-MS-1995

## **ESTUDOS SOBRE O USO DO SOLO E A DINÂMICA DA INUNDAÇÃO NA REGIÃO DE BARÃO DE MELGAÇO**

**Rawiel, P., Schwenk, L. M., Higa, T.C.C.S., Sergio, E.C., Soares, C.R.A., da Silva, C.J., Plá, V.,**

A dinâmica hidrológica da região do Pantanal e o crescimento contínuo de clareiras com o intuito de alcançar áreas mais proveitosas para pastagens e agricultura na região são fortes modificadores da cobertura vegetal do Pantanal. Assim é muito importante registrar o atual estado para poder fazer o monitoramento das mudanças.

Os mapas temáticos fornecem valiosas informações sobre o uso do solo, distribuição de diferentes tipos de rios, baías e vegetação natural, áreas que sofrem impactos de ações antrópicas e áreas abandonadas que foram ocupadas com a vegetação secundária. Eles também trazem a base para profundos estudos ecológicos e auxiliam na busca de soluções para conservar o ecossistema do Pantanal.

Para fazer os estudos na região de Barão de Melgaço foram utilizados as informações das imagens de Satélite Landsat TM que permitem uma resolução espacial dos objetos de 30 x 30 m por pixel, sendo que, o produto final apresenta escala aproximada de 1:100.000. Para produção do mapa as imagens de satélite foram interpretadas automaticamente com o sistema de tratamento software ERDAS.

O seguimento das etapas conduziram para os seguintes resultados: realceamento das imagens, retificação e classificação supervisionada dos dados das imagens.

Para fazer a classificação supervisionada foram feitos estudos de campo e providenciadas amostras para diferentes tipos de cobertura do solo.

O resultado Final trouxe informações sobre tipos de corpos de água, áreas permanentemente alagadas, tipos de vegetação, áreas antrópicas (pastagem, agricultura, vias de acesso), Pastagem natural, áreas ocupadas por plantas invasoras (pombeiro, cambará...) áreas de florestas inundadas e áreas com florestas que geralmente não sofrem inundação.

**ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL**

**TPCH**

**CLIMATOLOGIA E  
HIDROLOGIA DO PANTANAL**



## Monitoramento Bioclimático Utilizando o Satélite NOAA

Edson Kassar-Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / CCET/ Departamento de Física

Willian Tse Horng Liu-Universidade de São Paulo IAG Departamento de Ciências Atmosféricas

O Monitoramento Bioclimático compreende neste estudo o uso de parâmetros remotos obtidos pelos satélites NOAA-9 e 11 para todo o Estado de Mato Grosso do Sul, fronteiras da Bolívia, Paraguai, dos Estados de Mato Grosso, Goiás, São Paulo e Paraná, incluindo totalmente a zona do Pantanal. Os referidos parâmetros são denominados de índice de Vegetação de Diferença Normalizada (IVDN), Temperatura de Superfície, Albedo de Superfície, índice de Umidade de Diferença Normalizada (umidade atmosférica) (IUDN) e Evapotranspiração Potencial. Foram utilizados os dados da instrumentação AVHRR ("Advanced Very High Resolution Radiometer") de baixa resolução denominados GLAS ("Global Land AVHRR Sampled") dos satélites NOAA-9 e 11, no período de abril de 1985 até maio de 1989, sendo admitidos ângulos zenitais de visada de  $-45^\circ$  até  $+45^\circ$ . Os referidos parâmetros remotos foram calculados para serem utilizados em Modelos de Circulação Geral na previsão de mudanças climáticas.

O IVDN foi calculado com as reflectâncias dos canais 1 e 2 corrigidas atmosférica e geometricamente; a Temperatura de Superfície foi calculada com a técnica "local split window" utilizando o algoritmo de Becker e Li (1990), as temperaturas dos canais 4 e 5 e com a emissividade do solo estimada com um algoritmo que utiliza o IVDN, desenvolvido por Van de Griend *et al.* (1990); o Albedo de Superfície foi calculado com o método de bandas separadas utilizando o algoritmo de Wydick (1987) com as reflectâncias dos canais 1 e 2 corrigidas atmosférica e geometricamente; o cálculo do IUDN foi feito utilizando a diferença da temperatura do canal 4 menos a temperatura do canal 5. foi normalizada esta diferença pela divisão com a soma dos mesmos canais. O modelo estatístico testado para a estimativa da Evapotranspiração Potencial foi considerado com possibilidades reais de ser implementado.

As correções atmosférico-geométricas utilizadas para o cálculo do Albedo de Superfície e IVDN foram feitas utilizando um algoritmo para uso operacional desenvolvido por Paltridge e Mitchell (1990), com espessura óptica associada aos aerossóis medidas no solo. Também foram utilizadas técnicas de filtragem dos dados de IVDN e de Temperatura de Superfície por um procedimento de medianas e médias móveis denominado filtro "4253H Twice". desenvolvidos por Velleman e Hoaglin. 1981. A filtragem dos dados foi aplicada sobre os dados de IVDN corrigidos e Temperatura de Superfície.

As séries temporais de Temperatura de Superfície e IVDN, para efeito de monitoramento e identificação da superfície também foram analisadas por técnicas espectrais, utilizando as funções Densidades Espectrais de Potência e Coerência, também cruzando informações entre IVDN e Temperatura de Superfície.

Foram confeccionadas imagens que compreendem todo o Estado de Mato Grosso do Sul, e regiões fronteiriças da Bolívia, Paraguai e dos Estados de Mato Grosso, Goiás, Paraná e São Paulo, para os meses de maio, agosto e dezembro de 1987, 1988 e maio de 1989 com os valores médios mensais de IVDN, IUDN, Albedo e Temperatura de Superfície, sendo descartados os dados com nuvens. Foram também testados processos de classificação da superfície, sem supervisão, a partir das imagens dos canais 1, 2, 4 e 5, IVDN e Temperatura de Superfície.

Foi constatada neste trabalho, a utilidade para monitoramento bioclimático dos parâmetros citados, calculados com dados remotos de baixa resolução (20 km x 20 km): a Temperatura de Superfície foi verificada com a Temperatura Máxima do ar e Precipitação; o IVDN foi verificado com a Precipitação e Evapotranspiração Potencial; o IUDN e o Albedo de Superfície foi verificado com a Precipitação.

As séries temporais de IVDN, após serem filtradas e corrigidas atmosférica e geométrica e compensadas da deterioração dos sensores, mostraram mais conteúdo de informação, pois tornaram-se mais "verdes" e com menor "ruído".

As imagens remotas para o mês de setembro, de baixa precipitação e com seca agrícola, apresentaram os mais baixos valores de IVDN e IUDN e os valores mais altos de Temperatura de Superfície. Os resultados dos mapas de Albedo de Superfície indicaram que variou predominantemente de 0.14 até 0,26 nos meses de maio e setembro e para o mês de dezembro (mês chuvoso) predominantemente ultrapassou 0.26 indicando provavelmente contaminação dos dados por nuvens, não detectadas pelas técnicas utilizadas de discriminação de nuvens.

As Densidades Espectrais de Potência do IVDN se mostraram úteis na identificação de tipos de cobertura vegetal e monitoramento. A identificação automática dos tipos de cobertura vegetal com dados de baixa resolução tiveram sucesso parcial mas inconsistente.

## BIBLIOGRAFIA

- BECKER, F. & Li, Z. - Towards a Local Split Window Methods Over Lands Surfaces. *Journal of Remote Sensing.*, 11 (3): 369 - 393, 1990
- GRIEND, A. A. Van de & OWE, M. - On the Relationship Between Thermal Emissivity and Normalized Difference Vegetation Index For Natural Surfaces, *Int. J. Remote Sensing.*, 14 (6):1119-1131,1993
- GUTMAN, G. G. - Vegetation Indices From AVHRR: An Up Date and Future Prospects, *Remote Sens. Environ.*, 35: 121 - 136, 1991
- LAZLO, I.; JACOBOWITZ, H.; GRUBER, A. - The Relative Merits of Narrowbands Channels for Estimating Broadband Albedos, *J. Atmospheric and Oceanic Techn.*, 5 (6): 757-773, 1988.
- PALTRIDGE, G. G. & MITCHELL, R.. M. - Atmospheric and Viewing Corections of Vegetation Indices and Grassland Fuel Moisture Contents Derived from NOAA, *Remote Sens. Environ.* , 3: 121 - 135, 1990
- TOWNSHEND, J. R. G.; JUSTICE, C. O.; KALB V. Characterization and Classification of South American Land Cover Types Using Satellites Data, *Int. J. Remote Sensing*, 8 (8): 1189-1207, 1987



## **Balanco de Energia e de Água para o Pantanal**

José Carlos Rodrigues e Rute Maria Bevilaqua  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
CP 515, 12201-970 São José dos Campos, SP

### **Introdução**

O objetivo deste trabalho foi o de construir um algoritmo para calcular as componentes dos balanços de calor e de água na superfície em pontos discretos do Pantanal. Estes dois balanços são claramente inseparáveis porque a evapotranspiração depende consideravelmente da energia disponível para isto.

Em geral os cálculos de Balanço Hidrológico são divididos em duas partes:

1- Estimativa da evapotranspiração potencial

2- Balanço entre precipitação, evaporação, escoamento superficial e armazenamento de água no solo.

Eventualmente faz-se um ajuste da evaporação real como uma fração da evapotranspiração potencial; esta fração dependente da quantidade de água armazenada no solo.

A estimativa da evapotranspiração potencial, a rigor deve ser resultado de um balanço de energia da superfície da terra, envolvendo a energia solar absorvida, a energia líquida de ondas longas perdida pela superfície, o calor sensível perdido pela superfície para a atmosfera e para as camadas mais profundas do solo e, finalmente, a energia empregada para evaporar água do solo.

Muitas tentativas têm sido feitas para estimar a evapotranspiração usando o menor número de variáveis meteorológicas possível, geralmente ignorando o balanço hídrico como variável. É óbvio, porém, que a evapotranspiração real depende do balanço hídrico, devendo este fazer parte do cálculo.

Como exemplos de métodos simplificados temos:

a - Método de Thornthwaite - estima a evapotranspiração potencial em função das temperaturas médias mensais, argumentando que estas dependem do balanço energético.

b - Método de Penman e derivados - leva em conta o balanço energético, porém faz aproximações no que diz respeito à temperatura da superfície.

Budyko sugere que se faça um balanço de energia da superfície, com as parametrizações existentes para os diferentes termos, e que se acople à esse balanço, também o balanço hídrico, para calcular diretamente a evapotranspiração real, que nos outros métodos é estimada ao invés de calculada. Além disso, alguns termos são função da temperatura da superfície que é calculada no balanço. Este foi o método adotado neste trabalho.

### **Método**

No método sugerido por Budyko estima-se a evapotranspiração potencial, supondo um valor inicial para a água armazenada no solo, donde se obtém uma evapotranspiração real. A partir dela determina-se a temperatura do solo por um método iterativo, que ajusta o balanço de energia. O balanço hídrico fornece o armazenamento de água no solo que será a condição inicial para o mês seguinte. Como o armazenamento inicial é uma grandeza difícil de ser medida, costuma-se utilizar como valor inicial o obtido pelo método após um ano, quando se volta à mesma estação, de preferência no meio de uma estação chuvosa. Geralmente, após o segundo ou terceiro mês estabelece-se um equilíbrio e, a seguir, os resultados não dependem do valor inicial de armazenamento.

A idéia é que, obtendo-se um método mais confiável para o cálculo da evaporação, do balanço energético e do balanço hídrico, ele possa servir de ferramenta para pesquisar, por exemplo, os movimentos de água do subsolo mais próximo da superfície, e o acesso, pelas plantas, à água. Com isso, numa região tão complexa como é o Pantanal, poder-se-ia, por exemplo, acoplar esse método a um modelo hídrico da bacia do Rio Paraguai e acrescentar parametrizações para o subsolo e sua interação com a superfície.

As interações entre vegetação, solo e características topográficas são fatores importantes demais para serem negligenciados quando se pensa, por exemplo, em previsão de enchentes para esta região. Além disso, o regime hidrológico depende grandemente de fatores climáticos.

### **Teste do Algoritmo**

Para testar o algoritmo, escrito em linguagem FORTRAN, foram utilizados como dados de entrada registros climatológicos de temperatura do ar, umidade, nebulosidade e precipitação, de algumas

estações na periferia do Pantanal, já que não se conseguiu o conjunto de dados necessários para o interior da área de estudo.

### **Resultados**

Foram utilizados dados climatológicos mensais de 1993 e 1994 para algumas poucas estações. Os dados de entrada foram temperatura do ar, umidade relativa, nebulosidade e precipitação. As componentes do balanço energético e de água calculadas foram radiação solar incidente na superfície, radiação de ondas longas deixando a superfície, calor sensível perdido para a atmosfera, calor sensível para o subsolo, calor latente devido à evaporação, evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, escoamento superficial, água armazenada no solo no final do mês e temperatura da superfície. Um estudo simples de sensibilidade tornou evidente que os resultados são extremamente sensíveis à nebulosidade, o que era de se esperar já que as radiações de ondas curtas e de ondas longas dependem muito desse parâmetro.

### **Conclusões**

Embora as estações utilizadas não sejam representativas da região do Pantanal, pode-se verificar a potencialidade do método para obter resultados com uma quantidade pequena de dados climatológicos, já que o método utiliza somente dados de estações de superfície. O que realmente viabilizará esses balanços em extensas áreas como a do Pantanal, onde o número de estações de superfície ou de altitude é reduzido e seus dados de pouca confiabilidade, será o avanço das técnicas de sensoriamento remoto, principalmente com sensores de ondas longas e de microondas (ATSR: IRR e MWS) e instrumentos de radar (AMI: SAR and Wind Scatterometer) do satélite ERS-1. Serão esses sensores que permitirão que dados essenciais, confiáveis e contínuos para o cálculo de balanço de energia, tais como a umidade do solo e da vegetação, os perfis de umidade e de temperatura do ar, e a nebulosidade, estejam disponíveis para serem usados como dados de entrada em algoritmos como o descrito neste trabalho.

### **Sugestões**

Sugere-se:

1 - que no Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE seja feito um esforço no sentido de obter dados confiáveis de temperatura da superfície, umidade do solo e da vegetação, áreas cobertas por água, topografia, e velocidade do vento na superfície de áreas inundadas. Potencialmente esses dados podem ser obtidos pelos sensores do satélite ERS-1 mencionados acima.

2 - que o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE invista num banco de dados como o do AMIP no NMC, para futuros cálculos de balanços de energia a partir de dados de análise e de GCM.

### **Referencias**

Budyko, M. I. (1974). *Climate and Life*. Academic Press, New York.

Proud, Lois e Battrock, Bruce, editors. (1992). *ERS-1 User Handbook*, ESA Publications Division.



**FATORES CLIMATOLÓGICOS ENVOLVIDOS NAS VARIAÇÕES DO NÍVEL DO RIO  
PARAGUAI  
EM LADÁRIO (MS): ABAIXAMENTO DO NÍVEL EM 1985-1986.**

Rute Maria Bevilaqua, Daniel Jean Roger Nordemann e Manoel Alonso Gan  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
CP 515, 12201-970 São José dos Campos, SP

**Introdução**

Um dos aspectos que chama mais a atenção na curva de nível do Rio Paraguai em Ladário, como função do tempo, é a persistência observada entre 64-73 e 74-91 na manutenção de níveis baixos (-57 a 269 cm) e altos (132 a 657 cm), respectivamente. O estudo de mudanças de tendência, para que se entenda como elas vêm a ocorrer, é bastante oportuno, principalmente com vistas na previsão. Mas a grande dificuldade para executá-lo está na deficiência de dados de precipitação nas áreas que captam água para alimentar o rio.

Em 1985, o sul do Brasil foi afetado, durante a maior parte do ano, por uma seca de grandes proporções. Neste estudo, tentamos entender como este período de seca afetou o nível do Rio Paraguai em Ladário. Seria muito interessante saber se um evento como este poderia causar, por exemplo, uma descida de nível como a que ocorreu em 1963.

**O Rio**

O aumento do nível do Rio Paraguai em Ladário começa no fim de dezembro, atingindo o nível máximo em maio ou junho. 3 a 4 meses depois de as chuvas periódicas anuais, que são bastante regulares na região dos afluentes, atingirem seu máximo entre dezembro e janeiro. A maior ou menor contribuição destes tributários será uma decorrência das precipitações que ocorrem em suas bacias.

A velocidade de escoamento das águas no Pantanal é pequena devido à baixa declividade do terreno e a resistência oposta pela vegetação.

As massas de ar são muito úmidas e instáveis, exceto no inverno quando são secas e estáveis. Os ventos predominantes são de N (NE a NW). As frentes frias aparentemente afetam somente o S e SE da bacia.

O ano de 1985, que estamos examinando, insere se numa fase de níveis altos.

## **1985**

Este ano foi repleto de anomalias de precipitação em quase todo o Brasil. Choveu muito acima da média no Norte e Nordeste do Brasil, mas as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste tiveram precipitações abaixo da média durante quase todo o ano. Os dados do OLR (Outgoing Longwave Radiation) do satélite NOAA mostram anomalias positivas, o que é a indicação de chuva abaixo da média meses seguidos (março-novembro) na região do alto Paraguai.

Os escassos dados de precipitação encontrados em 85, para Cuiabá, Coxim, Poxoréu e Corumbá, localidades onde a precipitação direta ou indiretamente poderia ter afetado o nível do rio em Ladário, confirmam o que dizem os dados de satélite, mostrando que as precipitações estiveram abaixo da média a maior parte do ano nestas estações.

Dois fatores, provavelmente relevantes para o nosso estudo, foram:

Os sistemas frontais, nestes meses, não puderam se intensificar devido à uma grande e persistente anomalia anticiclônica de ventos, no nível de 850 mb, que afetou o Sul do país. Muitas destas frentes chegaram a passar sobre a região Sudeste sem causar chuva nenhuma e voltaram a se intensificar, fazendo chover mais freqüentemente no sul da Bahia.

Uma anomalia persistente de ventos de Sudeste dificultava a entrada de umidade que vem normalmente da Amazônia para a nossa região de interesse.

## **Análise**

A observação dos níveis deste rio mostra que os menores níveis de máximo e mínimo, no período de 74 a 91, ocorreram em 86. Vê-se que estes níveis permanecem baixos ainda em 87, havendo uma recuperação do nível máximo em 88, mas os níveis mínimos de 85 a 88 foram os mais baixos do período de 74 a 91. A seca de 85 parece ter muito a ver com estas observações, o que impressiona

quando se pensa que já no final de 85, início de 86, as chuvas voltaram a níveis normais, parecendo que as conseqüências disso foram muito além.

Não seria difícil imaginar que os sistemas frontais inibidos no Sudeste falharam em ajudar a organizar a convecção no Pantanal em 85. Eles desempenham um papel importante na organização de convecção tropical que se estende desde a Amazônia até a região Sudeste (Oliveira, 1986).

A entrada de menos umidade para a região em 85 pode também ter sido um fator que tornou as massas de ar aí presentes mais estáveis, com conseqüente diminuição de precipitação.

### **Conclusões**

Os sistemas frontais pareceram desempenhar um papel relevante na precipitação que ocorreu na região do Pantanal em 85. Note-se que, quando estas frentes se desintensificaram no Sudeste, as precipitações diminuíram também na nossa região de estudo. Isso ocorreu porque elas não organizaram a convecção nas regiões do Pantanal e Amazônia. Então, estas frentes não se limitariam só a afetar o S e SE da bacia, como parece.

Em anos normais, a umidade trazida da Amazônia para o Pantanal ajuda a instabilizar a atmosfera. A anomalia de ventos de Sudeste que ocorreu em 85 trouxe menos umidade da Região Amazônica para o Pantanal, provocando uma redução da precipitação na região. Talvez isso tenha alguma relação com o ditado do pantaneiro: " Quando bate o primeiro vento sul já se sabe que vai parar de chover".

Parece razoável supor que se a precipitação não voltasse a se regularizar, como começou a acontecer no final de 85, início de 86, poderia ter ocorrido uma descida de nível mais drástica como a que ocorreu em 63, quando as precipitações na região chegaram a estar abaixo da média por mais tempo (em 61, 62 e 63). Seria, sem dúvida, bastante útil determinar as diferentes causas de mudanças abruptas como estas.

Este estudo serve de exemplo para mostrar nitidamente o interesse dos estudos das correlações nível do rio - precipitação - ventos etc. Nestas correlações, uma atenção particular deve ser dada ao fator tempo, através da dinâmica de resposta (atraso, fase, constantes de tempo de resposta, tempos de residência).

É recomendável que todos os dados hidrológicos, meteorológicos, climáticos, disponíveis sejam integrados em bancos de dados abertos à comunidade dos pesquisadores interessados.

### **Referência**

Oliveira, Alda Santos. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção na Amazônia. Dissertação de Mestrado, INPE, 1986.

# PREDICTION OF THE PARAGUAI RIVER LEVEL'S TIME SERIES USING NEURAL NETWORKS

Li, W. G.\*, Leonardo D. A. Sá, G. Galvão and Rute M. Bevilaqua  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, E-mail: wei@met.inpe.br

\*: CNPq Fellow

## ABSTRACT

Feed-forward neural networks are implemented for predicting the level of Paraguai River, Ladario. By using the trained network, the reconstruction of the monthly data fit well with the observations. And the initial results show success predictions within two to three months.

Keywords: Neural networks, Prediction, Paraguai River.

## I. INTRODUCTION

Predicting the level of Paraguai River with useful antecedence (and so estimating the area to be flooded) is a relevant scientific goal. Paraguai River levels are influenced by several different factors from micro to macro scales. Simple correlation between its levels and indexes of El Niño or SST in the Atlantic Ocean don't seem significant, probably because interactions among vegetation, soil and topographic characteristics result in important factors, too important to be neglected in this area and those teleconnections are masked. From the standpoint of global change the Pantanal deserves study because, due to its dimensions, it could, probably, both drive and respond to changes in climate. Neural networks can treat all these factors simultaneously, which was an incentive to apply this method to these complex time series of river levels. In this paper, about 1145 monthly data are used to train the neural network, which then give the monthly predictions.

## II. FEED-FORWARD NEURAL NETWORKS

Prediction of time series is an exciting recent application of neural networks. There are a number of prediction methods available for this kind of problem (Casdagli, 1989). Neural networks were found to be useful and competitive with the best recent approximation methods (Lapdes and Farber, 1987, Gallent and White, 1992, Li, et al. 1995). To predict the time series of the level of Paraguai River, one type of network, feed-forward single hidden layer networks (Rumelhart et al., 1986), with Backpropagation learning laws will be used. The input values of time series  $x(t-1)$ ,  $x(t-2)$ , ...,  $x(t-d)$  are received through  $d$  input units, which simply pass the input forwards to the hidden units  $u_j$ ,  $j=1,2,\dots,q$ . Each connection performs a linear transformation determined by the connection strength  $w_{ij}$ , so the total input for hidden unit  $u_j$  is  $\sum_{i=1}^d w_{ij} x(t-i)$ . Each unit performs a nonlinear transformation on its total input, producing output:

$$o_j = \Phi( w_{0j} + \sum_{i=1}^d w_{ij} x(t-i).) \quad (1)$$

The activation function  $\Phi$  is the same for all units. Here,  $\Phi$  is a sigmoid function with limiting value 0 and 1 as  $o_j \rightarrow -\infty$  and  $o_j \rightarrow +\infty$  respectively:

$$\Phi(o_j) = 1/(1+\exp(-o_j)) \quad (2)$$

The hidden layer outputs  $o_j$  are passed along to the single output unit with connection strength  $\beta_j$ , which performs an affine transformation on its total input. Then, the network's output  $x(t)$  can be represented as:

$$x(t) = \beta_0 + \sum_{j=1}^q \beta_j \Phi( w_{0j} + \sum_{i=1}^d w_{ij} x(t-i) ) \quad (3)$$

for  $d$  inputs and  $q$  units in the hidden layer.

One way to make predictions at various next step  $t, t-1, t-2, \dots, t-k\Delta t$  is to place previously predicted values on the input lines to bootstrap to higher  $i$  values (Lapedes and Farber, 1987). After training a network to predict at  $t$ , the predicted values can be fed back to the inputs to predict at  $t+1, t+2, \dots$  etc.

### III. THE RESULTS

Using the 1142 monthly observations, the trained network give prediction results. As Table 3.1 shows, the relative errors of the predictions of the next four months are less than 17%. Figure 3.1 shows the reconstructions and predictions of the monthly observations of the levels of Paraguai River.

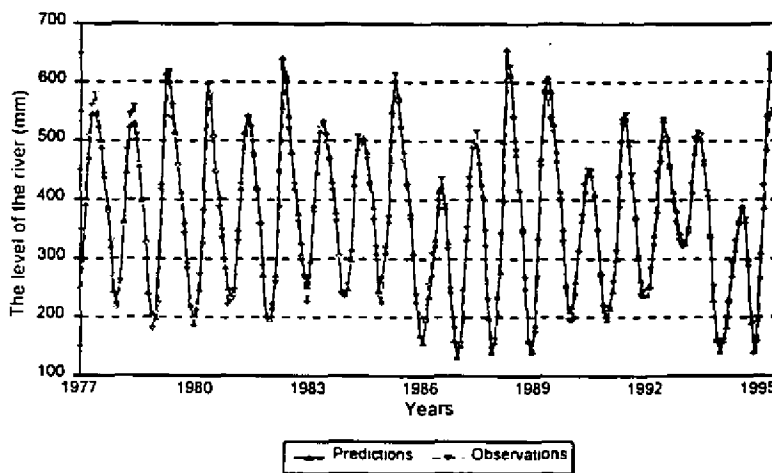


Figure 3.1 Reconstructions (01/77-02/95) & Predictions (03-06/95)  
of the monthly level of Paraguai River

Table 3.1 Predictions of the monthly level of Paraguai River: 03-06/95

	Mar	Apr	May	Jun
Observations	542.90	649.87	622.16	588.00**
Predictions	480.70	544.04	551.05	528.28
Relative Errors	11.45%	16.23%	11.43%	10.00%
RMSE*	0.019	0.019	0.019	0.019

\*: RMSE: Root mean squared error of the trained neural network.

\*\* : Mean of the first 8 daily observations of June.

## V. CONCLUSIONS

Feed-forward neural networks were robust for predicting the level of the Paraguai River. The predictors give acceptable results which show that the neural network method seems efficient to process time series influenced by complex processes, not still understood, as it appear very often in the geophysical sciences. Although these are preliminary results, they are promising. In the future, To improve more the prediction with the help of predictors criteriously chosen and to understand the theoretical aspects of the predictability of this physical phenomena will be the further research.

## ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by CNPq, under contract 300585/94-2 NV, FAPESP under contract 93/2715-1. The data was supplied by EMBRAPA. The authors also thanks Mr. Alexandre Nowosad for his kind help.

## REFERENCES

- Casdagli, M., 1989: Nonlinear prediction of chaotic time series. *Physica. D* 35, 335-356.
- Gallant, A.R. and H. White, 1992: On learning the derivatives of an unknown mapping with multilayer Feedforward Networks. *Neural Networks*, Vol.5, pp. 129-138.
- Lapedes, A. and R. Farber, 1987: Nonlinear signal processing using neural networks: prediction and signal modeling. Research report, Los Alamos.
- Li, W. G., L. D. A. Sá, A. O. Manzi, G. S. S. Prasad, A. G. Nowosad and A. D. Culf, 1995: Neural networks for nonlinear prediction of turbulent signals from data measured above Amazon forest and Pasture. XVIII Congresso Nacional de Matematica Aplicada e Computacional, 28 de agosto de 1995, Curitiba, Brazil.
- Masters, T., 1993: *Practical Neural Network Pecipes in C++*, Academic Press, Inc
- Rumelhart, D. E., and J. L. McClelland, and the PDP Research Group, 1986: *Parallel distributed processing: explorations in the microstructure of cognition*, Cambridge: MIT Press, Vol. 1.





# APLICAÇÃO DA TRANSFORMADA EM ONDELETAS À ANÁLISE DE SÉRIE TEMPORAL REFERENTE AO NÍVEL DO RIO PARAGUAI EM LADÁRIO, MS.

Leonardo D. A. Sá, Sabrina B. M. Sambatti (\*) e Geraldo P. Galvão.

INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais C.P.515, CEP 12201-970, São José dos Campos, SP, Brasil; e-mail: leo@met.inpe.br

(\*)Bolsista do CNPq/RHAE

Palavras-chave: Wavelet, Nível do Rio Paraguai, Variabilidade.

## METODOLOGIA:

Tem sido demonstrado que a Análise de Fourier (AF) tradicional não é recomendável na investigação de fenômenos não estacionários ou naqueles em que o sinal sofre variações bruscas (Farge, 1992). A Transformada em Ondeletas (TO), cuja base matemática foi constituída recentemente (Meyer, 1991), parece oferecer uma alternativa vantajosa à AF nestas situações. Ela decompõe a informação contida na série temporal tanto em tempo quanto em escala (frequência). Assim, pode ser concebida como uma espécie de Transformada de Fourier evolutiva. A TO continua consiste no operador de convolução com funções básicas:

$$g_{ab}(t) = a^{-1/2} g\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

obtidas por translações e dilatações de uma única função  $g(t)$ , a ondeleta-mãe. A TO analisa um sinal  $s(t)$  em cada instante  $t$  sobre um intervalo de escala  $a$  pela convolução deste com uma ondeleta localizada,  $g(t)$ , a qual estará dilatada em função da escala em questão. Segundo Farge(1992), o coeficiente da TO é definido por:

$$T_g(a, t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} g_{at}\left(\frac{t-y}{a}\right) s(y) dy \quad (2)$$

Neste trabalho optou-se pela utilização da ondeleta complexa de Morlet de forma

$$g(\tau) = e^{-i\omega_0\tau} e^{-\tau^2/2}, \quad \omega_0 = 5.4 \quad (3)$$

a qual constitui uma onda plana de frequência  $\omega_0$  modulada por envelope gaussiano de largura unitária.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS:

Foi utilizada a ondeleta complexa de Morlet por ser esta a mais adequada para captar variações nas periodicidades do sinal geofísico, de maneira contínua ao longo das escalas (Weng e Lau, 1994). Uma das principais vantagens da utilização da TO resulta do fato de esta fornecer uma representação do sinal facilmente interpretável visualmente (Grossmann et al., 1989). Tendo em vista isto, representamos a parte real do coeficiente da ondeleta, a qual é capaz de descrever tanto a intensidade quanto a fase do sinal, em localizações específicas do domínio tempo-frequência (Weng e Lau, 1994), respeitadas as restrições impostas pelo Princípio da Incerteza de Heisenberg.

Assim, na figura 1(a) é apresentada a variação da cota do Rio Paraguai para o período de 1900 a 1995 (os valores negativos refletem o fato de o nível nulo não se referir ao nível mais baixo do rio). Na figura 1(b) são mostradas as intensidades das flutuações por escala, referentes ao sinal da figura 1(a), para uma resolução de escala inferior a trinta anos. A observação da figura 1(b) mostra:

(a)uma escala marcante correspondente ao ciclo anual:

(b) uma outra com flutuações cuja periodicidade variou de um valor acima de quatro anos no início do século até um valor de três anos ao final dos anos 30, quando então passou a haver flutuação tanto na escala de dois anos quanto na de quatro até 1950. Desde então, a intensidade das flutuações no intervalo de escalas de dois a quatro anos parece ter diminuído consideravelmente, embora ainda seja perceptível uma flutuação na escala de dois anos até 1965. É interessante salientar que Nobre et al. (1984), ao estudarem a variabilidade das cotas do Rio Negro, em Manaus, por meio da AF aplicada a dois segmentos amostrais sucessivos, também encontraram marcantes diferenças entre o padrão de variabilidade deste rio antes de 1950 e após este ano. Para eles, não deveria existir uma relação direta entre a oscilação quase-bienal dos ventos zonais da estratosfera e a variabilidade do Rio Negro na escala de 28 meses. Esta conclusão também parece válida para os nossos resultados. Pesquisas futuras devem ser efetuadas no sentido de verificar se um mesmo fenômeno geofísico de grande escala não seria o responsável pelos resultados similares encontrados para os rios Negro e Paraguai. Outros fenômenos geofísicos, igualmente, mostram diferenças entre seus padrões de variabilidade do início do século até 1950 e deste ano em diante. Isto é apontado por Gu e Philander (1995) que aplicaram a TO a dados atmosféricos e oceânicos (COADS) referentes ao período de 1870-1988. Eles detectaram variações de amplitude de outro fenômeno atmosférico, o El Niño/Oscilação Sul (ENSO) o qual foi fraco no período de 1915-1950 e se fortaleceu marcadamente nos anos subsequentes. Assim, novos estudos devem ser efetuados no sentido de detectar eventuais correlações entre os fenômenos mencionados acima;

(c) uma flutuação aproximadamente decadal que varia de aproximadamente 11 anos no início da análise e que diminui até se estabilizar num patamar da ordem de 10 anos, a partir de 1940. Currie e O'Brien (1988) relatam muitos fenômenos geofísicos que também apresentam periodicidades desta ordem e tentam estabelecer uma relação destes com o ciclo solar de 10-11 anos. A questão de explicar fisicamente esta correlação continua, contudo, em aberto.

#### AGRADECIMENTOS:

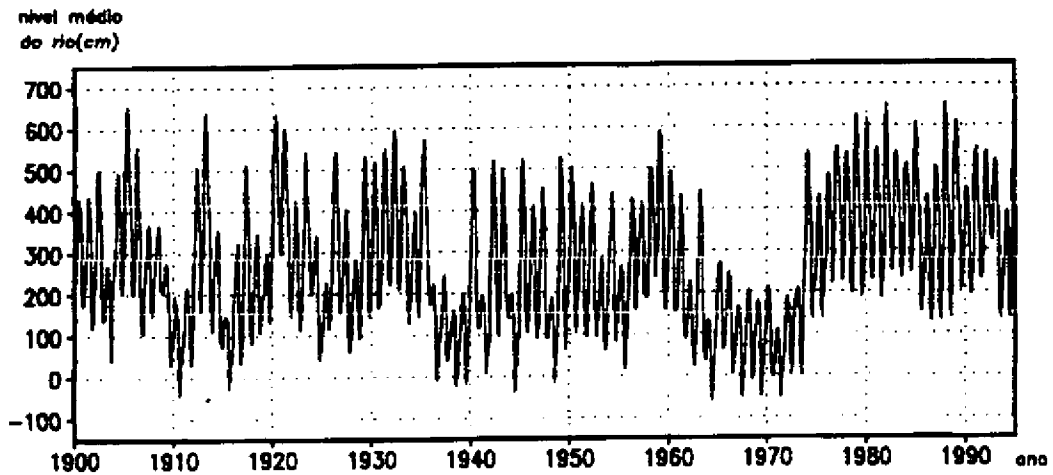
Este trabalho foi parcialmente financiado pela FAPESP (processo nº 93/2715-1) e pelo CNPq-RHAE, sob contrato nº 610197/94-0. Os autores são igualmente gratos à EMBRAPA que forneceu gentilmente os dados utilizados.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

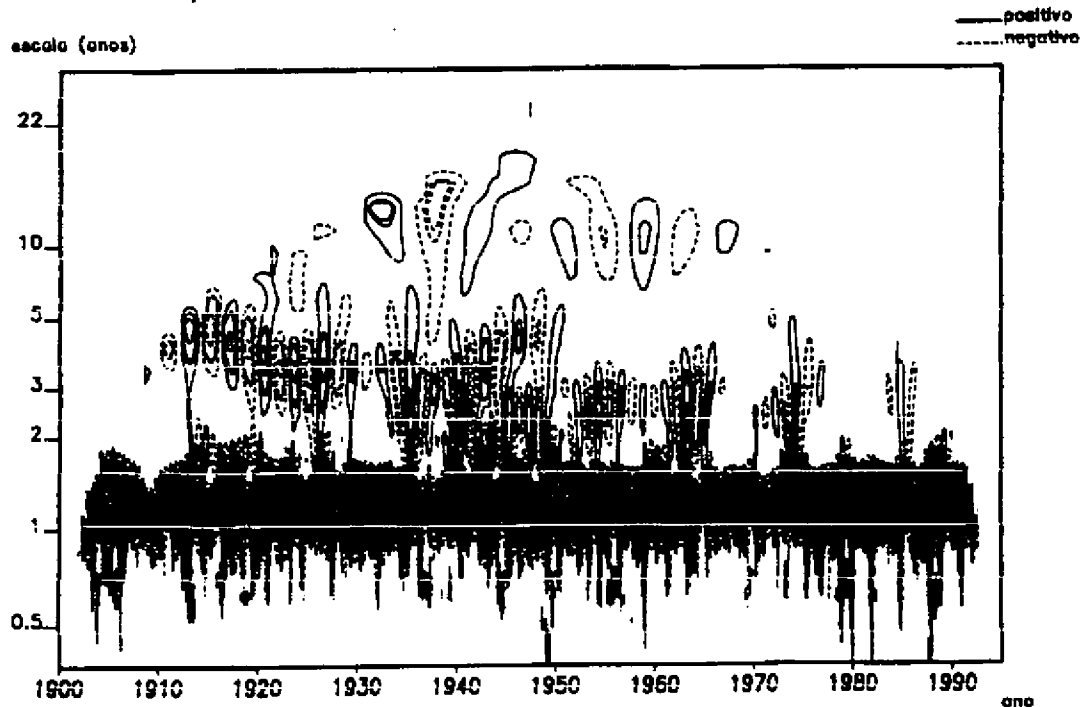
- Currie, R. G. and O'Brien, D., 1988. "Periodic 18.6-year and cyclic 10 to 11 year signals in Northeastern United States precipitation data". *J. Climatol.* 8(3):255-281.
- Farge, M., 1992. "Wavelet transforms and their applications to turbulence". *Annu. Rev. Fluid Mech.* 24: 395-457.
- Grossmann, A.; Kronland-Martinet, R.; Morlet, J., 1989. "Reading and Understanding Continuous Wavelet Transforms". In: *Wavelets*. J.M. Combes, A. Grossmann, Ph. Tchamitchian Eds., Springer-Verlag, pp.2-20.
- Gu, D. and Philander, S.G.H., 1995. "Secular Changes of Annual and Interannual Variability in the Tropics during the Past Century". *J. Climate*, 8(4): 864-876.
- Meyer, Y., 1991. "Ondelettes et opérateurs". Hermann, Paris.
- Nobre, C. A.; Paião, L. B. F. C.; Amendola, M., 1984. "Análise espectral das cotas do Rio Negro em Manaus". Relatório Técnico. INPE-3365-PRE/642.
- Weng, H. and Lau, K.-M., 1994. "Wavelets, Period Doubling, and Time-Frequency Localization with Application to Organization of Convection over the Tropical Western Pacific". *J. Atmos. Sci.* 51(17): 2523-2541.

FIGURA 1. ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO NÍVEL DO RIO PARAGUAI  
OBTIDA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA TRANSFORMADA EM ONDELETAS.

a) NÍVEL MÉDIO DO RIO PARAGUAI MEDIDO EM LADÁRIO, MS.



b) ANÁLISE DA VARIABILIDADE EM TEMPO-ESCALA.





# PERIODICIDADES E TENDÊNCIAS NAS MÉDIAS MENSAIS DO NÍVEL DO RIO PARAGUAI EM CORUMBÁ DE 1900 a 1995

Daniel Jean Roger Nordemann  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
CP 515, 12201-970 São José dos Campos, SP

## **Introdução**

O nível de um rio é um indicador de duas de suas características mais importantes: vazão e tamanho do seu leito incluindo das áreas alagadas. Existem registros antigos de níveis de rio e estes fornecem também preciosos dados sobre as variações climáticas (Peixoto and Oort, 1992) e fenômenos geofísicos associados no passado. Uma análise matemática adequada pode também, dentro de certas hipóteses e de certos limites, ser usada para uma previsão do futuro próximo. As variações do nível do Rio Paraguai em Ladário perto de Corumbá, (Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil), de janeiro de 1900 até abril de 1995 (médias mensais obtidas a partir das leituras diárias) foram estudadas visando obter resultados sobre clima, meio ambiente e relações com fenômenos geofísicos. Estas variações mostram claramente um comportamento complexo com longos períodos de estiagem e de alta vazão. As periodicidades possivelmente embutidas neste sinal não aparecem a primeira vista e pode se dizer também que o regime é nitidamente não estacionário. Por isto, estes dados foram analisados por vários métodos matemáticos de análise: análise de Fourier, periodograma, análise espectral dinâmica.

## **Metodologia e resultados**

Para a análise das séries temporais geofísicas, recomenda-se utilizar os métodos disponíveis mais adequados e escolhidos dentro de um leque de softwares ou ferramentas computacionais compatíveis com o hardware e o tempo de processamento necessário para processar os dados (Dettinger, 1995). Vários algoritmos próprios foram desenvolvidos por nós no ambiente do *Mathematica for Windows* (Wolfram, 1991; Nordemann, 1994). Os tratamentos foram realizados em máquina 486DX4 100 MH. com 16 MB de RAM e disco rígido de 500 MB.

A fim de analisar as diversas periodicidades embutidas na série temporal das médias mensais do nível do Rio Paraguai em Corumbá, de janeiro de 1900 até abril de 1995, foi calculado o espectro de

Fourier e o ciclograma das amplitudes das funções senoidais embutidas na série em função de sua frequência, para a totalidade da série. A regressão iterativa (Wolberg, 1967) foi aplicada através da varredura das periodicidades detectadas no ciclograma em ordem decrescente de amplitude. Esta regressão iterativa foi aplicada a cada vez sobre a série inicial menos a série artificial reconstituída a partir das periodicidades até então determinadas. A Tabela 1 apresenta os parâmetros das mais importantes periodicidades.

**Tabela 1**

<b>Período (ano)</b>	<b>Amplitude <math>\pm</math> s.d. (cm)</b>	<b>Observação</b>
1.00	130.0 $\pm$ 5.2	Revolução orbital
28.6	75.0 $\pm$ 4.8	Marê luni-solar
14,6	46.2 $\pm$ 4.4	
8,9	38.0 $\pm$ 4.2	
4.1	19.9 $\pm$ 4.2	
3.8	33.4 $\pm$ 4.6	QBO/ENSO
2.8	22.2 $\pm$ 4.2	
2.3	20.1 $\pm$ 4.1	
...	...	
0.5	7.8 $\pm$ 3.6	SAO

Evidentemente a maior periodicidade observada na série estudada corresponde a um período de uma ano devido à revolução orbital da Terra. Observa-se também que a soma de 8 entre as amplitudes mais importantes é da ordem de 385 cm, o que significa que, no caso deste trabalho, estas 8 periodicidades de maior amplitude podem ser suficientes para explicar os valores extremos observados durante o intervalo estudado. Pelo método empregado, foram detectadas da ordem de 50 periodicidades de amplitude superior a seu respectivo desvio padrão calculado. Isto significa que outras periodicidades podem ser significativas e que outros ciclos naturais provavelmente influenciam também o nível do rio.

Para evidenciar as tendências embutidas na série, foi praticada uma análise espectral dinâmica (com periodogramas para intervalos de varredura sucessivos na escala do tempo).

## Conclusão

- O regime do Rio Paraguai é complexo e não é estacionário.
- Ao lado da periodicidade anual predominante, existem outras periodicidades de amplitudes menores cujas contribuições são entretanto da maior importância para as variações de altura do rio.
- Entre as componentes de período superior ao ano, destaca-se um grupo de componentes de período 28.6 anos (marê luni-solar) e de períodos da ordem de 2 a 4 anos (na faixa da Oscilação Sul/El Niño ENSO ou Oscilação Quase Bianaual QBO) com amplitudes entre 19.9 cm e 33.3 cm.
- Entre as componentes de período inferior ao ano, destaca-se a de 6 meses de período (Oscilação Semi-Anual SAO) com uma amplitude de  $7.8 \pm 3.6$  cm.
- De maneira global, a aplicação de diversos métodos matemáticos de análise de séries temporais ao estudo das variações de altura do rio Paraguai em Corumbá revelou-se proveitosa e deveria ser estendida a um número maior de registros observacionais ou naturais para se ter um conhecimento melhor do meio ambiente no passado em relação com os fenômenos geofísicos envolvidos.

## Referências

- Dettinger M.D., M. Ghil, C.M. Strong, W. Weibel and P. You. Software Expedites Singular-Spectrum Analysis of Noisy Time Series. EOS (AGU) 76:2:12-21, Jan. 10, 1995.
- Nordemann D. Introdução ao *Mathematica* for Windows. Transtec Editorial, São José dos Campos, SP, 1994.
- Nordemann, D. Previsão Baseada no Estudo do Nível do Rio Corumbá de 1900 a 1995. Encontro sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantanal. Corumbá, MS. 9-12 de outubro de 1995
- Peixoto J.P. and A.H. Oort. Physics of Climate. American Institute of Physics-AIP, 1992.
- Wolberg J.R. Prediction Analysis. Van Nostrand Company. Princeton. 1967.
- Wolfram S. *Mathematica*. A System for Doing Mathematics by Computer. Addison-Wesley Pub. Co., 1991.





# PREVISÃO BASEADA NO ESTUDO DAS MÉDIAS ANUAIS DO NÍVEL DO RIO PARAGUAI EM CORUMBÁ DE 1900 a 1995

Daniel Jean Roger Nordemann

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

CP 515, 12201-970 São José dos Campos, SP

## **Introdução**

Uma análise matemática adequada pode, dentro de certas hipóteses e de certos limites, ser usada para uma previsão do futuro próximo. Esta abordagem foi feita usando a metodologia descrita num outro trabalho apresentado nesta reunião (Nordemann, 1995) e aplicada às médias anuais (ano hidrológico, outubro a setembro) do nível do rio Paraguai obtidas a partir das médias mensais baseadas nas leituras diárias feitas em Ladário perto de Corumbá, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. Apesar de o regime do rio não apresentar condições de estacionaridade (DNOS/UNESCO-PNUD, 1974; Nordemann, 1995), tentará-se uma seleção das periodicidades que representam contribuições representativas e maiores nas variações do nível do rio no passado.

## **Metodologia e resultados**

Para a previsão do comportamento do rio Paraguai, foi escolhido o método da regressão iterativa entre os métodos aplicados anteriormente à série dos níveis de 1900 a 1995 (Nordemann, 1995). A maior parte das análises harmônicas clássicas são praticadas sobre a série temporal estudada, procurando uma por uma as funções senoidais que se “adaptam” mais aos mesmos dados pelo critério dos mínimos quadrados. Este procedimento justifica-se pela ortogonalidade de funções senoidais de períodos diferentes e, em geral, é realizado por uma varredura dos valores das frequências ou dos períodos permitidos.

Uma investigação preliminar através do periodograma permitiu obter as amplitudes das principais funções senoidais presentes no sinal. Em seguida, optou-se por aplicar a regressão iterativa na ordem decrescente destas amplitudes. Além disto, para caracterizar melhor o grau de significância de cada periodicidade e permitir assim separar as periodicidades mais representativas das menos importantes, a regressão iterativa (Wolberg, 1967; Nordemann, 1995) foi aplicada a cada vez sobre a série inicial menos a série artificial reconstituída a partir das periodicidades até então

determinadas. A reconstituição ano hidrológico por ano hidrológico foi feita a partir das seguintes periodicidades obtidas pelo método descrito acima:

período 28.4 anos ( $77.0 \sin[0.221 t + 1.91]$ )

período 7.8 anos ( $33.6 \sin[0.807 t + 3.79]$ )

período 14.6 anos ( $44.5 \sin[0.432 t + 6.27]$ )

período 8.9 anos ( $33.7 \sin[0.709 t + 3.99]$ )

período 4.8 anos ( $23.1 \sin[1.32 t + 4.44]$ )

período 2.8 anos ( $22.7 \sin[2.25 t + 4.78]$ )

período 2.3 anos ( $18.9 \sin[2.75 t + 4.54]$ )

período 3.2 anos ( $13.6 \sin[1.95 t + 5.68]$ )

Os resultados são apresentados na Figura 1. Observa-se que neste modelo algumas enchentes (antes de 1920) ou estiagens (1963 até 1974) de grande amplitude não são descritas com fidelidade, o que caracteriza sua excepcionalidade em relação a hipótese da estacionaridade. Entretanto, o modelo prevê uma estiagem de grande amplitude para o futuro próximo até o ano 2000 aproximadamente seguida por uma alternância de períodos de enchente e de nível próximo do nível médio.

### **Conclusões**

- O modelo prevê uma estiagem de grande amplitude para o futuro próximo até o ano 2000 seguida por uma alternância de períodos de enchente e de nível próximo do nível médio. Apesar das incertezas inerentes ao método empregado, o resultado, obtido a partir das periodicidades mais importantes, fornece uma informação confiável sobre as tendências do comportamento do Rio Paraguai no futuro à escala de alguns anos.

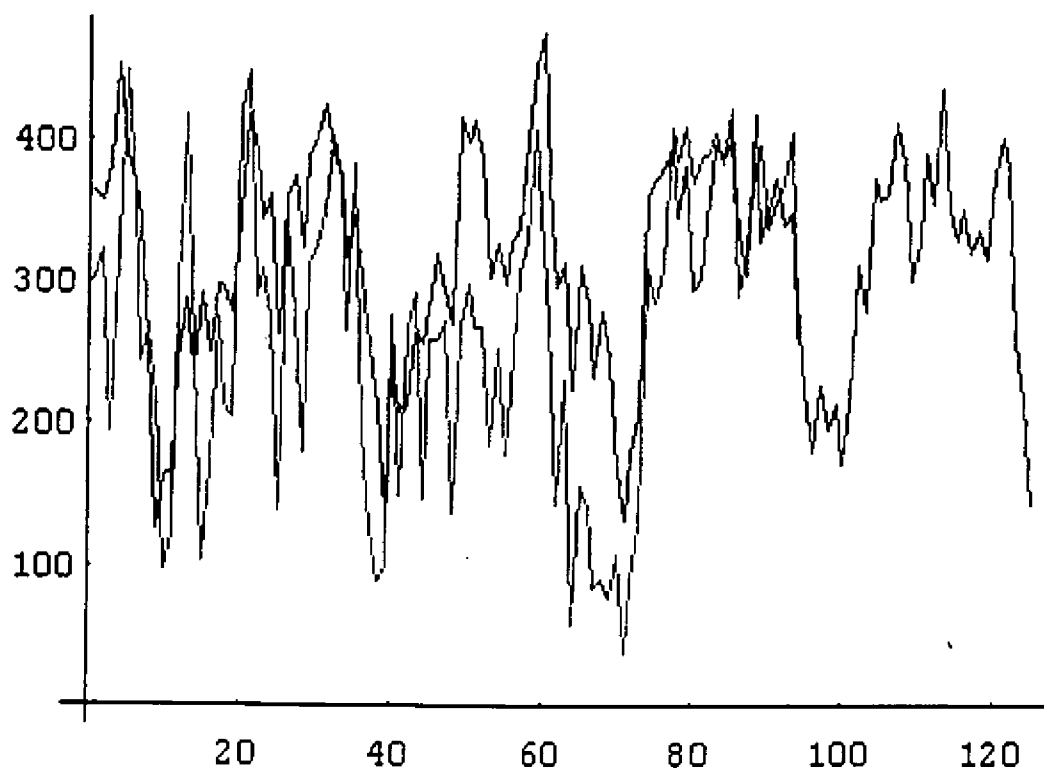
### **Referências**

- DNOS/UNESCO-PNUD, Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Relatório Técnico. Vol. I. Ministério do Interior. Departamento de Obras de Saneamento - DNOS e UNESCO. Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento - PNUD, 1974.
- Nordemann D. Introdução ao *Mathematica* for Windows. Transtec Editorial. São José dos Campos, SP. 1994.

- Nordemann, D. Periodicidades e Tendências nas Médias Mensais do Nível do Rio Corumbá de 1900 a 1995. Encontro sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantana<sup>1</sup>, Corumbá, MS, 9-12 de outubro de 1995.
- Wolberg J.R. Prediction Analysis. Van Nostrand Company, Princeton, 1967.
- Wolfram S. *Mathematica*, A System for Doing Mathematics by Computer. Addison-Wesley Pub. Co., 1991.

Altura média anual

(cm)



Ano (após 1900)

Figura 1. Altura anual média do Rio Paraguai em Corumbá de 1900 a 1994 (curva clara) e previsão pelas periodicidades principais até 2030 (curva escura). Observa-se que neste modelo algumas enchentes (antes de 1920) ou estiagens (1963 até 1974) de grande amplitude não são descritas com fidelidade, o que caracteriza sua excepcionalidade em relação a hipótese da estacionaridade. Entretanto, o modelo prevê uma estiagem de grande amplitude para o futuro próximo até o ano 2000 aproximadamente seguida por uma alternância de períodos de enchente e de níveis próximos do nível médio.



**PREVISÕES SOBRE O NÍVEL DO RIO PARAGUAI EM CORUMBÁ:  
COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS  
(REDES NEURAIS E ANÁLISE HARMÔNICA POR REGRESSÃO ITERATIVA)**

Nordemann, D. J. R., Li, W. G. e Bevilaqua R. M.,  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
CP 515, 12201-970 São José dos Campos, SP

**Resumo**

Os dados de médias mensais e anuais do rio Paraguai em Corumbá (MS, Brasil) de 1900 a 1995 foram utilizados na tentativa de realizar previsões pelo método das redes neurais (Li et al., 1995) e pela análise harmônica por regressão iterativa (Nordemann, 1995a e 1995b). Estas análises permitiram, estabelecer previsões, em escalas de tempo e com precisões diferentes: o método pelas redes neurais permite prever o comportamento do rio num futuro muito próximo (alguns meses) com uma precisão grande enquanto que a análise harmônica por regressão iterativa pode permitir realizar previsão para um futuro mais distante (anos a dezenas de anos) porém com incertezas nitidamente maiores.

**Metodologia**

Os dados de médias mensais e anuais do rio Paraguai em Corumbá (MS, Brasil) de 1900 a 1995 foram utilizados na tentativa de realizar previsões pelo método das redes neurais usando o software NETS v.3.00 da NASA and COSMIC. ISC-23366 (Li et al., 1995) e pela análise harmônica por regressão iterativa (Nordemann, 1995a e 1995b). Apesar de o intuito dos respectivos autores dos dois trabalhos citados não ter sido exatamente o mesmo, o primeiro visando mais a previsão a curto prazo (meses) e o segundo a previsão a prazo médio (anos), algumas observações podem ser feitas a respeito dos pontos comuns e das divergências entre os dois métodos. Estas observações são apresentadas nas tabelas seguintes.

**Resultados**

Os principais resultados obtidos e os pontos de comparação entre os dois métodos são apresentados nas tabelas que seguem (todas as previsões foram feitas a partir dos dados de 1900 até fevereiro de 1995).

Meses ->	Mar 95	Abr 95	Maio 95	Jun 95
Observações	543 cm	650 cm	622 cm	588 cm
<b>Redes Neurais</b>				
Previsão	480 cm	544 cm	551 cm	528 cm
Erro relativo %	11%	16%	11%	10%
<b>Análise harmônica</b>				
Previsão 8 per.	196 cm	259 cm	302 cm	313 cm
Erro relativo %	64%	60%	51%	47%
<b>Análise harmônica</b>				
Previsão 50 per.	310 cm	332 cm	336 cm	331 cm
Erro relativo %	43%	49%	46%	44%
<b>Época</b>				
	1996-2001	2002-2016	2017-2023	2024-2025
<b>Redes Neurais:</b>				
Previsão	381 cm	282 cm		
(médias anuais)				
<b>Análise harm.:</b>				
Previsão com	152 cm	299 cm	314 cm	146 cm
7 períodos	(min ≈65 cm			
(médias anuais)	em 1998)			
				Início de estiagem:

## PONTOS COMUNS

### REDES NEURAIAS

Previsão por tratamento numérico feito em microcomputador ou estação de trabalho Sun Solaris

Ajustes que utilizam o critério dos mínimos quadrados

Tempo de computação dos critérios e da exigência sobre a qualidade da previsão

### ANÁLISE HARMÔNICA

Previsão por tratamento numérico feito em microcomputador 486-100

Ajustes que utilizam o critério dos mínimos quadrados

Tempo de computação dos critérios e da exigência sobre a qualidade da previsão

## DIFERENÇAS

### REDES NEURAIAS

Processamento em paralelo

Uso de função exponencial

Uso de aprendizagem

Critério de melhoria contínua

Tempo de treinamento longo (dias, com estação de trabalho)

Excelente adaptação da série reconstruída aos dados

Excelente previsão a curto prazo (meses)

O método precisa de um número maior de dados para treinar a rede e dar resultados melhores

### ANÁLISE HARMÔNICA

Processamento em série

Uso de função senoidal

Uso de iterações sucessivas

Critério de convergência

Tempo de processamento médio (horas -> dia, com 486-100)

Adaptação imperfeita da série reconstruída aos dados

Previsão regular a curto prazo (meses)

Previsão satisfatória a médio prazo (dezenas de anos)

## **Conclusões**

As principais conclusões deste trabalho são:

- Os dados de médias mensais e anuais do rio Paraguai em Corumbá (MS, Brasil) de 1900 a 1995 foram utilizados na tentativa de realizar previsões pelo método das redes neurais (Li et al., 1995) e pela análise harmônica por regressão iterativa (Nordemann, 1995a e 1995b).
- O método das redes neurais apresenta um excelente desempenho para interpolação e previsão a curto prazo.
- O método das redes neurais precisa de um número maior de dados para treinar a rede e dar resultados melhores
- O método da análise harmônica por regressão iterativa apresenta um desempenho regular para interpolação e previsão a curto prazo e provavelmente satisfatório para previsão a médio prazo.
- Os resultados mais detalhados dos dois métodos comparados são apresentados em outros trabalhos desta reunião.
- De um ponto de vista mais geral, recomendar-se-ia associar os dois métodos para alcançar um maior grau de confiança nas previsões a curto e médio prazo.

## **Referências**

- Li, W. G., Leonardo D. A. Sá, Galvão. G. and Rute M. Bevilaqua. Prediction of the Paraguai River Level's Time Series using Neural Networks. Encontro sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantanal. Corumbá. MS. 9-12 de outubro de 1995.
- Nordemann, D. Periodicidades e Tendências nas Médias Mensais do Nível do Rio Corumbá de 1900 a 1995. Encontro sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantanal, Corumbá. MS. 9-12 de outubro de 1995.
- Nordemann, D. Previsão Baseada no Estudo do Nível do Rio Corumbá de 1900 a 1995. Encontro sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantanal. Corumbá. MS, 9-12 de outubro de 1995



**TPGG**

**GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA  
E INUNDAÇÃO**

# O MAPEAMENTO GEOLÓGICO COMO INSTRUMENTO DE APOIO PARA O PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI - PCBAP

Igor Tarapanoff<sup>1</sup>

## 1. OBJETIVO

### 1.1. OBJETIVO GERAL

Posicionada de maneira central no continente Sul Americano a BAP-Bacia do Alto Paraguai, com uma área total estimada em 500.00 Km<sup>2</sup>, abriga tratos territoriais do Brasil, Paraguai e Bolívia. No Brasil, onde tem sua representação mais conspícua, ocupa porções dos estados de MT e MS num total aproximado de 340.000 Km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 140.000 Km<sup>2</sup> dizem respeito a uma ampla planície deprimida consagrada sob a denominação "Pantanal Matogrossense" - uma das maiores reservas biológicas do mundo.

Caracterizando os parâmetros ambientais e avaliando as implicações decorrentes sob a atuação do buril antrópico imposto à esta região, o Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai tem como objetivo básico definir diretrizes e metas que nortearão as ações políticas necessárias para seu ordenamento territorial, adotando medidas que compatibilizem a capacidade de suporte do meio face a demanda sócio-econômica.

Assim, com lastro em uma base técnica multidisciplinar e integrada avaliada com enfoque holístico e sistêmico, pretende-se promover o desenvolvimento auto-sustentado e o incremento na qualidade de vida da população diretamente envolvida, com formulação de uma ocupação racional ambientalmente equilibrada, oferecendo também às futuras gerações o acesso a um ambiente higido capaz de atender as suas necessidades.

### 1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

O mapeamento geológico enfatiza os aspectos pertinentes às unidades geológicas, características litológicas e sua diferenciação quando possível, distribuição na área, estratigrafia, estruturas, ocorrências minerais, garimpos, material para obras civis e corretivo de solos, entre outros.

Face ao caráter regional da área estudada o mapeamento geológico, assim como os outros levantamentos temáticos ambientais, está sendo efetuado na escala 1:250.000.

---

<sup>1</sup> Geólogo, IBGE - Divisão de Geociências do Centro-Oeste

## **2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

O principal referencial para a elaboração do mapeamento geológico da BAP tem como base os produtos gerados pelo levantamento geológico sistemático efetuado pelo Projeto RADAMBRASIL (incorporado com seu acervo e corpo técnico pelo IBGE), consubstanciados na Série de Levantamento de Recursos Naturais com mapas temáticos na escala 1:1.000.000, bem como nos mapas de serviço realizados na escala 1:250.000, com interpretação de imagem de radar, pesquisa bibliográfica, atividade de campo, laboratório e escritório.

O procedimento metodológico compreende:

### **• SISTEMATIZAÇÃO**

- ✓ Leitura crítica dos mapas de serviço do Projeto RADAMBRASIL.
- ✓ Atualização e uniformização das legendas.
- ✓ Transferência e ajuste dos dados para as bases georreferenciadas DSG/IBGE na escala 1:250.000.

### **• ADIÇÃO DE DADOS**

- ✓ Coleta, análise e incorporação de dados geológicos mais recentes, a partir de pesquisa bibliográfica, mapas e trabalhos efetuados ou em elaboração.
- ✓ Reinterpretação de áreas duvidosas face aos novos trabalhos, com auxílio de imagem Landsat, canal 5, out 94.

### **• ATIVIDADE DE CAMPO**

- ✓ Checagem dos dados secundários e geração de novas informações com coleta de amostras para análise quando se fizer necessário.

### **• RELATÓRIO FINAL**

- ✓ Desenho em nanquim das folhas finais e relatório.

## **3. PRODUTO**

O Produto dos estudos geológicos será consubstanciado em Cartas Geológicas na escala 1:250.000, segundo o Corte Cartográfico Internacional, com coluna cronoestratigráfica, descrição do conteúdo litológico e simbologia, num total de 34 folhas, acompanhadas de texto sucinto versando sobre a geologia da Bacia do Alto Paraguai.

Estes dados, conjugados às informações coletadas pela Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Flora, Fauna, Climatologia e Recursos Hídricos, deverão compor o binômio biótico-abiótico dos recursos naturais, e que dará sustentação ao Diagnóstico Ambiental e a posterior elaboração do Zoneamento Econômico-Ecológico.

# GRANDE ESTRUTURA CIRCULAR DO PANTANAL

**André Calixto Vieira**

Prof. Adjunto do DG/IA/UFRRJ  
23851.970-Itaguaí-Rio de Janeiro, RJ

**Victor de Carvalho Klein**

Prof. Adjunto do Museu Nacional/UFRRJ  
20940.040-São Cristovão-Rio de Janeiro, RJ

## INTRODUÇÃO

Tendo como base as informações obtidas na interpretação de imagens de satélite da série LANDSAT-MSS, foi possível delinear, com satisfatória precisão, uma grande estrutura circular, de aproximadamente 300 km de diâmetro, no Pantanal Matogrossense, Brasil. Esta estrutura está delimitada por feições estruturais lineares, representadas por falhas, que visualizam uma linha poligonal planar fechada, de contorno hexagonal e de simetria especular.

Conjugados nesta estrutura maior, visualizam-se dois outros hexágonos, formando na junção, uma simetria triplíce, assemelhando-se, no modelo proposto por Turcotte (1986), a um mosaico fracionário resultante da deformação crustal.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A região do Pantanal Matogrossense abrange uma extensa área que se localiza na porção noroeste do Estado do Mato Grosso do Sul, na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1). Do ponto de vista geológico, são escassas as referências a respeito das circunstâncias que levaram ao surgimento desta expressiva feição. Del'Arco et alii (1982), atribuem sua origem a existência de uma depressão formada por um sistema de blocos falhados, do tipo horst-graben, onde se deu a sedimentação da formação Pantanal sobre o substrato irregular.

Por outro lado, sabe-se que devido a grande quantidade de dados de sensoriamento remoto, obtidos através de plataformas colocadas no espaço, operando em diferentes altitudes e equipadas com sofisticados sistemas sensores, tais como: Meteor, Salyut, Landsat, Spot, Radar de Visada Lateral, Fotografias Aéreas, etc., forneceram subsídios para investigar com precisão, grandes estruturas circulares na crosta terrestre (Saul, 1978; Riccimini & Amaral, 1980; Poroshin, 1981; Salop, 1981; Norman, 1984; etc.).

## ESTRUTURA CIRCULAR DO PANTANAL: RESULTADOS

A interpretação visual foi realizada sobre imagens de satélite da série LANDSAT-MSS, obtidas entre março de 1973 e agosto de 1976. No mosaico dessas imagens (Figura 2), observa-se discordâncias fisiográficas que, em seu conjunto, mostram uma grande estrutura circular situada na parte central do Pantanal Matogrossense. Nesta fase, foram extraídos os principais lineamentos estruturais, texturas e rede de drenagem, caracterizando-se a grande feição circular e parte de outras com aproximadamente as mesmas dimensões.

**1. Lineamentos Estruturais:** Os principais lineamentos estruturais descrevem formações poligonais que, quase sempre, estão associadas à direção do leito dos grandes rios que cortam a região (Figura

3), a saber: Rio Paraguai (NNW); Rio São Lourenço (NE); Rio Itaquira ou Piquiri (WNW); Serra do Pantanal (NNW); Rio Negro (NE); Rio Negro (WNW); Rio Paraguai (NE); Rio Aquidauana (NNW); e Rio Paraguai (NNW).

**2. Aspectos Texturais:** A textura fotográfica pode ser facilmente observada nas imagens de satélite. No interior das estruturas circulares a textura é frequentemente mosqueada, dada pela presença de um grande número de lagoas e pequenos alagados, os quais encontram-se alinhados na direção das principais drenagens.

**3. Rede de Drenagem:** Existem dois espectos distintos, associados a rede de drenagem, que mostram uma perfeita relação com a estrutura circular (Figura 3). O primeiro é caracterizado pelo seu padrão angular contornando a estrutura circular. O segundo, situado no interior da estrutura circular, mostra um padrão de drenagem constituídos por rios curvilíneos ou arqueados, distribuído na direção nordeste e discordantes dos rios que contornam a estrutura.

**4. Simetria Tríplice e Especular:** A simetria tríplice pode ser observada na confluência de três estruturas hexagonais (Figura 3a). Estes pontos de simetria têm uma angulação próxima a 120 graus. Quanto a simetria especular pode-se observar que a estrutura principal mostra um eixo de simetria, que identifica o seu lado noroeste (Figura 3A) como sendo semelhante ao lado sudeste (Figura 3B).

#### REFERÊNCIA

**DEL'ARCO, J.O. et alii,** (1982). Geologia. In: BRASIL. Dep. Prod. Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20. Rio de Janeiro, 1982. 448p.(Levant. Rec. Nat., 27), p.25-160.

**NORMAN, J.W.,** (1984). Tectonic effects of old very large meteoritic impacts on Earth showing o satellite imagery: a review and speculations. *Jour. of Struct. Geol.*, **6** (6): 737-747.

**POROSHIN, S.V.,** (1981). Ring structures based on interpreting satellite photographs. *Int. Geol. Rev.*, **23** (12): 1373-1378.

**RICCOMONI, C. & AMARAL, G.,** (1980). Estruturas circulares internas ao Complexo de Bação, Quadrilátero Ferrífero. (MG). *Anais. Congr. Bras. Geol.*, 21. Bal. Camburiú-SC. v.5: 2975-2981.

**SALOP, L.I.,** (1981). Two types of precambrian structures: gneiss folded ovals and gneiss domes. *Int. Geol. Rev.*, **14** (11):1209-1228.

**TURCOTTE, D.L.,** (1986). A fractal model for crustal deformation. *Tectonophysics*, **132**: 261-269

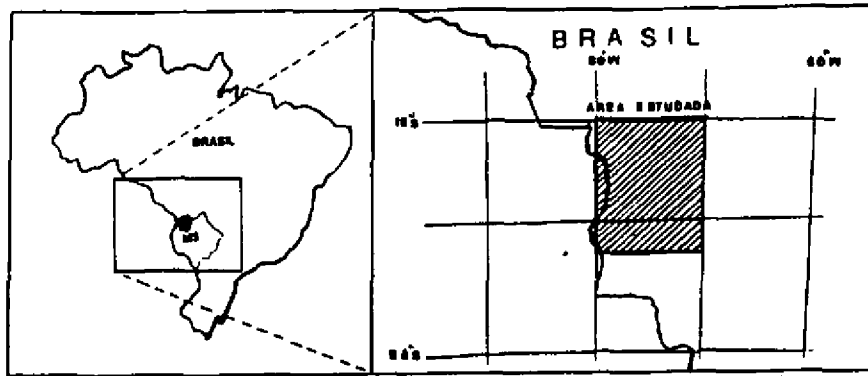


Fig. 1 Localização da área de estudo e posicionamento da estrutura circular no Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil.



Fig. 2 Mosáico de imagem de satélite da série Landsat-MSS (mar. 73). Escala original 1:500.000, mostrando feições fisiográficas que delimitam as estruturas circulares.

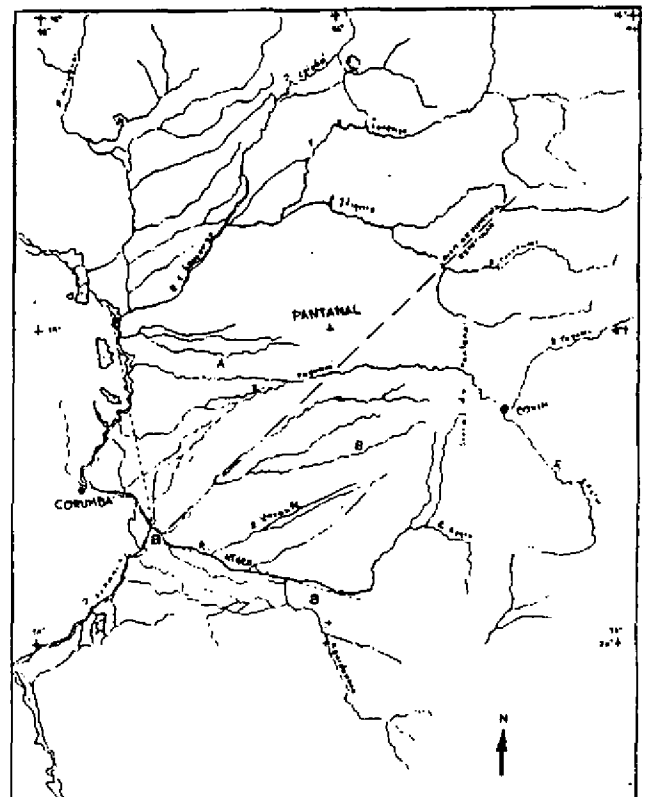


Fig. 3 Lincamentos estruturais que delimitam a grande estrutura circular do Pantanal e parte de outras duas, caracterizando o processo fracionário do tipo hexagonal. Observa-se a simetria triplice na junção de três polígonos (a) e o eixo de simetria especular que separa o lado A do B da estrutura principal.



# PROPOSTA METODOLÓGICA: QUANTIFICAR PROCESSOS DE EROÇÃO LINEAR UTILIZANDO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Prof. FRANZ R. SEMMELMANN (1) (2)

Prof. ALFONSO RISSO (1) (2)

Prof. ANA LUIZA DE O. BORGES (1)

## APRESENTAÇÃO

A compreensão dos processos de erosão que contribuam para compor as vazões de sedimentos que saiam de bacias hidrográficas constitui a base para ações vinculadas ao planejamento do uso dos recursos naturais de uma área. No caso do projeto Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP), entre as tarefas a serem desenvolvidas destaca-se, um diagnóstico do estado atual das condições das cabeceiras das bacias contribuintes às vazões hídricas e de sedimentos associados, responsáveis pelas cheias na planície pantaneira.

A elaboração de recomendações para diminuir os impactos da erosão acelerada na bacia contribuinte sobre o sistema da rede hidrográfica pantaneira e áreas afetadas pelas cheias, baseia-se em estudos da proveniência dos sedimentos (fontes) nas áreas altas das bacias.

A presente contribuição se dirige a avaliação da erosão concentrada.

O objetivo específico deste trabalho é compor uma metodologia, operacional a escala regional, que vise examinar os processos de erosão concentrada nas áreas elevadas da Bacia do Alto Paraguai. Para a estimativa de sua significância relativa com relação a outros processos erosivos examina-se a sua variabilidade espacial.

## ESTUDOS RELEVANTES

Os processos da quantificação da erosão hídrica concentrada nas áreas contribuintes de bacias hidrográficas, tem se dirigido ao estudo das causas de surgimento de formas resultantes desta

(1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas

(2) Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Caixa Postal 15.044



modalidade de erosão, bem como ao estudo de parâmetros que possibilitam de certa forma a sua predição. Recentemente associam-se a estes enfoques o uso de termos comparativos com outras fontes erosivas. Tem-se utilizado como padrão comparativo as estimativas de erosão laminar, obtidas através do uso da Equação Universal de Perda de Solos (USLE) ou outros modelos.

Constam nos trabalhos de quantificação da erosão concentrada em “canaletas”, que esta forma de erosão é as vezes maior que a erosão dita laminar, por área de referência. Exemplos deste enfoque são os trabalhos de *Jiahua (1989)*, *Grissinger & Murphy (1989)*, *Groves* citado por *Bryan (1987)*, *Leprun et ali (1986)*. Esta mesma abordagem pode ser observada recentemente com relação a erosão concentrada, resultante em voçorocas. Um exemplo deste enfoque comparativo usando como referência a estimativa de erosão laminar é o trabalho realizado por Eduardo Guimarães Couto e colaboradores, publicado pela FEMA/UFMT.

Para a realização de uma investigação à *escala regional* da detecção de áreas atual e potencialmente comprometidas com processos de erosão concentrada de solo, pode-se recorrer a produtos resultantes das diferentes técnicas de geoprocessamento (sensoriamento remoto e sistemas de informação geográficas).

A detectabilidade de formas de erosão de solo em produtos de sensoriamento remoto é amplamente discutida e documentada em livros e trabalhos que se referem a fotografias aéreas e a sua interpretação visual, com relação a sulcos, caneluras e voçorocas. Trabalhos que exemplificam a identificação voçorocas em imagens de satélite LANDSAT, destacam-se os trabalhos de *Weissmiller et al. (1983)* e *Femon (1981)*.

Dentro dos processos de modelagem de estimação dos diferentes graus de erosão hídrica se faz necessário avançar no estudo dos processos que permitem a automação das metodologias qualitativas. O volume de informação manipulada, a necessidade de localizar essa informação geograficamente e mantê-la atualizada e o emprego generalizado de mecanismos de sobreposição cartográfica, fazem dos sistemas de informação geográfica (SIG), uma ferramenta idônea para a avaliação qualitativa da erosão. Nesse sentido destacam-se os trabalhos de *Sivertum et al. (1987)*, *Hession e Shanholtz (1988)*, *Panuska et al. (1991)*, *Risso (1993)*, entre outros.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Como etapa foram submetidas a observação visual produtos recentes da série LANDSAT 5 TM a escala 1:100.000 disponíveis na FEMA e SEMA. Trata-se de imagens multiespectrais. Esta busca se revelou até o presente momento, pouco eficiente. Em continuação da busca de indícios da viabilidade do uso de imagens LANDSAT, foram identificados “caminhos d’água” em lavouras na região de Rondonópolis, MT, em imagens LANDSAT 1:100.000. Trata-se de imagens monocromáticas de cada um dos diferentes canais do sensor MSS. Com base nesta perspectiva propõe-se o seguinte esboço metodológico:

- identificação de locais com voçorocas no terreno, utilizando-se GPS;
- obtenção de estimativas volumétricas, e realização do levantamento dos condicionantes locais do ambiente (topografia, geologia, pedologia, cobertura do solo), antecedentes históricos, etc. que são associáveis a ocorrência desta forma de erosão;
- verificar as possibilidades de relacionar esta forma de erosão linear de solo à características espectrais, texturais e de conjunto nos produtos de sensoriamento remoto mais recentes disponíveis;
- verificar a significância dos parâmetros fisiográficos locais para uma análise de escopo regional, apoiada em levantamentos existentes (RADAM-Brasil e outros);
- testar as hipóteses formadas, reformulação e nova verificação;
- Consultar sucessivamente os produtos de sensoriamento remoto anteriores (incluindo os levantamentos aerofotográficos das décadas 60/70) para testar as possibilidades de derivar estimativas quantitativas e qualitativas com relação aos aspectos evolutivos do avanço e dos volumes erodidos.

Por outro lado propõe-se estimar áreas de maior potencial de erosão hídrica nas cabeceiras de bacias piloto na região de estudo através da metodologia proposta por *Risso (1993)*. Para o diagnóstico da erosão hídrica potencial da bacia serão utilizados os parâmetros da Equação Universal de Perda de Solos (USLE) de Wischmeier e Smith (erosividade das chuvas, erodibilidade do solo, comprimento e declividade das vertentes e fator de cobertura do solo). A partir da sobreposição destas informações espaciais no ambiente de um SIG, será gerado um mapa de fontes não-pontuais de sedimentos. Para isso serão gerados e armazenados em um ambiente SIG, diferentes planos de informação. Esta distribuição espacial será confrontada com os resultados obtidos a partir das técnicas de identificação dos processos erosivos por sensoriamento remoto.



# **MAPA DE CLASSES DE ERODIBILIDADE DE PARTE DA BACIA DO RIO TAQUARI, BASEADO EM IMAGENS TM-LANDSAT**

Athos Ribeiro dos Santos - INPE/DSR  
Célio Eustáquio dos Anjos - INPE/DSR  
Edison Crepani - INPE/DSR  
Paulo Veneziani - INPE/DSR  
Rosana Okida - INPE/DSR  
Henrique de Oliveira - EMBRAPA/CPAP  
Osni Correa de Souza - EMBRAPA/CPAP

## **1-INTRODUÇÃO**

O presente trabalho busca a obtenção de dados para a elaboração de um zoneamento na região da Bacia do Rio Taquari (MS) em função do potencial erosivo, considerando-se as características geológico-estruturais em primeiro plano e aquelas relativas ao relevo (tipo e declividade), drenagem (densidade e permeabilidade), morfodinâmica (grau de infiltração, escoamento e movimento de massas) e vegetação como complementares. Essas informações complementares foram obtidas a partir da interpretação de imagens do TM-LANDSAT na escala de 1:100.000 (composições coloridas 3B4R5G e imagens P e B nas bandas 3 e 4). Tal abordagem permite que se obtenham mapas de classes de erodibilidade.

## **2- SÍNTESE GEOLÓGICA**

A síntese sobre a geologia da área baseou-se em RADAMBRASIL (1982) (Figura 1). Predominam rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná e poucas rochas cristalinas de origem ígnea e metamórfica. Outra porção significativa da região estudada é coberta por sedimentos inconsolidados do Pantanal Mato-Grossense.

## **3- MÉTODOS**

Sob a ação dos agentes climáticos (chuvas, ventos, insolação), as condições do equilíbrio físico-químico das rochas podem ser alteradas e as atividades antrópicas (desmatamento, agricultura, urbanização, etc.) podem atuar de modo que o potencial de desagregação e erodibilidade seja incrementado. Com a utilização de imagens de sensores remotos a avaliação dessas propriedades é qualitativa e indireta.

Por ser o objetivo do trabalho determinar a relação entre a erodibilidade e a geologia da área utilizando imagens de sensoriamento remoto, avaliou-se propriedades de drenagem (densidade, permeabilidade), da estrutura das rochas (grau de fraturamento, tropia), da morfodinâmica (grau de infiltração, escoamento e movimento de massa) que, acrescidos dos dados de relevo, grau de coesão das rochas e vegetação compõem a tabela de classes de erodibilidade (Figura 2).

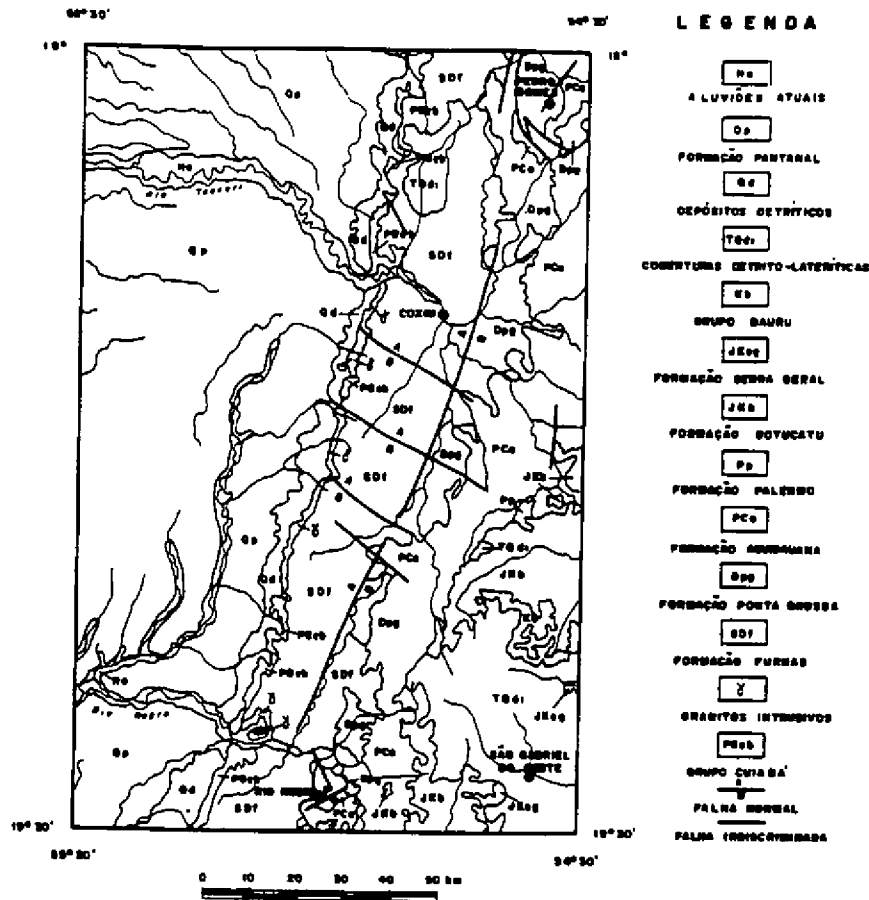


Figura 1- Mapa Geológico da área de trabalho (RADAMBRASIL, 1982).

DRENAGEM	RELEVO	GRAU DE COESÃO DO LITOTIPO	ESTRUTURA	MORFO-DINÂMICA	VEGETAÇÃO	CLASSES DE ERODIBILIDADE
DENSIDADE muito alta alta alta a moderada moderada moderada a baixa baixa muito baixa	TIPO escarpa colina tabuleiro rampa planície planície inundada	coesivo moderadamente coesivo não coesivo	GRAU DE FRATURAMENTO alto moderado fraco  TROPIA multidirecional bidirecional unidirecional	GRAU DE INFILTRAÇÃO muito fraco fraco a moderado moderado moderado a alto alto muito alto  ESCOAMENTO muito rápido rápido a médio médio médio a lento lento muito lento  MOVIMENTO DE MASSA queda de blocos deslizamentos	NATURAL ausente presente  ATIVIDADE ANTRÓPICA ausente presente	7- muito forte 6- forte 5- forte a moderada 4- moderada 3- moderada a fraca 2- fraca 1- muito fraca A- acumulação
PERMEABILIDADE muito baixa baixa baixa a moderada moderada moderada a alta alta muito alta	DECLIVIDADE > 40% 20 a 40% 10 a 20% 5 a 10% 2 a 5% < 2%					

Figura 2- Tabela de Classes de Erodibilidade.

A *permeabilidade* é uma função inversa da *densidade de drenagem* e é possível determiná-la, de forma indireta, e criar classes que qualifiquem os litotipos. Tais propriedades apresentam relações com a porosidade que, por sua vez, fornece indícios sobre o grau de cristalinidade, a granulometria e até sobre a existência de fissura nos corpos rochosos.

As formas atuais de relevo estão intrinsecamente ligadas com a natureza físico-química dos litotipos, sua estrutura e atuação dos fatores morfogenéticos. Neste trabalho, os *tipos de relevo* foram divididos em dois grandes grupos: o das formas erodíveis (escarpas, colinas e tabuleiros) e o das formas cumulativas (rampa, planície e planície inundada).

A *declividade*, (baseada em FLORENZANO, 1995) está diretamente relacionada à erodibilidade, pois quanto maior o seu valor maior a energia potencial de erosão.

O *grau de coesão* dos litotipos está ligado com a cristalinidade e/ou cimentação. Outros fatores que influenciam a coesão são o fraturamento e a anisotropia.

A morfodinâmica está diretamente relacionada com o *grau de infiltração* o *escoamento* das águas meteóricas e os *movimentos de massa* (queda de blocos e deslizamento).

A existência de *vegetação natural* se constitui num fator de contenção dos processos erosivos. Por outro lado *desmatamentos* indiscriminados e o uso do solo de forma inadequada provocam e/ou acentuam os processos erosivos.

Após a análise de todas as propriedades descritas é possível definir as classes de erodibilidade.

#### 4- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A metodologia empregada, que enfatizou os aspectos geológicos-estruturais, mostrou-se viável. Isto pode ser comprovado pela concordância entre os resultados obtidos neste estudo (guardadas as diferenças de escala) e aqueles conseguidos por DEL' ARCO (1992) em trabalho com objetivo semelhante porém com metodologia diferente.

Finalmente, se forem considerados fatores como solo e clima os resultados obtidos serão mais completos na definição de classes de erodibilidade.

#### 5-REFERÊNCIAS

- DEL' ARCO, D. M. (coord.) - 1992 - "Susceptibilidade à erosão da macrorregião da Bacia do Paraná". Campo Grande. Convênio IBGE - MS. 277 pp.
- FLORENZANO, T. G. - 1995 - "Carta Geomorfológica de parte da Bacia do Rio Taquari, baseada em imagens TM- LANDSAT" ( nestes anais ).
- RADAMBRASIL - 1982 - " Projeto RADAMBRASIL Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20." Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 27). 448 p.



**Avaliação da potencialidade das imagens TM-landsat e HRV-SPOT no mapeamento geomorfológico da região do Rio Taquari**

**Teresa Gallotti Florenzano**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR

Avenida dos Astronautas. 1758

12.227-010 - São José dos Campos-SP

O objetivo deste trabalho é avaliar a contribuição das imagens TM-LANDSAT e HRV-SPOT, e de técnicas de sensoriamento remoto, na elaboração de cartas geomorfológicas de uma região do Rio Taquari.

A área de estudo localiza-se entre as coordenadas S 18 00 00, W 54 30 00 e S 19 30 00, W 55 30 00. Ela é coberta pelas cartas topográficas na escala de 1:100.000, Folhas Fazenda Rancho Novo, Pedro Gomes, Morrinho da Pimenteira, Rio Verde do Mato Grosso, São Francisco de Assis e Rio Negro.

Foram analisadas imagens digitais e analógicas do HRV-SPOT e do TM-LANDSAT, de diferentes períodos de aquisição. Aos dados digitais foram aplicadas as seguintes técnicas de realce de imagens: ampliação linear de contraste, filtragem espacial, transformação por componentes principais e foram obtidas composições coloridas multiespectrais.

A legenda das cartas geomorfológicas da área de estudo é composta por associações de letras e dígitos, de forma que as letras representam a morfografia (a descrição das formas de relevo) e a morfogênese atual, enquanto, os dígitos representam a morfometria, sendo que o primeiro dígito representa os níveis de dissecação do relevo pela drenagem, o segundo dígito as classes de amplitude altimétrica do relevo e o terceiro dígito refere-se às classes de declividade.

Desta forma, a análise e interpretação das imagens TM, HRV e das cartas topográficas, além das informações de campo, possibilitaram identificar nove unidades de relevo, agrupadas em três categorias de acordo com a morfogênese: formas estruturais/denudacionais, formas denudacionais e formas de acumulação. Na primeira categoria foram incluídas as escarpas (E). Na segunda categoria foram incluídos os pedimentos (Pd), as formas tabulares (T), as colinas (C) e os relevos residuais (R). A terceira categoria de formas engloba as planícies fluviais (Pf) e a planície do pantanal (Pn), esta subdividida, segundo o grau de umidade em pouco úmido (Pnpu), úmido (Pnu) e muito úmido (Pnmu).



Após esta classificação, as formas de relevo de origem estrutural/denudacional e de origem denudacional foram caracterizadas de acordo com os níveis de dissecação e classes de amplitude de relevo e declividade, representados na legenda das cartas geomorfológicas pelo primeiro, segundo e terceiro dígitos, respectivamente.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho conclui-se que, as imagens TM-LANDSAT e HRV-SPOT permitem elaborar cartas geomorfológicas da área de estudo, na escala de 1:100.000. Entretanto, o apoio das cartas topográficas, nesta escala, é fundamental para a definição mais precisa dos limites das unidades de relevo, bem como na caracterização morfométrica destas unidades.

Os limites das planícies fluviais e do pantanal nem sempre aparecem de forma nítida nas imagens do TM e HRV analisadas, principalmente no que se refere as classes da planície do pantanal, úmido, pouco úmido e muito úmido, cujos contornos destas unidades, representadas nas cartas geomorfológicas da área de estudo, são aproximados. Neste sentido, por se tratar de áreas instáveis, de intensa morfodinâmica, sugere-se um estudo multitemporal com o maior número possível de imagens de diferentes datas.

Individualmente, as bandas do TM que deram maior contribuição para a discriminação de unidades e feições geomorfológicas foram as bandas 5, 4, e 7, nesta ordem.

Com relação às técnicas de realce aplicadas nas imagens digitais, o melhor desempenho foi apresentado pela ampliação linear de contraste.

As melhores composições coloridas multiespectrais para o mapeamento de unidades geomorfológicas e sua caracterização, principalmente quanto ao tipo de formas e níveis de dissecação, foram a 457 e a 453, na sequência RGB (vermelho, verde e azul, respectivamente).

Com relação à data de aquisição, entre as imagens TM analisadas, as mais informativas referem-se a março e julho.

As imagens do HRV-SPOT, embora indicassem de modo geral uma melhor definição das unidades geomorfológicas, destacando melhor seus contatos, e feições que indicam áreas submetidas a processos de degradação ambiental, não acrescentaram uma contribuição mais efetiva para a elaboração das cartas geomorfológicas da área de estudo.

# SENSORIAMENTO REMOTO NA ORDENAÇÃO RACIONAL DA FISIOGRAFIA - SOLOS - VEGETAÇÃO DE PARTE DO PANTANAL DA BODOQUENA - MS

JAIRO ROBERTO JIMÉNEZ RUEDA<sup>1</sup>  
JOSÉ ERNESTO SACCHI PESSOTTI<sup>2</sup>  
JUÉRCIO TAVARES DE MATTOS<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

O pantanal da fazenda Bodoquena pertence ao denominado Pantanal do Nabileque, Admoli (1982) caracterizado fundamentalmente pelas cheias do rio Paraguai. A contribuição, dos rios Miranda e Aquidauana no aporte de sedimentos é marcada na área em estudo.

Os calcários da serra do Bodoquena influenciam a qualidade das águas que drenam para a depressão, possibilitando a ocorrência de solos carbonáticos e/ou salinos.

A variabilidade de solos é elevada, resultante de um modelado derivado de um sistema hidrográfico de alta instabilidade.

A necessidade de se manejar os recursos do pantanal sem causar pressões sobre equilíbrio ecológico existente, obriga a estudá-lo, além de fornecer subsídios cientificamente embasados para a sua utilização correta.

O levantamento dos solos do Pantanal foi executado a nível de Reconhecimento semidetalhado. Foram identificados sete classes distintas de solos, que permitiram compor, em função de suas características marcantes ou associadas a paisagem e cobertura vegetal, 19 unidades de mapeamento.

O presente trabalho foi realizado na área do pantanal da Fazenda Bodoquena correspondente a 160.000 ha, envolvendo o baixo curso do rio Miranda e Paraguai, porção de suas margens direitas, em terras localizadas nos municípios de Miranda e Corumbá.

O objetivo da pesquisa foi avaliar as potencialidades do uso de produtos de sensoriamento remoto (imagens TM-Landsat e fotografias aéreas pancromáticas e mosaicos semi controlados) aliados à análises pedoquímicas, visando a caracterização dos diferentes tipos de solos e suas correlações com as formas fisiográficas e tipos vegetacionais.

A metodologia empregada baseou-se inicialmente na interpretação analógica dos produtos fotográficos, onde foram compartimentadas as diversas unidades fisiográficas, definindo os principais atributos de imagem. Para cada unidade fisiográfica foram abertos perfis para a identificação e coleta de amostras de solo que posteriormente foram caracterizadas física e quimicamente. O tipo vegetacional dominante também foi caracterizado em cada unidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pantanal da fazenda Bodoquena apresenta as seguintes unidades fisiográficas:

- Diques marginais
- Várzeas
- Vegas altas e baixas

<sup>1</sup> Docente do Departamento de Geologia Aplicada - IGCE - UNESP - Câmpus de Rio Claro

<sup>2</sup> Aluno do Curso de Pós-Graduação em Geociências - IGCE - UNESP - Câmpus de Rio Claro

- Vazantes (canais antigos)
- Capões - diques antigos
- Morros testemunhos.

Relacionando as paisagens com os riscos de inundação, pode se estabelecer a seguinte ordem crescente dos riscos de cheia:

várzeas > vazantes > vegas baixas > vegas altas > diques marginais > capões.

O início das cheias do pantanal está relacionado com o transbordamento do sistema Miranda/Aquidauana. As águas tomando as várzeas, caminham pelas vazantes. O reflexo é proporcional ao nível de transbordamento do rio. Quanto mais alto maior será a distância influenciada e as paisagens envolvidas. Nesta situação, a área crítica é a Baía Bonita e na sequência as vazantes do Mutum e várzea do Jaquarete.

A menor influência das cheias do Miranda se faz sentir nos limites sudoeste envolvendo, estação do Carandazal e as pastagens que cobrem esta região, em direção a retiro Margarida.

As vegas altas existentes no retiro margarida também são as últimas a serem influenciadas.

Nos solos predominam as texturas argilosas e argilo-siltosas. As texturas arenosas estão confinadas as áreas de vazantes e algumas situações de várzeas.

O pantanal da Bodoquena (contato pantanal x parte elevada) sofre influência das águas calcárias advindas da parte alta da fazenda. Nesta situação há um enriquecimento contínuo dos solos em carbonato. Há neste contato a dominância de solos com volume (horizonte) cálcico e o volume (horizonte) A são sempre do tipo chernozêmico.

Sob o ponto de vista vegetacional várias comunidades vegetais ocorrem associados às unidades fisiográficas predominantes e são agrupados em ordem de ocorrência:

- Campina
- Canjiqueirais
- Paratudais
- Carandazais
- Matas ciliares

Os carandazais estão sempre associados a solos com volume (horizonte) cálcico bastante superficial. As canjiqueiras se associam a materiais arenosos. Nos paratudias homogêneos, onde o caráter planossólico é preferencial nas vegas altas. A presença de volumes (horizonte) com acúmulo de carbonato, nesta situação, geralmente excedem os 100 cm de profundidade. As campinas de várzeas estão associadas às áreas mais baixas sob um regime hidromórfico mais intenso. Já as matas ciliares ocorrem junto aos diques marginais e nos capões.

A presença de volume (horizonte) com desenvolvimento de estrutura abaixo do volume (horizonte) A em perfis de Vertissolos, foram designados de Bv (B vértico). É um volume (horizonte) em formação cujas características pedogênicas fogem as do horizonte C.

Volumes (horizontes) A do tipo chernozêmico (mólico) podem apresentar-se com conteúdos de fósforo superior a 250 ppm. Nesta situação foram designados de Chernozêmico fosfático. Não há ação antrópica para colocá-los como A antrópico.

Finalmente a abordagem e as técnicas empregadas neste trabalho permitiram estabelecer uma relação de equivalência entre a fisiografia, os dados e a vegetação do pantanal da Bodoquena. Os resultados altamente promissores permitem de antemão recomendar o uso desta sistemática para avaliação da dinâmica do Pantanal.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21. Corumbá. Vol. 28. Rio de Janeiro. 1982.
- CAMARGO, M.N.; KLANT, E. e KAUFFMAN, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. Bol. Inform. Soc. Brasil. Ci. Solo. Campinas. 12(1):11-33. 1987.
- CLAPPERTON, C. Quaternary geology and geomorphology of south America. Elsevier. London. 779p. 1993.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Conservação e Levantamento de Solos. Definição e notação de horizontes e camadas solo. Rio de Janeiro. 1986.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS. Sumula SNLCS. 83p. Rio de Janeiro. 1979.
- SOIL SURVEY STAFF. Soil taxonomy. Agric. Handbook nº 463. Washington, D.C. 1975.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Direção da Fazenda Bodoqueira pelo apoio e facilidades na realização da pesquisa.



# MODELAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES BOLIVIANA E PARAGUAIA À CHEIA DO PANTANAL COM AUXÍLIO DO SENSORIAMENTO REMOTO

Rui Carlos Vieira da Silva<sup>1</sup>

Leonardo Barbosa Gomes<sup>2</sup>

## Introdução

A grande dificuldade do levantamento de dados da cheia do Pantanal em território boliviano e paraguaio faz com que este problema venha sendo pouco abordado nos estudos existentes no Brasil sobre a fluviologia do Alto Paraguai. A constatação que a rede de drenagem boliviana é inexpressiva em relação à existente no território brasileiro contribuiu também para que o seu papel tenha sido desconsiderado na maioria destes estudos. A observação de enchentes em território boliviano tem sido corretamente atribuída quase que exclusivamente ao transbordamento do rio Paraguai através de sua margem direita.

Todavia, em modelos de propagação de cheia através da planície do Pantanal, a quantificação dos trechos boliviano e paraguaio pode se tornar fundamental na simulação localizada dos efeitos da enchente. Em modelação matemática, aliás, o termo “contribuição” deve ser entendido em seu significado algébrico, sendo, por exemplo, uma vazão por unidade de comprimento de margem, negativa durante o transbordamento, e positiva durante o refluxo (ou seja, da Bolívia para o Brasil). No trecho onde o rio Paraguai delimita a região fronteiriça, está sendo utilizado na COPPE/UFRJ um modelo de planície de inundação baseado em células. A equação básica deste tipo de modelo é o balanço do volume de água entrando ou saindo de uma célula, que pode ser de armazenamento ou de escoamento. Ao longo do rio, por exemplo, células de escoamento comunicam-se com células de armazenamento na planície através da equação:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \sum Q_{,k}$$

onde  $V$  é o volume armazenado na célula,  $k$  o número de células adjacentes a uma célula considerada e  $Q_{,k}$  a vazão de troca entre as células. No caso de uma célula estar situada na calha do rio, a vazão  $Q$  pode representar troca com as margens e o seu conhecimento é fundamental no trecho fronteiriço do rio Paraguai.

Nas pesquisas sobre modelação matemática da cheia do Pantanal desenvolvidas na COPPE/UFRJ, o Sensoriamento Remoto tem sido utilizado como ferramenta poderosa na esquematização da planície, e, particularmente na tentativa de estimar a contribuição dos territórios boliviano e paraguaio.

## Análise das Imagens

Não foi possível até o presente a obtenção de todas as imagens que possibilitem a cobertura completa do Pantanal boliviano. Trabalhou-se com imagens TM da base 227, pontos 72, 73d e 74 e

<sup>1</sup>Professor Titular da COPPE/UFRJ

<sup>2</sup>Aluno de Mestrado da COPPE/UFRJ

MSS da base 243, pontos 73 e 74, dos anos de 1979 e 1988, correspondentes a enchentes expressivas no Pantanal, após exaustivas pesquisas no INPE, em Cachoeira Paulista. A figura 1 mostra um plano-seqüência com *overlay* das imagens das cheias mencionadas sobre uma planta dos territórios boliviano e paraguaio.

As áreas inundadas apresentadas na figura 1 atingiram 487 km<sup>2</sup> na cheia de 1979 e 3807 km<sup>2</sup> na cheia de 1988. Embora representem apenas as cenas obtidas e possam parecer desprezíveis em relação às dimensões da planície brasileira, são suficientes para influenciar fortemente os hidrogramas localizadas ao longo do rio Paraguai e devem, portanto, ser consideradas em qualquer modelo de propagação de enchentes. Como exemplo de efeito localizado, pode ser destacada a planície de inundação que se forma a partir da lagoa de Cáceres. As dimensões desta lagoa indicam que ela pode exercer um grande efeito de regularização da cheia em território boliviano, capaz de influenciar os níveis registrados na régua fluviométrica de Ladário.

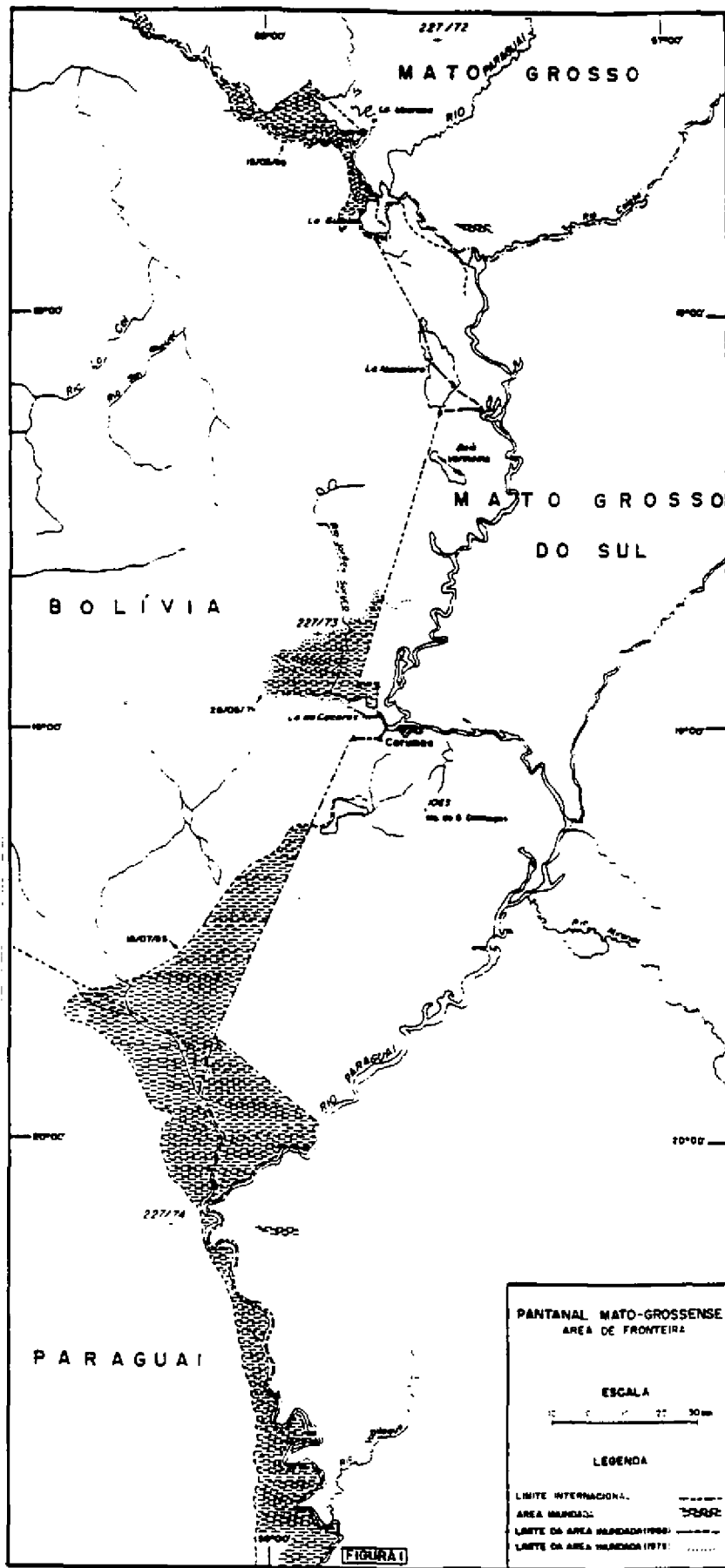
### **Conclusões**

A estimativa correta da contribuições boliviana e paraguaia à cheia do pantanal em um modelo de propagação só poderá ser obtida com auxílio do Sensoriamento Remoto, pela projeção das imagens em plantas em escala compatível com o objetivo local ou regional da modelação e pela obtenção de dados fluviométricos *in-situ*. Contatos com o Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia boliviano estão sendo mantidos, no sentido de se obter dados fluviométricos da rede boliviana.

As pesquisas realizadas até agora com Sensoriamento Remoto permitiram obter o único dado possível no presente estágio, ou seja, a estimativa da área inundada e identificação de fenômenos localizados que podem exercer influência em um modelo matemático de propagação da cheia do Pantanal Matogrossense.

### **Bibliografia**

- DNOS - Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Relatório técnico. 1974
- Mascarenhas, Flávio e Vieira da Silva, Rui - Compartimentalização na modelação matemática da inundação do Pantanal Matogrossense. XI Simpósio de Recursos Hídricos. aceito para publicação. Recife. Novembro de 1995







# PASSIVE MICROWAVE REMOTE SENSING OF FLOODING IN THE PANTANAL

Suzanne J. Sippel<sup>1\*</sup>, Stephen K. Hamilton<sup>1\*</sup>, João dos Santos Vila da Silva<sup>3</sup> and John M. Melack<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Marine Science Institute and <sup>2</sup>Department of Biological Sciences, University of California, Santa Barbara, CA 93106-9610 USA; <sup>3</sup>Center for Agricultural Research in the Pantanal (CPAP-EMBRAPA), CEP 79320-900, Corumbá MS Brazil; \*Present address: W.K. Kellogg Biological Station, Michigan State University, 3700 E. Gull Lake Drive, Hickory Corners, MI 49060 USA

The Pantanal is characterized by seasonal inundation of vast floodplains. Knowledge of the areal extent and seasonality of the flooding is required to understand the hydrology, biogeochemistry and ecology of the region. This information is also necessary for management decisions, and to identify the potential impacts of proposed development projects such as the Paraná-Paraguay Waterway (Hidrovia).

In contrast to optical systems, passive microwave remote sensing from satellites can detect inundation when clouds and vegetation are present. The polarized brightness temperatures observed by satellite at 37 GHz provide a sensitive indicator of the presence of surface water (Choudhury 1991). Passive microwave satellite observations are available from 1979 to the present, at intervals of weekly or better. These observations have been made by the Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) operated on board the Nimbus-7 satellite (1979-1987), and by the Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) instruments as part of the Defense Meteorological Satellite Program (1987-present).

Passive microwave sensors measure the very faint natural emission of microwave energy from the Earth's surface and atmosphere. Their coarse spatial resolution compared to optical remote sensing systems results because the sensors must integrate the emission over a large area to yield a measurable signal (Lillesand and Kiefer 1994). The spatial resolution of the sensor is approximately 27 km at 37 GHz, and therefore a given measurement over floodplains is likely to contain a mixture of flooded land, dry land, lakes and rivers. However, by using linear mixing models which incorporate the major end-members of the observed microwave signatures, we are able to calculate the fraction of flooded land in each pixel over time. Our methods are detailed by Sippel *et al.* (1994) and Hamilton *et al.* (in review).

In this study, we analyze a monthly time-series of SMMR data (Choudhury 1991). We divided the Pantanal into 10 subregions with distinctive hydrology and geomorphology, based on field experience, consultation of Landsat TM images, radar maps (Brasil 1982), and the subregions described by Adámoli (1982). We selected only 3 subregions to present here. A complete analysis of the Pantanal SMMR data set is presented in Hamilton *et al.* (in review). Time series for the 9-year SMMR observation period illustrate differences among subregions in the seasonal and interannual variability of inundation area (Figure 1). The Cuiabá subregion in the northern Pantanal

(total area, 14400 km<sup>2</sup>) flooded to >80% during 6 of the 9 years in the study. The Nhecolândia subregion (8600 km<sup>2</sup>), which contains thousands of hydrologically distinct small lakes ("baías"), had less area flooded annually but did not dry as much at low water since many of the small lakes retain water throughout the year. The extent of flooding in the southernmost subregion, Nabileque (13660 km<sup>2</sup>), was quite variable from year to year.

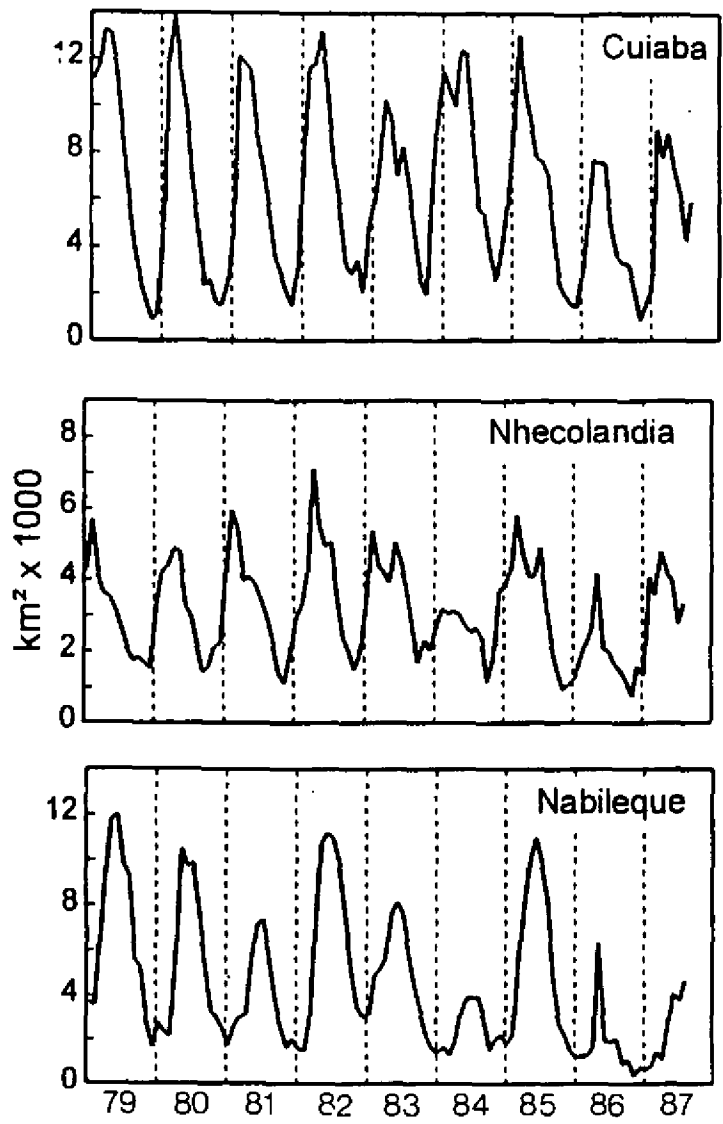
Differences in the timing of the inundation peaks among subregions are readily visible by comparing the monthly means from the SMMR time series (Figure 2). Peak rainfall tends to occur from November-March in most of the Pantanal. The monthly means in Figure 2 show that floodplain inundation tends to peak from 2-6 months after the peak rainfall. There is a general progression of the flood wave from the northern and eastern parts of the Pantanal towards the Paraguay River with the most delayed flooding in the Nabileque subregion, where maximum inundation corresponds with the beginning of the local dry season.

### Acknowledgments

This research was supported by the U.S. National Aeronautics and Space Administration (grant NAG W-2724). We are indebted to the *Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal* (CPAP-EMBRAPA) for logistical support. Our understanding of the hydrology of the region was enhanced by conversations with many people at EMBRAPA/CPAP and with the Pantaneiros who live in the region.

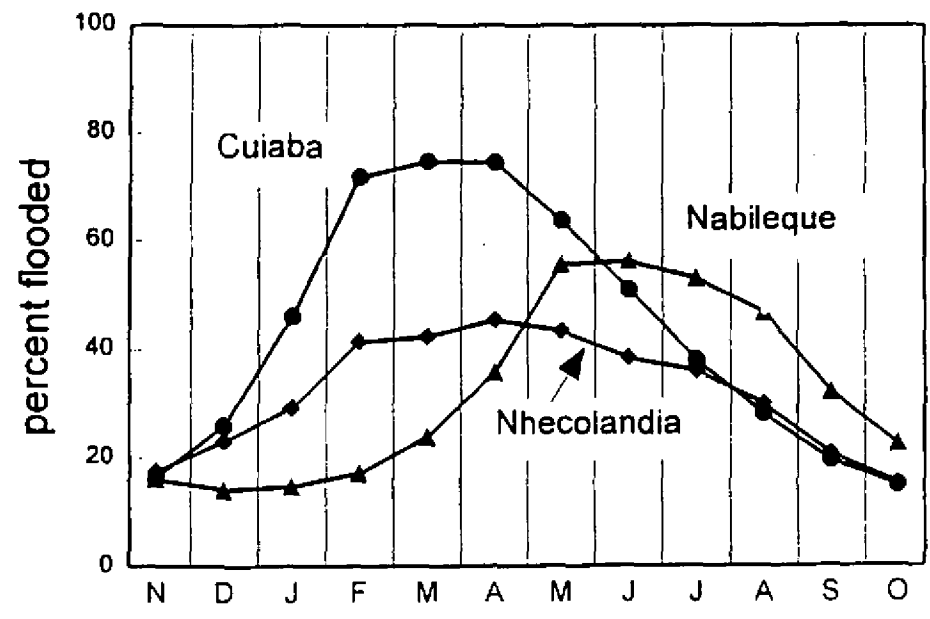
### References

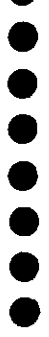
- Adámoli, J., O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados: Discussão sobre o conceito de "Complexo do Pantanal". *Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica*, Federal University of Piauí, Teresina, Brazil, pp. 109-119. 1982.
- Brazil. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Volume 27, Folha SE.21 Corumbá e Parte da Folha SE.20. Ministério das Minas e Energia, Brasília. 1982.
- Choudhury, B.J., Passive microwave remote sensing contribution to hydrological variables. *Surveys in Geophysics* 12, 63-84. 1991.
- Hamilton, S.K., Sippel, S.J., Melack, J.M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *In review*.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley, New York, 1994.
- Sippel, S.J., Hamilton, S.K., and Melack, J.M., Determination of inundation area in the Amazon River floodplain using the SMMR 37 GHz polarization difference. *Remote Sensing of Environment*, 48, 70-76. 1994.



**Figure 1.** Monthly estimates of inundation area for three subregions of the Pantanal, derived from the 1979-87 SMMR observations.

**Figure 2.** Annual cycle of inundation area for three subregions of the Pantanal, derived from the 9-year time series in Fig. 1.





"CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DE LAGOAS SALINAS E DOCES EM UMA ÁREA DA FAZENDA FIRME, PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, MS".

SAKAMOTO, A. Y. (UFMS); QUEIROZ NETO, J. P. (USP); SALOMAO, F. X. T. (UFMT) & OLIVEIRA, A. M. S. (IPT-SP).

**INTRODUÇÃO.** O presente estudo, integrando o projeto de pesquisa sobre os "Processos Dinâmicos no Pantanal da Nhecolândia", tem como objetivo caracterizar um compartimento geomorfológico contendo lagoas salinas, lagoas doces, banhados e vazantes, associadas a cordões de vegetação denominados "cordilheiras". O Pantanal da Nhecolândia apresenta características morfológicas e hidrológicas bastante peculiares: "baías" ou lagoas, "vazantes", "corixos", "cordilheiras" e banhados de formas variadas (ALMEIDA, 1959; RADAMBRASIL, 1982; BRAUN, 1977; DNOS, 1974). As "baías" ou lagoas são porções deprimidas, com água às vezes salobras, com variadas formas interligadas por "vazantes" nas cheias; estas são longas depressões suaves, e que configuram um sistema de drenagem anastomosado e não hierarquizado; "cordilheiras" são pequenas elevações, em geral alongadas separando vazantes e baías, apresentando altitudes, em média, 2 metros acima do seu entorno; "corixos" são pequenos cursos d'água conectando "baías" contíguas (FRANCO & PINHEIRO, 1982. In: RADAMBRASIL). A peculiaridade dessa paisagem, além do caráter intermitente das cheias e secas nas "vazantes" e "baías", reside no contraste entre a qualidade das águas das lagoas permanentes e intermitentes como, também, da presença de solos salinos nas áreas mais inundadas, explicadas pelos pedólogos pela dificuldade de lixiviação dos sais presentes nos sedimentos, em função da baixa percolação de água condicionada à permanência quase constante do lençol freático próximo da superfície (CUNHA, 1981, 1985; ORIOLI et alii, 1982. In: RADAMBRASIL). Resultados obtidos anteriormente na Fazenda Berenice (SAKAMOTO, 1993), permitiram-nos caracterizar a relação topográfica entre uma lagoa salina e o seu entorno: ela ocupa uma posição mais baixa, inclusive que as baías de água doce. Paralelamente, foi verificada uma eventual relação entre o nível do lençol freático e o do espelho d'água das lagoas salinas. Observamos também que o pH das lagoas apresentou-se da ordem de 9.2 para a lagoa salina e 3.4 para a lagoa doce.

**MATERIAL E METODOS.** Para estudar essa relação das lagoas salinas e doces foi escolhido um local na área da Fazenda Firme, Pantanal da Nhecolândia, MS (Lat. 19°15'S e Long 57°W) a sul-sudoeste do Leque do Taquari, distante entre 20 a 25 km do rio Paraguai e foz do rio Taquari e próximo do rio Negro e seu tributário a vazante do Corixinho. Os procedimentos para a sua caracterização incluíram técnicas de reconhecimento detalhado da área através da interpretação de fotografias aéreas (escala 1:60.000), de medidas altimétricas de campo, e análise estrutural da cobertura pedológica com medidas de altura do lençol freático, através de um conjunto de cinco piezômetros instalados em uma topossequência, e medida do pH das lagoas.

**TPPA**

**SESSÃO DE PAINÉIS**

**RESULTADOS.** As fotografias aéreas indicam, através da variação de tons de cinza, os elementos da paisagem e sua organização espacial entremeadas entre as lagoas, as "cordilheiras", banhados, vazantes, campos e corixos. As "cordilheiras", cobertas com uma densa vegetação, de mata, obedece aparentemente a um direcionamento do Leque do Taquari. Na imagem de satélite, escala 1:100.000 da área do Leque, município de Corumbá, mostra a direção L-NE para O-SO. Na foto aérea da área distinguimos diversos espaços entremeados pelas lagoas, cordilheiras, banhados e vazantes. Os espaços alongados entre as "cordilheiras" ocorrem os movimentos das águas quando iniciam as cheias e quando começam as vazões (descargas) das águas. Estes espaços denominados vazantes apresentam-se em geral alongadas, com a presença de suaves depressões onde se formam as lagoas nos períodos das cheias. Através do nivelamento topográfico observamos que uma lagoa mais fechada e mais deprimida que o seu entorno, está em posição topográfica mais baixa, em torno de 0,5 a 1,0m da base da cordilheira ou, de 2 a 3m do topo da cordilheira, apresentando-se mais protegida pelos cordões de vegetação. Nas áreas associadas a lagoas salina e doce as camadas arenosas repousam sobre as camadas mais consistentes de cor esverdeada. Constatamos que a água desta e de outra lagoa semelhante tem pH elevado (alcalinas, bicarbonatadas, cloretadas ou sódicas). O pH das duas salinas é de aproximadamente 10, enquanto nas duas lagoas doces no seu entorno variou de 5 a 6. Estas lagoas salinas foram as últimas a secar na estiagem de 1994. No período das secas em geral, as lagoas, os banhados e vazantes secam completamente; os corixos formam canais seccionados, as vezes, apresentando-se em formas alongadas e extensas. Realizamos a análise estrutural do solo ao longo de topossequências transversais à unidade espacial, a descrição, análise e coleta de amostras para análises física e química de laboratório. A análise das topossequências levou-nos à definição de seis volumes pedológicos, constatando-se mais uma vez a característica arenosa do solo. O solo apresenta uma estrutura maciça e textura arenosa; a sua coloração varia do bruno, no topo, para o amarelo claro; na zona saturada e no nível do lençol, ocorre mosqueamento pouco distinto até cores esverdeadas. Na tradagem realizada próximo da lagoa salina, foi observada a presença de matéria orgânica em profundidade. Confirmamos que a cobertura pedológica é constituída basicamente de solos arenosos e hidromórficos. A instalação de piezômetros permitiu controlar a altura do nível do lençol freático: no período da seca, a água do lençol corre em direção à lagoa salina, que é uma depressão de nível topográfico mais baixo. Quando a lagoa salina está cheia d'água, o lençol freático parece correr em direção à área do banhado por período curto. Este aspecto justifica a presença de água na lagoa salina por mais tempo do que as lagoas comuns nos períodos de estiagem.

**CONCLUSOES.** Os dados obtidos através de fotografias aéreas revelam uma organização, de ambientes distintos, e apontam a importância das "cordilheiras", das lagoas, das vazantes, dos banhados, etc. como elementos da organização da paisagem e, para a compreensão em maior nível de detalhe deste



compartimento geomorfológico. Os resultados das atividades de campo deste compartimento revelaram que durante as cheias as lagoas salinas e doces ficam inundadas e são interligadas através de vazantes e ou pequenos canais rasos. As lagoas salinas são as últimas a secar por serem uma depressão mais baixa que o seu entorno e receberem águas do lençol freático nos períodos de estiagem. As "cordilheiras" ou cordões de vegetação separam ou seccionam as lagoas, os banhados e vazantes.

#### BIBLIOGRAFIA.

- ALMEIDA, F. F. M. de - 1959 - Traços Gerais da Geomorfologia do Centro-Oeste Brasileiro. In: ALMEIDA, F.F.M. de & LIMA, M.A. PLANALTO CENTRO-OCIDENTAL E PANTANAL MATO-GROSSENSE. XVIII Congre. Inter. de Geogr. Guia de Excursão no 1 CNG/UGI. p. 7-65. Rio de Janeiro.
- BRASIL - 1982 - Projeto RADAMBRASIL, Folha SE. 21 Corumbá e parte da Folha SE. 20. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Levantamento de Recursos Naturais 27, 452 p., 5 mapas.
- BRASIL (DNOS) - 1974 - Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Ministério do Interior, Dpto. Nacional de Obras de Saneamento. 4 vols. Rio de Janeiro.
- BRAUN, E. H. G. - 1977 - Cone Aluvial do Taquari, Unidade Geomorfológica Marcante na Planície Quaternária do Pantanal. REV. BRAS. DE GEOGRAFIA, ano 39, nº 4: 164-180. Rio de Janeiro.
- CUNHA, N. G. da - 1981 - Classificação e Fertilidade de Solos da Planície Sedimentar do Rio Taquari, Pantanal Matogrossense. Circular Técnica EMBRAPA/UEPAE (4): 5-56. Corumbá, MS.
- CUNHA, N. G. da - 1985 - Dinâmica de Nutrientes em Solos Arenosos no Pantanal Mato-Grossense. Circular Técnica EMBRAPA/CPAP (17): 4-70.
- SAKAMOTO, A. Y. - 1993 - Experimentos de Campo Pedo-Climáticos e Perspectivas de Pesquisas Científicas no Pantanal da Nhecolândia. In: Anais do 4º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente: 340-364. Cuiabá, MT.
- SAKAMOTO, A. Y.; QUEIROZ NETO, J. P. de; SALOMAO, F. X. T.; OLIVEIRA, A. M. S. - 1994 - Técnicas Piezométricas para Estudo do Lençol Freático na Fazenda São Miguel do Firme, Pantanal da Nhecolândia, MS. (inédito).



## BASE DE DADOS GEOREFERENCIADOS DO PANTANAL

João dos santos Vila da Silva - MSc. EMBRAPA-CPAP

José Erivaldo Pereira - MSc, EMBRAPA-CPAP

Os sistemas eletrônicos de bancos de dados começaram a surgir no mundo moderno no início dos anos 60 (Korth & Silberschatz, 1989). Desde então vem sofrendo mudanças profundas, devido ao grande avanço na indústria eletrônica. A necessidade de acesso rápido às informações é indispensável a qualquer instituição de pesquisa moderna. Nesse contexto, um banco de dados é, pelas suas características, uma ferramenta importante para otimização de processos numa estrutura de organização complexa com grandes volumes de informações. (Melo, 1979). Um banco de dados é um conjunto de procedimentos destinados a coleta, armazenamento, processamento e recuperação de informações para divulgar conhecimentos a uma determinada comunidade de usuários. Uma base de dados é qualquer conjunto organizado de informações armazenadas em um computador.

O Brasil, e em especial o Pantanal, carecem de dados cartográficos e temáticos. Sendo que informações desta natureza geram o conhecimento do espaço físico territorial e fornecem subsídios para planejamento e monitoramento. Portanto, se considerarmos que essas informações podem estar organizadas e georeferenciadas através do uso de Sistemas de Informações Geográficas, a sua utilização seria mais eficiente, além de que não se deteriorariam com o tempo.

O objetivo deste trabalho é recuperar e organizar uma base de dados georeferenciada do Pantanal, extensiva à Bacia do Alto Paraguai, provendo assim, a comunidade técnico-científica, produtores e sociedade, em geral, dessas informações.

A tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é uma importante ferramenta para armazenamento, análise e visualização de dados referenciados geograficamente. Desta maneira, a base de dados proposta está sendo organizada com o uso de dois SIGs. o SGI/INPE 340, baseado em MS-DOS, PC 486-DX2, e o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING), baseado em UNIX. Ambos administram dados em vetor e raster e possuem interface com banco de dados numéricos DBF e SQL respectivamente. Além de se comunicarem entre si.

A partir de 1992 a EMBRAPA-CPAP iniciou a recuperação e organização dos dados temáticos e cartográficos da área de estudo, na forma de papel. Parte desses dados foram gerados na EMBRAPA-CPAP e outros foram recuperados das instituições de pesquisas, através de cooperação técnica ou compra. Em seguida os dados foram catalogados, e inicializado o processo de armazenamento nos SIGs, através de digitalização via mesa.

A seguir, como resultados preliminares, são relacionados exemplos de dados que já se encontram armazenados na base de dados:

### **Base Cartográfica**

Mapa da Bacia do Alto Paraguai na escala de 1:1.000.000, contendo a delimitação do Pantanal, drenagem principal, divisão do Pantanal em sub-regiões e malha municipal da planície;

Quinze Mapas Municipais Estatísticos na escala de 1:250.000, referente aos municípios do Pantanal: Cáceres, Poconé, Nossa Senhora do Livramento, Santo Antonio do Leverger, Barão de Melgaço, Itiquira, Sonora, Coxim, Rio Verde, Aquidauana, Miranda, Bodoquena, Porto Murtinho,

Corumbá e Ladário, contendo contorno do município e limite do Pantanal e sub-regiões, bem como a drenagem principal;

Carta SE-21-X-C na escala de 1:250.000, contendo estradas, drenagem e sedes de fazendas;

Seis cartas na escala de 1:100.000, identificadas por SE-21-Z-B-I, SE-21-Z-B-II, SE-21-Z-B-IV, SE-21-Z-B-V, SE-21-Z-D-I e SE-21-Z-D-II, contendo estradas, drenagens e cidades;

Um mapa na escala de 1:100.000 de parte da sub-região do Nabileque e Miranda, contendo estradas, drenagem e sedes de fazendas.

#### **Desmatamento**

Quinze mapas de áreas desmatadas em 1990/91 na parte do Pantanal, na escala de 1:250.000.

#### **Geomorfologia**

Seis cartas na escala de 1:100.000, identificadas por SE-21-Z-B-I, SE-21-Z-B-II, SE-21-Z-B-IV, SE-21-Z-B-V, SE-21-Z-D-I e SE-21-Z-D-II.

#### **Classe de Erodibilidade**

Seis cartas na escala de 1:100.000, identificadas por SE-21-Z-B-I, SE-21-Z-B-II, SE-21-Z-B-IV, SE-21-Z-B-V, SE-21-Z-D-I e SE-21-Z-D-II.

#### **Cobertura Vegetal e Uso da Terra**

Seis cartas na escala de 1:100.000, identificadas por SE-21-Z-B-I, SE-21-Z-B-II, SE-21-Z-B-IV, SE-21-Z-B-V, SE-21-Z-D-I e SE-21-Z-D-II;

#### **Cobertura Vegetal**

Um mapa na escala de 1:100.000 de parte da sub-região do Nabileque;

Um mapa na escala de 1:50.000 do centro da sub-região da Nhicolândia.

#### **Inundação**

Cinco mapas na escala de 1:100.000 de parte da sub-região do Nabileque, referentes a cinco épocas diferentes:

Quatro cartas na escala de 1:100.000, identificadas por SE-21-Z-B-I, SE-21-Z-B-II, SE-21-Z-B-IV e SE-21-Z-D-I ;

Esta base de dados será introduzida no banco de dados sobre o Pantanal, em desenvolvimento pela EMBRAPA-CPAP.

A forma de armazenamento, gerenciamento e recuperação do dados tem sido satisfatória.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Korth, H.F.: Silberschatz, A. *Sistemas de banco de dados*. São Paulo. McGraw-Hill. 582p.

Melo, I.S. *Sistemas de informações*. São Paulo. Saraiva. 1979. 209p.

## INUNDAÇÕES NO PANTANAL DETECTADAS PELO AVHRR/NOAA

João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA-CPAP  
Myrian de Moura Abdon - INPE/DSR  
Sérgio Galdino - EMBRAPA-CPAP  
Aníbal Evaristo Fernandes - INPE/DSR

Áreas inundadas podem ser detectadas, mapeadas e quantificadas com imagens do satélite Landsat. Todavia, as imagens do AVHRR/NOAA, apesar da menor resolução espacial que as do Landsat, apresentam maior frequência de imageamento (diária) e maior extensão do imageamento no terreno (2800 km de largura). Por essas características o AVHRR/NOAA apresenta boas perspectivas para estudos de inundação em áreas extensas como o Pantanal. Assim sendo este estudo avalia a aplicabilidade dos dados deste satélite para o mapeamento e monitoramento de grandes planícies inundáveis.

A região avaliada foi a planície do Pantanal na parte brasileira, com 139.558 km<sup>2</sup> de área, inserida na Bacia do Alto Paraguai (BAP). Essa planície é a maior área alagável da Terra, sendo alagada lentamente todos os anos. O satélite NOAA recobre a BAP em uma única imagem, nas coordenadas 53° 00' a 60° 00'W e 14° 00'a 22° 30'S, permitindo uma visão geral da região em um dado momento. O recobrimento ao milionésimo é composto por 5 cartas parciais a saber SD-21 (Cuiabá), SD-22 (Goiás), SE-21 (Corumbá), SE-22 (Goiânia) e SF-21 (Rio Apa).

O estudo foi conduzido de duas maneiras: A primeira, utilizando índice de vegetação; a segunda, através da avaliação dos canais 1 (580 - 680 nanômetros), 2 (725 - 1100 nanômetros) e 3 (3550 a 3930 nanômetros). Estudos sobre aplicabilidades de dados AVHRR/NOAA para inundação, utilizando-se índice de vegetação e bandas individuais foram elaborados por Ali et al. (1989) e Giddings (1993).

Foram selecionados os meses de set/92, dez/92 e abr/93 objetivando representar os períodos de seca e cheia que ocorrem na área de estudo. Foi elaborado um mosaico para cada mês, das bandas 1, 2, 3 e índice de vegetação. Os mosaicos das bandas foram gerados para minimizar os problemas causados pela cobertura de nuvens na região. O índice de vegetação foi utilizado para avaliar a relação dos baixos índices com as áreas alagadas. A partir de uma série de imagens (diárias), elaborou-se um única imagem (mosaico) mensal, eliminando-se as nuvens.

Foi desenvolvido um software para inverter as imagens, visto que elas foram obtidas em órbitas ascendentes. Além disto, para minimizar os problemas de distorção nas imagens, o programa também seleciona a área de estudo utilizando somente a faixa central da órbita, com aproximadamente 600 km, obtendo-se assim a resolução de 1,1 km no terreno. Cada imagem foi corrigida geometricamente e georeferenciada nas bases ao milionésimo.

Para avaliar as condições de inundação no Pantanal, foram utilizados dados hidrométricos diários do rio Paraguai, disponíveis no Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (CPAP), além da experiência de campo dos pesquisadores envolvidos.

As imagens foram classificadas digitalmente usando o algoritmo Máxima Verossimilhança implementado no SITIM-340. Foram testadas classificações utilizando-se 3 bandas, entretanto, os resultados não foram satisfatórios. A melhor classificação ocorreu com o uso somente da banda 2.

Os testes realizados mostraram que os dados obtidos na banda 2 foram os que melhor diferenciaram áreas secas de áreas alagadas. Foi observado que nos mosaicos obtidos com índice de vegetação as áreas alagadas, muitas vezes ocupadas por vegetação temporária ou permanente, não aparecem nítidas nas imagens.

A classificação utilizando-se o mosaico da banda 2 de set/92, considerado período seco no Pantanal, delimitou muito bem as áreas permanentemente alagadas do Amolar (próximo ao rio Paraguai), o brejo do rio Negro e o brejo do rio Taboco. Nas sub-regiões do Nabileque e Murtinho, no sul do Pantanal, foi observado uma grande área alagada nas proximidades da Baía Negra e confluência do rio Nabileque com o rio Paraguai, dado que esta área é a última a inundar e a última a secar. Inclusive os níveis dos postos fluviométricos situados na região atestam valores elevados (acima da cota de alerta de cheia). Este período (setembro) é o mais crítico para se utilizar estas imagens, visto que áreas inundadas se confundem com queimadas.

A classificação utilizando-se o mosaico da banda 2 de dez/92, início do alagamento no Norte e Leste do Pantanal, realça este acontecimento. Pode ser verificado neste mosaico a inundação ocorrendo próximo ao rio Cuiabá (Leverger e Barão de Melgaço) e rio Paraguai (Cáceres), aumento da área inundada pelo rio Taquari quando este alcança a planície, além de vários pontos inundados espalhados pela planície, devido a chuvas localizadas.

A classificação utilizando-se o mosaico da banda 2 de abr/93, pico da inundação no Pantanal medido em Ladário, mostrou que a inundação ainda não havia ocorrido no Sul do Pantanal, nas sub-regiões de Nabileque e Porto Murtinho. A parte leste do cone aluvial do rio Taquari já se encontra seca, sendo que a área inundada concentra-se na metade oeste até o rio Paraguai.

Os resultados foram processados, registrados e importados para um Sistema de Informações Geográficas. Conclui-se, que é possível, dentro das limitações do sensor, utilizar dados AVHRR/NOAA, para monitoramento de grandes planícies alagáveis. Entretanto, é necessário que se faça mais avaliações, se possíveis quinzenais, dentro de um ciclo anual de inundação, apoiadas por uma maior quantidade de dados hidrológicos do Pantanal, tais como chuvas e cotas fluviométricas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, A.; Quadir, D.A.; Huh, O. K. Study of river flood hydrology in Bangladesh with AVHRR data. *Int. J. Remote Sensing*, 10(12):1873-1891, 1989.
- Giddings, L. Vision por satélite de las inundaciones extraordinarias en la cuenca del río de la Plata. *Interciencia*, 8(1):16-23, jan-feb 1993.

## DETECÇÃO DE QUEIMADAS NA BACIA DO ALTO PARAGUAI ATRAVÉS DE DADOS DO NOAA-AVHRR

Myrian de Moura Abdon - INPE

João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA-CPAP

Aníbal Evaristo Fernandes - INPE

A prática de queimadas no Brasil é amplamente utilizada para limpeza de áreas agrícolas e manejo de áreas de pastagens. Na região da Bacia do Alto Paraguai esta prática pode ser observada durante o período de seca que se estende de junho a novembro. Desta maneira, a determinação do número e extensão das queimadas, assim como a localização geográfica e distribuição temporal, são necessárias para vários estudos científicos, técnicos e administrativos.

O sensoriamento remoto orbital para detecção de queimadas no Brasil é uma técnica adequada, considerando a extensão territorial do País e a relativa falta de condições de controle e fiscalização do uso do fogo.

Através de imagens termais diárias dos satélites meteorológicos da série NOAA, tem sido possível, desde 1987, a detecção de queimadas em tempo quase real utilizando-se a banda 3 do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). O sensor AVHRR a bordo dos satélites NOAA tem a capacidade de detectar queimadas em vegetação. Esse sensor possui uma cobertura extensa (2700 km) e altamente repetitiva (até 6 horas). Através da banda 3 pode-se detectar queimadas menores que o tamanho do pixel, chegando a detectar queimadas de 30 por 30 metros. As coordenadas geográficas dos focos de queimadas são determinadas com precisão de um pixel, que no nadir corresponde aproximadamente a 1 km.

As queimadas detectadas nessas imagens são instantâneas, isto é, são determinadas no momento da passagem do satélite de modo que as queimadas ocorridas antes ou depois da passagem não serão detectadas. Outra limitação é a estimativa grosseira de áreas queimadas.

Foi desenvolvido no INPE um sistema de detecção de queimadas através das imagens AVHRR, banda 3. Tal sistema fornece as coordenadas geográficas dos focos de incêndio em arquivo ASCII e/ou plotados em mapas da região de interesse.

Utilizando metodologias já desenvolvidas anteriormente (Pereira, 1988; Pereira, 1992), este trabalho teve por objetivo detectar, monitorar e quantificar queimadas na região da Bacia do Alto Paraguai com algumas modificações nos algoritmos desenvolvidos por Fernandes et al (1992), adequando os produtos de saída ao estudo em questão.

A área de estudo compreende a Bacia do Alto Paraguai no Brasil, tem a dimensão de 358.514 km. e se localiza parte no Estado do Mato Grosso e parte no Estado do Mato Grosso do Sul.

Foram utilizados dados pontuais de queimadas gerados a partir de imagens do AVHRR, segundo Pereira (1992), nos períodos de seca ( de junho a novembro) de 1993 e 1994. A etapa de detecção de queimadas nas imagens AVHRR, baseia-se em técnica simples. Selecionam-se apenas os elementos de resolução unitária ("pixels") da banda termal número três (3.55 $\mu$ m-3.93 $\mu$ m) da imagem AVHRR que estejam em um determinado intervalo de intensidade, seguindo a metodologia

de Pereira (1988). A cada pixel selecionado é associado um foco de calor intenso, ou seja, uma queimada. O intervalo inclui alguns níveis de temperatura correspondentes a valores máximos da banda três e varia para cada satélite da série NOAA. Os satélites utilizados neste trabalho foram o NOAA-11 e NOAA-12 cujos intervalos de intensidade são 11 e 12 respectivamente.

Neste trabalho foi desenvolvido um programa que acessa dados coletados do satélite NOAA durante os períodos de queimada (junho a novembro) dos anos de 1993 e 1994, dentro do limite da Bacia do Alto Paraguai. Esses dados podem ser apresentados de acordo com os limites de planalto e planície(Pantanal), estados, municípios do Pantanal e sub-regiões, obtendo um relatório dos pontos de queimadas com suas latitudes, longitudes e intensidades. Os dados também podem ser apresentados em períodos mensais ou quinzenais. Este programa encontra-se operacional no INPE e na EMBRAPA-CPAP.

Os mapas gerados a partir da utilização deste programa podem ser impressos em impressora laser compatível com o padrão HP, em papel A4, ou através do Sistema de Informações Geográficas (SGI/INPE 340), na escala de 1:1.000.000.

A maior ocorrência de queimadas observada na região foi durante os meses de agosto e setembro. Em agosto de 1994 foram registrados no planalto do MT 1564 pontos de queimada, no planalto do MS foram registrados 359 pontos, na planície do MT 342 pontos e na planície do MS 402 pontos. Em setembro de 1994 foram registrados no planalto de MT 1311 pontos de queimada, no planalto do MS foram registrados 576 pontos, na planície do MT 602 pontos e na planície do MS 455 pontos.

Observou-se em imagens do satélite Landsat, na escala 1:500.000, que as regiões mais atingidas pelo fogo estão relacionadas a áreas no planalto anteriormente ocupadas por vegetação do tipo Savana e Floresta Estacional e que hoje são ocupadas por agropecuária. Na planície as áreas mais atingidas são ocupadas por vegetação do tipo Savana gramíneo-lenhosa e Savana arborizada.

Os autores sugerem que seja feito um detalhamento no levantamento dos tipos de vegetação que estão sendo queimadas. Estas observações bem como o dimensionamento da área atingida pelas queimadas podem ser realizados em imagens do satélite Landsat processadas em escalas de 1:100.000 e 1:50.000.

#### Referências bibliográficas

Fernandes, A.E.; Setzer, A.W. *Manual do sistema de detecção de queimadas*. 1992

Pereira, M.C. *Deteção, monitoramento e análise de alguns efeitos ambientais de queimadas na Amazônia através da utilização de imagens dos satélites NOAA e LANDSAT, e dados de aeronave*. São José dos Campos:INPE/CNPq,1988. 268p. (INPE-4503-TDL/326).

Pereira Jr., A.C. *Monitoramento de queimadas na região dos cerrados com utilização de dados multisensores-AVHRR/NOAA e TM/LANDSAT*. São José dos Campos:INPE, 1992. 220p. (INPE-5490-TDI/507).

Setzer, A.W.; Pereira, M.C.; Pereira, A.C. O uso de satélites NOAA na detecção de queimadas no Brasil. *Climanálise:Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, v.7, nº 8, 1992.



## **AVALIAÇÃO DA OCUPAÇÃO POR PLANTAS AQUÁTICAS EM LAGOAS DA SUB-REGIÃO DA NHECOLÂNDIA - PANTANAL ATRAVÉS DE DADOS LANDSAT E SPOT**

Myrian de Moura Abdon - INPE-DSR

Vali Joana Pott - EMBRAPA-CPAP

João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA-CPAP

A sub-região da Nhecolândia no Pantanal corresponde à fração do cone aluvial do rio Taquari situada à margem esquerda do mesmo. Compreende uma área onde baías e salinas fazem parte de um sistema lacustre no qual lagos de água doce periodicamente se conectam com os rios e as salinas se encontram fora do alcance das cheias e permanecem quase sempre isoladas. A terminologia regional utilizada para distinguir as lagoas em baías e salinas pode ser verificada em Mourão (1989) para características físicas, químicas e biológicas e em Pott et al. (1986a; 1986b) para composição botânica.

Este trabalho foi proposto com o objetivo de se avaliar, através de sensores no espectro ótico, áreas ocupadas por plantas aquáticas nas lagoas e canais de escoamento temporário de água.

A área selecionada para este estudo está delimitada pelas latitudes de 18°52'54''S e 19°07'07''S e pelas longitudes de 56°30'28''W e 56°48'48''W e faz parte da sub-região da Nhecolândia, caracterizada por apresentar lagoas de água doce, de água salobra, salinas, corixos e vazantes, ocupando áreas das fazendas Nhumirim, Chatelodo, Ipanema, Alegria, Porto Alegre e Campo Dora. Estes corpos de água são temporariamente ocupados por plantas aquáticas e algas, muitas vezes podendo ser visíveis em imagens de satélites orbitais.

Os materiais utilizados no desenvolvimento deste trabalho foram: Dados digitais de imagem Landsat-TM nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7, datada de 26 de agosto de 1993, referente à órbita.ponto 226.73CB; Dados analógicos de imagem Spot-HRV na composição 123-BGR, datada de 12 de junho de 1987, referente à órbita.ponto 693.388, na escala de 1:50.000; Dados digitais de imagem Spot-HRV nas bandas 1, 2 e 3 datada de 12 de junho de 1987, referente à órbita.ponto 693.388; Informações sobre distribuição espacial e composição florística das plantas aquáticas em 26 baías visitadas no campo, no mês de setembro de 1993; Fotografias aéreas de 5 baías que foram obtidas na área de estudo em sobrevôo realizado em agosto de 1993.

Os métodos utilizados para se alcançar os objetivos deste trabalho foram: 1- Foi realizado um sobrevôo na região para reconhecimento da área e obtenção de fotografias aéreas para facilitar a visualização da distribuição espacial de plantas aquáticas em algumas baías. 2- Em seguida foram realizados trabalhos de campo que tiveram por objetivo o levantamento florístico de plantas aquáticas encontradas dentro e no entorno das 26 baías e duas observações feitas em áreas de vazante e corixo. 3- Foi feito o registro da imagem TM com as cartas topográficas da região em ambiente SGI e procedeu-se a localização dos pontos visitados em campo. 4- Em seguida foram selecionadas as baías que por seu tamanho e pela diversidade de ocupação por plantas aquáticas possibilitaram a observação por satélite. 5- Na baía 4 (18° 59'50''S, 56° 39'01''W) foi feita uma ampliação no dados digitais do TM, das bandas 3, 4 e 5, para a escala de 1:4.000. Em seguida foram aplicadas tabelas de realce criadas em função dos histogramas obtidos para cada banda. Aplicou-se

um algoritmo de fatiamento somente na banda 5. 6- Na baía 6 (19° 02'09''S, 56° 39'30''W) o processamento dos dados digitais foi realizado com dados obtidos nas bandas 3, 4 e 5 do TM. Foi feita uma ampliação nos dados para a escala de 1:5.000. Em seguida foi aplicado o algoritmo de classificação supervisionada MAXVER. 7- Na baía 8 (19° 04'38''S, 56° 40'04''W) o processamento dos dados digitais foi realizado utilizando-se as bandas 3, 4, 5 e 7 e o atributo "Índice de Vegetação Normalizado" gerado a partir das bandas 3 e 4 do TM. Foi feita uma ampliação desta baía para a escala de 1:5.000. Em seguida foram aplicadas tabelas de realce criadas para cada banda individualmente. Foram então aplicados algoritmos de fatiamento, definindo-se os intervalos com base nos histogramas obtidos em cada uma das bandas. 8- Foram feitas algumas observações nas imagens de baías observadas no sobrevôo e nos trabalhos de campo que não permitiram nenhum tipo de processamento digital mas que auxiliaram na definição do processamento de dados digitais para outras baías. 9- Foram feitas observações sobre o tipo de lagoa (baías e salinas) na área estudada e comparadas com imagens obtidas com os sensores TM e HRV.

Os resultados alcançados são discutidos a seguir, separadamente por baía:

Baía 4 - Através da aplicação do algoritmo de fatiamento feito nos dados da banda 5 do Landsat conseguiu-se a diferenciação das seguintes classes: Água livre, Área com predominância de *Salvinia rotundifolia*, Área com predominância de *Scirpus cubensis*, Área com mistura de *Salvinia rotundifolia* e *Scirpus cubensis*, Áreas com *Pontederia lanceolata* misturada com informação de borda.

Baía 6 - Através da aplicação do algoritmo Maxver foi possível a discriminação das seguintes classes: Água livre, Área com *Salvinia rotundifolia* e *Hydrocleys nymphoides*, Área com *Salvinia rotundifolia*, *Hydrocleys nymphoides* e *Scirpus cubensis*, Área com *Scirpus cubensis*. Duas pequenas áreas, uma com predominância de *Salvinia rotundifolia* e outra com predominância de *Hydrocleys nymphoides* não foram possíveis de serem classificadas pois não forneceram informações suficientes na obtenção das amostras para a classificação proposta.

Baía 8 - Através da aplicação do algoritmo de fatiamento, foram diferenciadas as classes especificadas para as bandas TM descritas a seguir: Bandas 3, 4 e 7 - Água livre, Área homogênea de *Scirpus cubensis*, Área com predominância de *Scirpus cubensis*, Área onde ocorrem vários tipos de plantas aquáticas. Banda 5 - Água livre, Área com predominância de *Scirpus cubensis*, Área com vários tipos de plantas aquáticas. Atributo espectral índice de vegetação normalizado - Água livre e ocorrência de vários tipos de plantas aquáticas, Área homogênea de *Scirpus cubensis*.

Foi observado, tanto nos dados obtidos pelo TM como pelo HRV, que é possível a detecção de plantas aquáticas nas baías, como também é possível a detecção de algas nas salinas.

A intensidade da seca, ocorrida no período de desenvolvimento do projeto, dificultou o trabalho de identificação de lagoas com plantas como também não possibilitou o trabalho onde se tentaria estabelecer uma relação entre os tipos de lagoas com sua ocupação por plantas aquáticas.

A presença de plantas aquáticas foi facilmente observada nas bandas 4 e 5 do TM, no entanto, somente com a utilização destas bandas os resultados ficam limitados à detecção das áreas de *Scirpus cubensis*. Para uma melhor separabilidade entre as áreas ocupadas diferentemente por plantas aquáticas, há necessidade de se utilizar um conjunto maior de atributos espectrais.

O pequeno tamanho dos corpos de água estudados não permitiu um contorno definido para as áreas de plantas aquáticas diferenciadas. Em função da resolução espacial dos dados trabalhados, foi possível apenas a identificação de áreas com predominância de ocupação por alguns tipos de plantas, e mesmo assim quando estas formavam bancos densos na superfície das baias.

A dificuldade encontrada em diferenciar áreas ocupadas por diferentes espécies de plantas aquáticas, pela utilização de dados com a resolução espacial de 20 a 30 m sugere que estudos realizados com fotografias aéreas e radiômetros podem levar a resultados mais detalhados

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Mourão, G.M. Limnologia comparativa de três lagoas (duas "baias" e uma "salina") do Pantanal da Nhecolândia, MS. São Carlos, UFSCar, 1989. 135p. (Tese).

Pott, V.J.; Pott, A.; Ratter, J.A.; Valls, J.F.M. Flora da Fazenda Nhumirim, Nhecolândia, Pantanal. Relação preliminar. Corumbá, EMBRAPA/CPAP, 1986.26p. (Pesquisa em andamento, 5).

Pott, V.J.; Rego, S.C.A.; Pott, A. Plantas uliginosas e aquáticas do Pantanal arenoso. Corumbá, EMBRAPA/CPAP, 1986b. 12p. (Pesquisa em andamento, 6)



## EXTENSÃO DA ÁREA ALAGADA NO PERÍODO DE CHEIA EM PARTE DA SUB-REGIÃO DA NHECOLÂNDIA, NO PANTANAL, AVALIADA ATRAVÉS DE DADOS DO LANDSAT-TM

Myrian de Moura Abdon - INPE-DSR

João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA-CPAP

A região selecionada para este trabalho é delimitada pelas latitudes de 18° 52'54''S e 19° 07'07''S e pelas longitudes de 56° 30'28''W e 56° 48'48''W, a qual está localizada na sub-região da Nhecolândia. É caracterizada por apresentar baías e salinas, corixos e vazantes. As baías, nos períodos de seca, perdem seu volume de água, algumas chegando a secar quase que completamente. As salinas, ocupando regiões um pouco mais elevadas, raramente se conectam com cursos de água doce, e também tem seu volume de água alterado entre os períodos de seca e cheia, porém chegando a secar somente nos períodos de forte estiagem, como por exemplo, 1994. As vazantes e corixos são cursos de água intermitentes e por muitas vezes desaparecem nos períodos de seca.

Em função da dinâmica que o Pantanal possui, devido a alternâncias entre períodos de seca e cheia, torna-se de muita importância o conhecimento dos ambientes no que se refere à extensão destes alagamentos. Vila da Silva (1991), trabalhando com dados da banda 4 do satélite Landsat-TM, estudou a dinâmica de inundação de parte do sul do Pantanal, obtendo mapa de variação da lâmina d'água, na escala de 1:100.000, em cinco épocas distintas, separando somente área seca e área inundada.

Este trabalho foi desenvolvido para avaliar dados analógicos do satélite Landsat-TM na diferenciação de áreas secas, áreas úmidas, áreas alagadas e corpos de água permanentes, na escala de 1:50.000.

Os materiais utilizados neste trabalho foram dados analógicos de imagens Landsat-TM, órbita.ponto 226.73CB, na composição colorida 345-BGR, escala 1:50.000, datadas de 21/10/90 (período de seca) e de 17/05/91 (período de cheia).

A partir de elementos de imagens tais como forma, textura e cor foi realizada a interpretação visual na imagem do Landsat, datada de 21/10/90 referente ao período de seca, que resultou no mapeamento das duas classes: Área seca e Área alagada. Neste período somente as lagoas (baías e salinas) se apresentavam com água.

Em seguida foi feito o mapeamento das áreas alagadas no período de cheia utilizando a imagem Landsat de 17/05/91, onde foram diferenciadas seis classes: Área seca, área úmida, área alagada, baías ou salinas sem plantas aquáticas e sem algas, baías com plantas aquáticas e salinas com algas. *Área seca*: são as áreas onde não foi detectada a presença de água, predominando a vegetação Savana florestada e Savana arborizada; *Área úmida*: são as áreas onde o solo se encontra encharcado mas sem formar lâmina d'água predominando a vegetação Savana arborizada e Savana gramíneo-lenhosa; *Área alagada*: são as áreas onde o solo se encontra totalmente coberto pela lâmina d'água, considerando-se aqui os corpos de água temporários como rios e corixos predominando a vegetação Savana gramíneo-lenhosa; *Baías ou salinas sem plantas aquáticas*; *Baías com plantas aquáticas*; *Salinas com algas*. Estas últimas três classes são corpos d'água

permanentes ou temporários, dependendo do período de seca. Possuem na maioria dos casos forma arredondada, podendo apresentar também forma alongada.

O elemento de imagem cor foi utilizado para separar os diferentes tipos de lagoas, baías e salinas, com ou sem presença de plantas aquáticas ou algas. Na composição utilizada as salinas com algas apresentaram coloração azulada a esverdeada, as baías com plantas aquáticas apresentaram manchas de cores cinza, amarela ou marrom e as baías e salinas sem plantas aquáticas e algas apresentaram a cor preta.

Esses estudos resultaram em mapas na escala de 1:50.000 que foram em seguida digitalizados em sistema SGI, para quantificação e cartografia dos temas.

Concluiu-se portanto que a escala e as imagens utilizadas forneceram informações confiáveis para discriminação de áreas inundadas, bem como para discriminação dos diferentes tipos de lagoas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Vila da Silva, J.S. Aplicações de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas na avaliação da dinâmica de inundações no Pantanal. São José dos Campos: INPE, 1991. 161p. (INPE-5353-TDI/462).

# UTILIZAÇÃO DE DADOS ANALÓGICOS DO LANDSAT-5 E DO SPOT NA DISCRIMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO DE PARTE DA SUB-REGIÃO DA NHECOLÂNDIA NO PANTANAL

Myrian de Moura Abdon - INPE-DSR  
João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA-CPAP  
Vali Joana Pott - EMBRAPA-CPAP  
Marta Pereira da Silva - EMBRAPA-CPAP  
Arnildo Pott - EMBRAPA-CPAP

A vegetação é um importante indicador das condições ambientais de uma região, quer seja no que refere a proteção do solo, quanto na definição de habitats de animais silvestres. Para o Pantanal, o conhecimento detalhado e confiável dos tipos de vegetação forneceria subsídios para seu manejo. Alguns trabalhos foram desenvolvidos no Pantanal com essa finalidade, tais como Brasil (1982), Mato Grosso do Sul (1988), Silva (1985) e Ponzoni (1988). Dentre esses, o resultado mais detalhado se refere a mapeamento na escala 1:100.000.

Assim sendo, este trabalho tem por objetivo avaliar a potencialidade de dados analógicos dos satélites Landsat-TM e Spot-HRV, na escala de 1:50.000, na discriminação das fitofisionomias de parte da sub-região da Nhecolândia, no Pantanal. O trabalho foi desenvolvido utilizando métodos de interpretação visual com dados obtidos destes dois satélites, e faz parte de um projeto desenvolvido pelo INPE e EMBRAPA-CPAP, com o objetivo de avaliar dados de vários sensores para estudos no Pantanal.

A região selecionada para este trabalho está delimitada pelas latitudes de 18°52'54" S e 19°07'07" S e pelas longitudes de 56°30'28" W e 56°48'48" W a qual está localizada nas Folhas SE.21-Z-A-VI-4 e SE.21-Z-C-III-2. Esta área está localizada na sub região da Nhecolândia, caracterizada por apresentar lagoas (baías e salinas) cercadas por Savana florestada ou Savana arborizada, seguidas de extensas áreas de Savana gramíneo-lenhosa.

Os materiais utilizados no trabalho foram: Dados analógicos de imagem Landsat-TM na composição 345-BGR, datada de 21 de outubro de 1990, período de seca, referente à órbita.ponto 226.73CB, na escala de 1:50.000; Dados analógicos de imagem Spot-HRV na composição colorida 123-BGR, datada de 12 de junho de 1987, período de seca, referente à base.ponto 693.388, na escala de 1:50.000; Informações de campo; Pontos localizados na área com utilização de GPS de navegação (Global Positioning System).

O método utilizado para se alcançar este objetivo obedeceu a seguinte sequência: Foi feita a interpretação visual da imagem Landsat-TM na escala de 1:50.000 com base nos elementos de imagens tais como cor, forma textura e localização; Foi definida uma legenda preliminar e selecionados pontos para verificação em campo. Em seguida foram realizados dois trabalhos de campo, nos quais foram feitas observações sobre o tipo de vegetação presente na região e levantamentos em parcelas para verificação da composição florística e da caracterização estrutural dos temas relacionados às formações arbóreas. Esta caracterização foi feita a partir de medidas de Diâmetro a Altura do Peito (DAP), Altura total, Dimensão da copa (em dois sentidos ortogonais entre si), Posição sociológica (Inferior, Média e Superior), Qualidade do fuste (Bom, Médio e

Ruim) e Forma da copa. Estes dados foram coletados em parcelas de 5 X 20 m. Foram desenhados esquemas representativos dos perfis verticais dos dosséis arbóreos com o objetivo de ilustrar as diferenças estruturais entre eles. Foi realizado um sobrevoo na área de estudo onde foram fotografados e observados pontos com diferentes tipos de cobertura vegetal. Os resultados espacializados foram armazenados em um Sistema de Informações Geográficas (SGI) e comparados com informações obtidas na imagem Spot-HRV. Foi gerada uma carta de vegetação na escala de 1:50.000, juntamente com a drenagem e as bitolas (estradas), na qual encontram-se diferenciadas 7 classes fitofisionômicas. Para a classificação da vegetação foi adotado o sistema fisionômico-ecológico, segundo Veloso et al. (1991). Para melhor compreensão foram também colocados na legenda os nomes regionais da vegetação correspondente.

As classes fitofisionômicas predominantes na região de estudo foram: Savana florestada - (cerradão), Savana arborizada - (cerrado denso), Savana arborizada + Savana gramíneo-lenhosa - (cerrado aberto), Savana gramíneo-lenhosa + Savana arborizada - (campo com pequenas manchas de cerrado), Savana gramíneo-lenhosa - (campo), Savana gramíneo-lenhosa + Savana florestada - (área de vazante com muitos caapões de mata), Savana gramíneo-lenhosa - (planta aquática e arbustiva).

Nas áreas de Savana florestada foram incluídas as áreas de babaçual e de mata, as quais não foram diferenciadas nas imagens. Alguns temas da legenda foram agrupados, devido ao pequeno tamanho das feições observadas ou devido ao fato de haver pouca variação no comportamento espectral dos alvos e assim não se poder observar suficientemente bem seus limites. Nas áreas de Savana arborizada + Savana gramíneo-lenhosa foram incluídos os dois tipos de cerrado aberto encontrados nesta região: O cerrado aberto distribuído espacialmente de forma homogênea e o cerrado disposto em pequenas elevações no terreno (murundu) entremeado com campo. A imagem Spot-HRV não foi utilizada para complementação de mapeamento da vegetação por ter sido obtida em data muito diferente da imagem Landsat-TM utilizada para interpretação. No entanto foi constatado que este produto, a imagem Spot-HRV, ofereceu a mesma capacidade de separabilidade em relação às classes de Savana florestada e Savana arborizada que a imagem Landsat-TM, apesar do conjunto de bandas que deu origem à imagem Spot-HRV (bandas 1, 2 e 3) não corresponder exatamente ao conjunto de bandas da imagem Landsat-TM (bandas 3, 4 e 5). As áreas de Savana gramíneo-lenhosa não puderam ser avaliadas na imagem Spot-HRV porque na data da aquisição desta imagem as áreas de campo estavam parcialmente alagadas, dificultando muito sua visualização. A escala de trabalho 1:50.000 demonstrou ser bastante adequada para diferenciar os diversos tipos de cobertura vegetal presentes na área de estudo, apesar de não existirem bases cartográficas da região, maiores que 1:100.000.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. *Folha SE. 21 Corumbá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1982. 448p. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).



Mato Grosso do Sul. Secretaria de Planejamento e Coordenação geral. *Macrozoneamento geoambiental do Estado do Mato Grosso do Sul*. Campo Grande, 1988. 138p. (Convênio Governo do Estado MS/IBGE).

Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R.; Lima, J.C.A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro : IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.



## AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FITOFISIONOMIAS NO SUL DO PANTANAL A PARTIR DE DADOS DIGITAIS DO LANDSAT-TM

Myrian de Moura Abdon - INPE-DSR  
João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA-CPAP

Áreas ocupadas por diferentes fitofisionomias na planície de inundação dos rios Miranda e Paraguai, no sul do Pantanal, foram analisadas através dos atributos espectrais do Landsat-Tm. A área selecionada para estudo localiza-se nas sub-regiões do Nabileque e Miranda, no Estado de Mato Grosso do Sul, limitada pelas latitudes de 19° 15'S e 20° 00'S e pelas longitudes de 56° 45'W e 57° 30'W. Segundo Adamoli (1986), as quatro províncias fitogeográficas que convergem para o Pantanal, se apresentam nesta área e são: província do Cerrado que é observada no Pantanal do rio Miranda e Aquidauana, a província Amazônica que é observada nas várzeas e galerias do rio Negro, Miranda e Paraguai, a província Atlântica nas florestas e campos da Serra da Bodoquena e a província do Chaco nas Savanas da sub-região do Nabileque.

Devido a diversidade nos tipos de cobertura vegetal encontrados nesta região e também por se tratar de uma região de fácil acesso e disponibilidade de informações (Silva et al, 1995; Silva, 1991; Pott, 1988) foi proposto para esta região um estudo a diferenciação das fitofisionomias aí encontradas, a partir de dados digitais do Landsat-TM.

Os seguintes materiais foram utilizados no trabalho: 1- Imagem digital Landsat-TM, Orbits:226, ponto:74, quadrante:A, datada de 16 de setembro de 1989, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e atributo espectral índice de vegetação normalizado obtidos da razão entre bandas 3 e 4 do TM. 2- Imagem analógica do Landsat-TM, na composição colorida 3B4F5R, datada de 16 de setembro de 1989, na escala de 1:100.000. 3- Mapa de vegetação elaborado a partir de técnicas de fotointerpretação, em imagem analógica obtida do satélite Landsat-TM, na escala de 1:100.000 (Silva et al, 1995).

O método empregado neste estudo é descrito a seguir: 1- Foram selecionadas primeiramente áreas amostrais na imagem analógica Landsat-TM, tendo-se por base o mapa de vegetação elaborado por Silva et al.(1995). 2- Foram adquiridas amostras em imagem digital de mesma data, nos diferentes temas de vegetação, foram identificados na região de estudo. As seguintes classes de vegetação foram identificadas para estudo: mata caducifolia, mata mista (mata caducifolia com carandá e paratudo), mata ciliar, mata com predominância de carandá, paratudo, paratudo vedado (com presença de arbustos), campo inundado, campo sujo (foram observadas três classes de campo sujo com padrões espectrais diferentes), campo limpo, campo de caronal, brejo, espinheiral, espinheiral úmido, espinheiral alagado, canjiqueiral, e carandazal (foram observadas três classes de carandazal com padrões espectrais diferentes). 3- Foi calculado média e intervalo de confiança ao nível de significância de 5% para cada grupo de amostras que representassem cada classe de vegetação, nos atributos espectrais: Índice de Vegetação e Bandas 1,2,3,4,5 e 7. 4- Foi avaliado o atributo Índice de Vegetação Normalizado na discriminação dos principais tipos de vegetação. 5- Foram feitos teste de hipóteses para diferença entre médias. 6- Foi realizada a análise do comportamento espectral das classes com base nas médias e intervalos de confiança obtidos com os

dados das bandas 1,2,3,4,5 e 7. 7- Foi discutida a discriminação das classes de vegetação a partir da análise dos dados digitais.

Os resultados e conclusões deste estudo são a seguir apresentados: 1 - No atributo índice de vegetação normalizado é possível, através da utilização de algoritmo de fatiamento de níveis de cinza, separar os seguintes grupos de vegetação: arbóreo aberto/arbustivo denso, e arbóreo muito aberto/herbáceo. 2 - Os testes de hipóteses para avaliação de diferenças significativas entre médias das classes de vegetação existentes na área de estudo, sugerem que não há possibilidade de se discriminar todas as classes entre si, através de processamento de dados digitais. As tabelas de 1 a 3 apresentam um resumo desta avaliação. 3 - Em relação às classes de vegetação que compõem o grupo arbóreo denso: A mata ciliar pode vir a ser discriminada das outras mas, ao nível de significância adotado, não existem diferenças significativas entre as médias da mata semicaducifolia e da mata com predominância de carandá. 4 - Em relação às classes que compõem o grupo arbóreo aberto/arbustivo denso: Ao nível de significância adotado, não existem diferenças significativas entre as classes deste grupo, sugerindo que elas não possam ser discriminadas através da utilização de dados digitais. 5 - Também não foram observadas diferenças significativas entre as médias das classes que compõem o grupo arbóreo muito aberto/herbáceo, sugerindo que pode haver confusão na tentativa de diferenciá-las com processamento de dados digitais 6 - Nesta região, o processamento de dados digitais para fim de mapeamento, não substitui a interpretação visual da imagem. No entanto, muito pode auxiliar se utilizado para análise do comportamento espectral das classes e avaliação das variações, dentro da mesma classe, existentes em função de umidade, de densidade da vegetação e de intensidade da pastoreio.

TABELA 1-BANDAS TM COM DIFERENÇA SIGNIFICATIVA ENTRE MÉDIAS

(Nível de significância adotado = 5%) - Classes de ARBÓREA DENSA

	Mata Semicaducifolia	Mata Ciliar	Mata com Carandá
Mata Semicaducifolia			
Mata Ciliar	Bandas 2.4		
Mata com Carandá	0	Bandas 1.2.3.7.IV	

Obs: IV - Atributo Índice de Vegetação Normalizado

TABELA 2-BANDAS TM COM DIFERENÇA SIGNIFICATIVA ENTRE MÉDIAS

(Nível de significância adotado = 5%) - Classes de ARBÓREA ABERTA/ARBUSTIVA DENSA

	Mata mixta	Paratudal Vedado	Carandazal (1*)	Espinheiral
Mata Mixta				
Paratudal Vedado	0			
Carandazal (1*)	0	Bandas 5.7		
Espinheiral	Bandas 4. IV	0	Banda 7	

Obs: As amostras de Cadandazal analisadas neste tema correspondem às áreas mais densas e secas deste tipo de vegetação

TABELA 3-BANDAS TM COM DIFERENÇA SIGNIFICATIVA ENTRE MÉDIAS  
(Nível de significância adotado = 5%) - Classes de ARBÓREA MUITO ABERTA/HERBÁCEA

	Paratudal	Canjiqueiral	Campo sujo(1)
Paratudal (*)			
Canjiqueiral	0		
Campo sujo (1*)	0	Banda 2	

Obs: As amostras de Paratudal analisadas neste tema correspondem às áreas menos densas e pastoreadas. As amostras de Campo Sujo correspondem às áreas mais secas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamoli, J. Fitogeografia do Pantanal. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. 1., Corumbá, MS. 1984. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p. 105-106. (EMBRAPA/CPAP, Documentos, 5).
- Pott, A. Pastagens no Pantanal. Corumbá. EMBRAPA-CPAP, 1988. 58p. (EMBRAPA-CPAP, Documentos, 7).
- Silva, J.S.V. da Aplicações de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas na avaliação da dinâmica de inundações no Pantanal. São José dos Campos, INPE, 1991. 196 p. (INPE-5353-TDI/462).
- Silva, J.S.V. da; Abdon, M.M.; Boock, A.; Silva, M.P. Avaliação de dados TM para discriminação de padrões fitofisionômicos do sul do Pantanal. (no prelo).



## MAPEAMENTO DOS TIPOS DE VEGETAÇÃO DA CARTA ILHA CAMARGO NO PANTANAL

João dos Santos Vila da Silva - MSc, EMBRAPA-CPAP  
Myrian de Moura Abdon - MSc, INPE-DSR  
Lucimar Moreira Ribeiro - BSc, EMBRAPA-CPAC  
Arnildo Pott - PhD, EMBRAPA-CPAP  
Vali Joana Pott - MSc - EMBRAPA-CPAP  
Sandra Limongi Galvão Prado de Moura - Estudante, Bolsista RHAÉ

O sensoriamento remoto se apresenta hoje como uma ferramenta básica para a classificação, o mapeamento, a quantificação e o monitoramento da vegetação. Com o advento do mapeamento por intermédio de sensores remotos, foi necessária uma uniformidade conceitual confiável da fisionomia ecológica das mesmas paisagens terrestres. Um determinado tipo de vegetação precisa então ter a mesma designação para toda a superfície terrestre, ou pelo menos para um país. Portanto, é necessário utilizar características vegetacionais simples, quantificáveis e hierarquizadas, que possam ser levantadas através de sensoriamento remoto.

Desta maneira, surge a importância do uso de um sistema de classificação para legendar mapeamentos de vegetação, utilizando nomenclatura já consagrada na literatura internacional. Porém, é necessário não se esquecer da designação regional, pois desta maneira o mapa fornece imediatamente, ao leitor, a espacialização e a distribuição das fitofisionomias na região de uma maneira eficiente.

O objetivo desta pesquisa é mapear, com o uso de dados TM, os tipos de vegetação da carta Ilha Camargo (SE-21-XC), na escala de 1:250.000, localizada na parte central do Pantanal. Este trabalho faz parte de um projeto maior, onde o objetivo central é mapear a vegetação da Bacia do Alto Paraguai no Brasil, distribuída em 34 cartas nesta escala. A área da referida bacia engloba 358.514 km<sup>2</sup>, localizada na região Centro-Oeste do Brasil, podendo ser dividida em dois ambientes distintos, o Pantanal, com uma superfície de 139.558 km<sup>2</sup>, e o planalto adjacente com uma área de 224.783 km<sup>2</sup>. Essas informações servirão de base para o diagnóstico da vegetação, necessário ao planejamento ambiental, inserido no Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente.

O mapeamento da vegetação foi feito a partir da interpretação visual de imagens de satélite na escala de 1:250000, obtidas pelo sensor TM, na composição colorida 3B4G5R, campanha de campo em novembro de 1994, uso de Global Positioning System (GPS) e análise dos trabalhos existentes. Nas interpretações estão sendo considerandos os elementos de imagem textura, cor, padrão, forma e localização (distribuição geográfica). Neste estudo foi adotado o sistema fisionômico-ecológico para classificação da vegetação, proposto por Veloso et al (1991).

O apresentado neste resumo refere-se apenas à carta SE-21-XC. A carta temática da vegetação será apresentada na escala de 1:250000, segundo os cortes internacionais para cartas topográficas nesta escala.

Como resultado gerou-se a carta de vegetação SE-21-XC. Para uma maior compreensão deste mapeamento, elaborou-se uma legenda regional, paralela à legenda convencional do sistema

adotado. A seguir, encontra-se a legenda definida para a carta avaliada, com os nomes regionais entre parêntesis. Adotaram-se as classes compostas, com no máximo duas fitofisionomias, como por exemplo, Savana Florestada + Savana Arborizada, para áreas em que é difícil a separabilidade. porém as imagens apresentam padrões de ambas as classes. A primeira fitofisionomia é sempre a predominante na mancha mapeada.

#### **A) Regiões ecológicas ou tipos de vegetação**

##### **I - Savana (Cerrado)**

Florestada (Cerradão)

Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado, Cerrado aberto)

Parque (Lixeiral, Canjiqueiral)

Gramíneo-Lenhosa (Campo, Campo limpo, Campo sujo, Caronal, Campina) .

Florestada + Arborizada

Florestada + Gramíneo-lenhosa

Arborizada + Florestada

Gramíneo-lenhosa + Florestada

Arborizada + Gramíneo-lenhosa

Gramíneo-lenhosa + Arborizada

##### **II - Floresta Estacional Semidecidual.**

Aluvial ( Mata, Mata Ciliar)

Terras Baixas (Mata)

#### **B) Sistema edáfico de primeira ocupação (Formações pioneiras)**

Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre ( Cambarazal, Pirizal, Saranzeiro, Brejo, Campo Sujo, Macega, Pateiral, Pimenteiral).

#### **C) Sistema de transição ecológica ou tensão ecológica**

#### **ECÓTONO**

##### **Contatos**

Savana Arborizada/Floresta Estacional Semidecidual Aluvial

Savana Florestada/Formações Pioneiras

Savana Arborizada/Formações Pioneiras

Savana Parque/Formações Pioneiras

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial/Formações Pioneiras

Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas/Formações Pioneiras

#### **E) Sistema Secundário (Pastagem cultivada, Área agrícola)**

Áreas desmatadas



#### **D) Corpos d'água.**

Baiás, rios, áreas alagadas

Observa-se pela legenda definida, que a região do Pantanal é um mosaico de vegetação, pois em apenas uma carta foram identificadas 20 classes. Esta diversidade de vegetação torna os mapeamentos complexos, o que exige várias verificações de campo. Inúmeras dificuldades são apresentadas, sendo que as mais comuns referem-se a separabilidade das Savanas, principalmente entre Savana-Parque, Savana-Arborizada e Savana-Gramíneo-Lenhosa.

Conclui-se, portanto, que o uso de imagens e GPS, associados às campanhas de campo, tem produzido, considerando o nível de agregação, bons resultados em termos de discriminação da vegetação nesta escala de trabalho.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.T.; Lima, J.C.A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1991. 124p.



# **MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO E DE USO DA TERRA DE PARTE DA BACIA DO ALTO TAQUARI (MS) CONSIDERANDO O PROCEDIMENTO DE ANÁLISE VISUAL DE IMAGENS TM/LANDSAT E HRV/SPOT**

**Pedro Hernandez Filho**

**Flávio Jorge Ponzoni**

**Madalena Niero Pereira**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR

**Arnildo Pott**

**Vali Joana Pott**

**Marta Pereira da Silva**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - CPAP

## **1 INTRODUÇÃO**

Nos últimos 20 anos, observou-se a intensificação dos processos erosivo na bacia do Alto Taquari, conseqüência da expansão da fronteira agrícola, a qual foi conduzida sem a definição de uma planejamento que contemplasse não só as atividades agropecuárias como também a questão ambiental. Como resultado desta situação, esta região apresenta uma aceleração da erosão na parte do planalto, onde têm sido concentradas as atividades agrícolas.

O objetivo deste trabalho é avaliar a contribuição do sensoriamento remoto orbital, no levantamento da cobertura vegetal e do uso e ocupação da terra na região do planalto e da planície do Alto Taquari, localizada no Estado do Mato Grosso do Sul, considerando o procedimento de análise visual de imagens de satélite, para contribuir na definição de ações corretivas para o ordenamento territorial.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo e material utilizado**

A área de estudo está localizada no Estado do Mato Grosso do Sul, compreendida pelas coordenadas geográficas de 18° 00' 00" e 19° 30' 00" de latitude sul e 56° 20' 00" e 55° 30' 00" de longitude oeste. Este trabalho utilizou os seguintes materiais:

- carta topográfica do IBGE, (BRASIL 1975), 6 folhas (Pedro Gomes, Rio Negro, São Francisco de Assis, Rio Verde do Mato Grosso, Morrinho da Pimenteira, Fazenda Rancho Novo), de um total de 17 que compõem toda a bacia do Taquari, escala 1:100.000;
- carta fitoecológico do Projeto RADAMBRASIL (BRASIL 1982);
- imagens do sensor TM/Landsat, órbita/ponto (225/73: produto fotográfico, bandas 3(B), 4(R) e 5(G), escala 1:100.000, datas da passagem correspondente a 29/10/92, 22/12/92 e 12/03/93;
- imagens do sensor HRV/SPOT, órbita/ponto (696/387 e 697/387): produto fotográfico, bandas 1(B), 2(R) e 3(G), escala 1:100.000, datas das passagens correspondentes a 12/05/87 e 28/06/87, respectivamente; e
- sistema de posicionamento geográfico (GPS).

### **2.3 Interpretação das imagens**

Inicialmente, foi estabelecida uma legenda preliminar, seguindo-se a interpretação das imagens disponíveis sob a forma de composições coloridas, bandas TM 3(B), TM4(R) e TM5(G). As imagens HRV, as quais estavam disponíveis sob a forma de uma composição colorida com as bandas HRV1(B), HRV2(R) e HRV3(G), não cobriram toda a área das 6 folhas topográficas. Desta forma, somente foi conduzida a interpretação parcial de quatro destas folhas. Seguiu-se o trabalho de campo procurando-se verificar os pontos de dúvida e também procedeu-se a caracterização estrutural dos temas relacionados às formações arbóreas. Esta caracterização foi realizada através da coleta de dados estruturais dos dosséis, (Diâmetros à altura do Peito (DAP), Altura Total, Dimensão da Copa, Posição Sociológica, Qualidade do fuste e Forma da copa. No campo, estes dados foram coletados em parcelas de 5 x 20 m, resultando em esquemas representativos dos perfis verticais dos dosséis. Os pontos de dúvida foram reconhecidos em campo e também foram visitados pontos adicionais e devidamente assinalados nos mapas e/ou imagens, com o auxílio dos dados de um GPS. Foram tomadas fotografias dos pontos que serviram de suporte ao estabelecimento da legenda final.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Interpretação de imagens**

A análise visual da composição colorida da imagem TM/Landsat e HRV/SPOT permitiu o estabelecimento da seguinte legenda de vegetação e uso da terra: Campo Cerrado; Cerrado; Cerradão; Cerrado e Mata de Galeria; Mata Aluvial; Formação Alterada; Áreas Destinadas à Agropecuária; Culturas Agrícolas Implantadas e Espelho d'água. As classes relacionadas ao uso da terra (Áreas Destinadas à Agropecuária e Culturas Agrícolas Implantadas) foram diferenciadas entre si por apresentarem ou não cultura implantada em pleno desenvolvimento vegetativo. O tema Áreas Destinadas à Agropecuária considerou as áreas destinadas a plantios agrícolas, que não haviam sido plantados ou apresentavam-se em estágios iniciais de desenvolvimento. Neste classe, também foram incluídas áreas ocupadas por pastagens. A separabilidade em subclasses de áreas com culturas e de pastagem teria sido realizada, caso o procedimento de análise tivesse considerado uma maior multitemporalidade dos dados TM e HRV compatíveis com o calendário agrícola. Nas classes caracterizadas por formação arbórea foram obtidos perfis verticais da distribuição espacial a partir de dados coletados no campo.

A separabilidade das classes nas imagens HRV/SPOT, indicou que as classes Culturas Agrícolas Implantadas, Áreas Destinadas à Agropecuária, Espelho d'água, apresentaram o melhor desempenho. As classes Cerrado e Cerradão apresentaram regular desempenho de separabilidade em relação à classe Cerrado e Mata de Galeria. Este desempenho regular de separabilidade foi também observado entre a classe Campo cerrado das classes Cerrado e Cerradão. Os demais desempenhos de separabilidade das classes situaram-se de bom a excelente.

A separabilidade das classes nas imagens TM/Landsat, indicou que as classes Áreas Destinadas à Agropecuária e Espelho d'água apresentaram o melhor desempenho. Por outro lado, as maiores dificuldades de separabilidade foram observadas na classe Cerrado e Mata de galeria quando comparadas com as classes Cerrado e Cerradão, cujo desempenho foi considerado péssimo. Os demais desempenhos de separabilidade das classes situaram-se de bom a excelente.

#### **4 CONCLUSÕES**

A avaliação da separabilidade entre os itens da legenda apresentou uma ligeira superioridade de desempenho para as imagens HRV/SPOT em relação às imagens TM/Landsat. As classes Áreas Destinadas à Agropecuária e Espelho d'água apresentaram o melhor desempenho de separabilidade, cujas avaliações foram consideradas como excelentes, tanto para as imagens TM, como para HRV. As formações arbóreas sujeitas à inundação foram campo cerrado e cerrado.

#### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE. 21 Corumbá e parte da folhas SE.20: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 448p. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. Folhas Pedro Gomes, Rio Negro, São Francisco de Assis, Rio Verde do Mato Grosso, Morrinho da Pimenteira, Fazenda Rancho Novo), escala 1:100.000. Rio de Janeiro, 1975.



## UTILIZAÇÃO DE DADOS TM PARA AVALIAÇÃO DO USO DA TERRA NO PANTANAL

João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA/CPAP

Hilda Ribero Romero - SENAR

Nelson Marisco - UFMS/CEUA

Os dados obtidos por satélites de recursos naturais são de grande utilidade, pois auxiliam na confecção de mapas de uso da Terra e fornecem subsídios para o planejamento físico territorial (Pereira, 1989; Arima et al., 1993; Lima & Lima 1993).

Através das interpretações de imagens podemos obter informações precisas sobre a forma de ocupação do solo, quantificar as áreas antropizadas e naturais, mostrar um pouco da realidade econômica e da estrutura agrária de uma região, permitindo, assim, avaliar as mudanças ocorridas no espaço geográfico.

Este trabalho pretende identificar, mapear e quantificar, as formas de utilização da terra no município de Aquidauana, Mato Grosso do Sul, no ano de 1990, bem como avaliar as informações obtidas pelo sensor TM-Landsat para estudos desta natureza.

O município estudado possui parte de sua área na planície do Pantanal e parte no planalto. Está inserido na Bacia do Alto Paraguai, sendo delimitado pelas coordenadas geográficas 18°48'15" e 20°28'57" de latitude sul e os meridianos de 54°55'45" e 56°59'15" a Oeste de Greenwich.

Foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5-TM, em papel, na composição colorida 3B4G5R e cartas topográficas, ambos na escala de 1:250.000, e um Sistema de Informações Geográficas (SGI/INPE) para gerenciamento e quantificação das áreas. A interpretação das imagens foi visual, apoiada em trabalhos de campo. As imagens utilizadas referem-se às passagens 225/73 (27/06/91), 225/74 (11/08/90), 226/73 (21/10/90) e 226/74 (21/10/90).

A área do município foi calculada em 1.485.526 ha, sendo que 76,8% das terras está inserida na planície do Pantanal. Foram mapeadas as seguintes classes de uso: Área Natural com 88,42% e Área antrópica com 11,58% do total da área, dividida em pastagem cultivada (11,34%), área urbana (0,12%) e área agrícola (0,12%).

Na classe área natural, foram consideradas aquelas regiões em que não houve a substituição da vegetação nativa por culturas ou pastagens. Estão incluídas, porém de forma agregada, as matas (semidecíduas e ciliar), as cordilheiras acima do rio Negro (com cerradão e cerrado), o cerradão, o cerrado, o campo cerrado, o campo de gramíneas, e os corpos d'água (baías, vazantes e brejos (do rio Taboco e do rio Negro)), ocupando 88,42% da área do município.

Na classe área antrópica, foram consideradas aquelas regiões alteradas pela ação do homem, principalmente, substituindo a vegetação natural por áreas urbanas, culturas e pastagens cultivadas. A área total desta classe representa 11,58% da área avaliada e encontra-se localizada na parte alta do município, onde antes existiam florestas estacionais semidecíduais e Savana (Cerrado).

As terras do município estudado são predominantemente utilizadas para pecuária bovina de corte. Os maiores cultivos de pastagem estão localizados no planalto, onde predomina a *Brachiaria decumbens*. Há também a presença de colônias (*Panicum maximum*) onde o solo é mais fértil. No

Pantanal, em menor escala, predomina a *Brachiaria humidicola*. As áreas agrícolas estão localizadas nas aldeias indígenas da região, sendo utilizadas para culturas anuais e perenes, como feijão, mandioca, arroz, milho e olerícolas, na maioria das vezes para subsistência, além de frutíferas como manga e caju.

Na delimitação da área antrópica encontrou-se algumas dificuldades, com relação ao contorno das matas ciliares, dos córregos e das reservas florestais de pequenas propriedades. Esta dificuldade pode ser atribuída a escala utilizada no trabalho, que não é adequada para áreas pequenas.

As informações obtidas pelo sensor TM-Landsat para a escala utilizada, atenderam satisfatoriamente o objetivo proposto no trabalho. Não permitiu entretanto, detalhamento preciso das pequenas propriedades onde se concentram as áreas agrícolas.

Para futuros trabalhos relacionados ao uso da terra, principalmente área agrícola do município, far-se-á necessário o uso de imagens de datas diferentes no mesmo ano, para se obter um mapeamento mais detalhado, e a utilização de escalas maiores, como por exemplo as escalas de 1:100.000 ou 1:50.000.

O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) permitiu a quantificação de cada classe mapeada, facilitando a análise da forma de ocupação e uso da terra no município.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arima, L.I.A.; Oliveira, L.G.; Barros, L.T.L.P; Sifuentes, D.V; Madruga, L.C; Paiva, M.C.; Ross, J.L.C. Estudos da vegetação natural/ Uso do solo como subsídio ao zoneamento sócio-econômico no município de Jauru/MT. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7, v.2. *Anais...*, Curitiba, 10 - 14 de maio, 1993. São José dos Campos, INPE, 1993. p.6-14.
- Lima, J.D.; Lima, s.c. Mapeamento da cobertura vegetal e do uso antrópico na região do Triângulo Mineiro (MG). através de imagens TM/Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7, v.2. *Anais...*, Curitiba, 10 - 14 de maio, 1993. São José dos Campos, INPE, 1993. p.162-70.
- Pereira, M.N.; Novo, E.M.L. de M.; Kurkdjian, M. de L.N. de O.; D'Alge, J.C.L.; Florezano, T.G. *Atualização do uso da terra no município de São José dos Campos através de dados de sensoriamento remoto..* São José do Campos, INPE, 1988. 118p. (INPE - 4479 - RPE/562).



# ASPECTOS DA EROSÃO NA BACIA DO ALTO TAQUARI E SUA INFLUÊNCIA NO ASSOREAMENTO DO PANTANAL MATO-GROSSENSE

Edison Crepani - INPE/DSR  
Athos Ribeiro dos Santos - INPE/DSR

## RESUMO

A área da Bacia do Alto Taquari é drenada por um sistema de drenagem obsequente que captura drenagens conseqüentes pertencentes às bacias dos rios Paraná e Araguaia. Este processo, que se traduz em erosão rápida e intensa, ocorre num planalto sustentado por rochas sedimentares, pouco resistentes à erosão, da Bacia Sedimentar do Paraná. O material produzido pelos processos erosivos é transportado pelo Rio Taquari, e seus afluentes, e depositado na bacia tectônica do Pantanal, na forma de um leque aluvial. As atividades agropecuárias desenvolvidas no planalto, sem critérios de conservação do solo, aceleram a erosão e a conseqüente deposição no interior da bacia tectônica causando assoreamento e acréscimo de áreas inundáveis no Pantanal Mato-Grossense.

## 1. INTRODUÇÃO

As considerações tecidas neste trabalho sobre a erosão na Bacia do Alto Taquari, e o conseqüente assoreamento do Pantanal Mato-Grossense, são baseadas fundamentalmente na interpretação de imagens fotográficas TM-Landsat na escala de 1:100.000 (composições coloridas 3B4R5G e imagens P e B nas bandas 3 e 4) complementada com dados bibliográficos e observações de campo.

## 2. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

A relativa calma tectônica terciária no final da Reativação Wealdeniana (Almeida, 1966) permitiu o desenvolvimento de extensas superfícies de erosão na Plataforma Brasileira, que posteriormente foram soerguidas a 1000 metros, ou mais, acima do nível do mar. Localmente essa ascensão epirogênica, processada sobretudo no Plioceno e Pleistoceno, foi interrompida por blocos de falhas que se abateram ou permaneceram deprimidos, formando bacias tectônicas no interior da Plataforma Brasileira. Dessa maneira formou-se a Bacia do Pantanal, produto da Neotectônica, localizada na borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná, com até 500 metros de espessura (Weyler, 1962) de sedimentos quaternários retidos.

## 3. EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS E DE DEPOSIÇÃO

O rio mais importante da rede de drenagem obsequente, o Rio Taquari, tem hoje suas nascentes localizadas no município de Taquari (MT) a 300 km da cidade de Coxim (MS), localizada praticamente sobre o "front de cuesta" que separa o planalto da Bacia Sedimentar do Paraná da planície do Pantanal Mato-Grossense, e onde se localizavam suas nascentes durante o Plioceno/Pleistoceno, há 2 m.a.. Esta simples constatação do deslocamento das nascentes ao longo

do tempo mostra a velocidade extremamente rápida, da ordem de 15 cm/ano, com que se deu a captura da drenagem conseqüente pela obseqüente nas condições naturais do ambiente, sem a intervenção humana.

Na sua situação atual o Rio Taquari nasce a 900 metros de altitude (assim como seus principais tributários, os rios Jauru, Coxim e do Peixe) e percorre 300 km do planalto da Bacia Sedimentar do Paraná, até chegar à entrada da planície do Pantanal, em Coxim, que apresenta altitude próxima de 200 metros. Depois de atingir a planície cruza 500 km até desembocar no Rio Paraguai, numa altitude próxima de 80 metros.

Esta notável queda na declividade dos terrenos drenados pelo Rio Taquari quando percorre a planície do Pantanal, da ordem de 10 vezes, provoca um "efeito de decantação" no material transportado, que é depositado ao longo de um leque aluvial de 50.000 km<sup>2</sup>. Este "efeito de decantação" pode ser observado em composições coloridas 3B4R5G de imagens TM-Landsat, que mostram claramente matizes do azul passando para o preto nas águas do Rio Taquari a medida que este mais se aproxima do Rio Paraguai, e sua constatação pode ser feita em campo quando se sobe o Rio Taquari, a partir do Rio Paraguai, e se percebe nitidamente a mudança de coloração da água, que passa de translúcida a "barrenta".

A constatação definitiva do "efeito de decantação", observado inicialmente nas imagens e posteriormente verificado "In locu", encontra-se nos resultados preliminares do estudo sobre transporte de sedimentos na Bacia do Rio Taquari (Souza & Hamilton, 1993) que constata o ingresso da ordem de 3.8 milhões de toneladas/ano de sedimentos, transportados pelo Rio Taquari, na sua entrada na planície do Pantanal e valores insignificantes na sua foz, junto ao Rio Paraguai.

A erosão na Bacia do Alto Taquari, e a correspondente quantidade de sedimentos que será transportada e depositada na planície do Pantanal, estão diretamente ligadas ao escoamento das águas superficiais que drenam o planalto da Bacia Sedimentar do Paraná, que por sua vez depende da precipitação pluviométrica.

As águas que caem sobre a área do planalto sob a forma de chuva podem seguir dois caminhos: retornam à atmosfera pela evapotranspiração ou então escorrem em direção às partes mais baixas da bacia na forma de massas de água em movimento, com transformação de energia potencial em energia cinética. Quanto maiores forem essas "massas de água em movimento" ou "runoff" (Morisawa, 1968) maior será a quantidade de energia disponível para erosão e transporte de materiais em direção à planície do Pantanal.

A massa de água disponível para escoamento superficial, e conseqüente energia disponível para erosão e transporte de materiais, depende da capacidade de infiltração do solo, que definirá a proporção de água que será absorvida ou se transformará em água de escoamento superficial. A capacidade de infiltração do solo depende de vários fatores, entre os quais se destacam: textura e estrutura do solo e rocha (determinantes da Porosidade e Permeabilidade), cobertura vegetal, compactação da superfície do solo e declividade de vertentes.

A ação erosiva do escoamento superficial pode ser claramente observada nas inúmeras voçorocas que se espalham por toda Bacia do Alto Taquari, e através do processo de abertura de voçorocas é que se dá a captura da drenagem conseqüente pela drenagem obseqüente "pirata" (Schumm, 1977) responsável pelo crescimento em área da Bacia do Alto Taquari, à custa da erosão

dos extratos da Bacia Sedimentar do Paraná, com transporte e deposição do material erodido na forma de sedimentos arenosos no interior da planície do Pantanal.

Esse trabalho de erosão e transporte, atividade natural desenvolvida pelos rios da Bacia do Alto Taquari, vem sendo extremamente facilitado nos últimos 20 anos pela expansão da fronteira agropecuária, sem preocupação com a conservação ambiental, o que implica em desmatamentos indiscriminados, com a substituição da cobertura vegetal nativa (cerrados) por pastagens cultivadas, e compactação do solo pelo pisoteio do gado e trânsito intenso de veículos pelas estradas e caminhos que cada vez mais cortam a região, promovendo o incremento do "runoff" e conseqüentemente, da energia disponível para erosão e transporte. A substituição da vegetação nativa por pastagens cultivadas, sem a execução de terraceamento seguindo as curvas de nível do terreno, pode aumentar em até 175 vezes a perda anual de solo por hectare (Leinz e Amaral, 1969).

#### 4. CONCLUSÕES

A partir dessas considerações fica diagnosticado um quadro preocupante que mostra a atividade de uma rede de drenagem com uma notável vocação erosiva, em uma região de alta pluviosidade, agindo sobre um planalto sustentado por rochas sedimentares psamíticas com grau muito baixo de resistência à erosão, que tem sua cobertura vegetal substituída indiscriminadamente por pastagens cultivadas sem nenhum critério técnico. O resultado da ação combinada desses fatores no planalto da Bacia do Alto Taquari é facilmente observável nos prejuízos causados pelas voçorocas nas estradas e pastagens, bem como no assoreamento de rios, que deixam de ter um curso definido para praticamente desaparecer na forma de "areões" úmidos.

Na planície do Pantanal o assoreamento inevitável causa mudanças no regime de inundações periódicas, que tendem a diminuir cada vez mais as áreas não atingidas pelas águas.

#### 5- REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. de. -1966- " Origem e evolução da Plataforma Brasileira." *Sedeeo*, 2, pp. 46-89.
- LEINZ, V. e AMARAL, S.E., (1969). *Geologia Geral, Companhia Editora Nacional*, São Paulo, 487 pp.
- MORISAWA, M., -1968- " Streams: their dynamics and morphology. " *McGraw-Hill Book Company*, 175 pp.
- SCHUMM, S.A., -1977-, " The fluvial system." *John Wiley & Sons, Inc* pp. 180-243.
- SOUZA, O.C. de e HAMILTON, S., -1993- " Resultados preliminares sobre transporte de sedimentos pelas águas dos rios da bacia do Rio Taquari. " *EMBRAPA, CPAP* (In print).
- WEYLER, G., -1962- " Projeto Pantanal: relatório final dos poços perfurados no pantanal mato-grossense. " Ponta Grossa. *PETROBRÁS DEBSP*, 27 pp.



**CLASSIFICATION OF THE PANTANAL WETLANDS DURING HIGH WATER BASED  
ON SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS OF LANDSAT THEMATIC MAPPER DATA**

**CLASSIFICAÇÃO DA PLANÍCIE PANTANEIRA DURANTE UM PERÍODO DE CHEIAS  
USANDO "SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS" EM DADOS DE LANDSAT TM**

**Leal A.K. Mertes**  
Department of Geography  
University of California  
Santa Barbara, CA 93106-4060 USA  
email: leal@geog.ucsb.edu  
Telephone: 805-893-7017  
Fax: 805-893-3146

**Osni C. Souza**  
EMBRAPA  
& Department of Biological Sciences  
University of California  
Santa Barbara, CA 93106 USA  
email: ods115@geog.ucsb.edu  
Telephone: 805-893-4203

**ABSTRACT**

The Pantanal region of approximately 140,000 km<sup>2</sup> is subjected to annual and multi-annual cycles of flooding due to the hydrologic and geomorphic characteristics of the area (Adamoli 1986; Hamilton et al. in review). For example, the low gradient of the entire landscape leaves few natural barriers to high flows. Apparently, recent changes in flood patterns in areas influenced by individual drainage systems like the Taquari River, have created significant discussion regarding the nature of these changes and their relation to management of the wetland area. In order to monitor these changes and to determine their cause, it is important to have an accurate classification of the wetlands. Vila da Silva and Kux (1991) report on a moderately successful classification of a portion of the Pantanal wetlands, close to the Miranda River. They found the greatest success and consistency in classification with low-water, dry season images. High water images with significant areas of inundation were less amenable to the classification techniques (both supervised and unsupervised) that they applied.

To determine whether changes in hydrology are occurring in a landscape due to either natural or anthropogenic causes, requires methods for monitoring the patterns of flooding at high water. We have successfully applied the technique of spectral mixture analysis (Mertes et al. in press; Mertes 1994; Mertes et al. 1993) to Landsat Thematic Mapper and Multi-Spectral Scanner images recorded during high water in the wetlands of the mainstem of the Solimoes-Amazon River. For the Amazon wetlands, resulting classification categories include herbaceous, woody, and senescent vegetation and absolute sediment concentration for surface waters. We report in this contribution on the application of spectral mixture analysis to a Landsat Thematic Mapper image recorded April 6, 1988, during extensive inundation of the Pantanal landscape. A brief description of spectral mixture analysis is followed by a discussion of the significant results.

Briefly, spectral mixture analysis accounts for the pixel-by-pixel variation in the mixture composition by calculating the least-squares, best fit for each pixel along mixing lines bounded by spectra for endmembers. An endmember ideally represents a pure component of the mixtures present in the pixels of the image, e.g., soil or water. For a multispectral image the image endmembers represent the purest sample of each component on the image. Image endmembers are similar to training data selected for use in other classification procedures such as maximum likelihood (Jensen 1986), but differ in that ideally they represent one component of a landcover mixture like soil. Training data will often represent the entire mixture, e.g., forested wetland.

The result of the spectral mixture analysis is a "fraction" image for each endmember. These fraction images show on a pixel-by-pixel basis the proportion (from 0 to 1.0) that is contributed by the spectra of the corresponding endmember. For example, a pixel from clear water would have fractions of 1.0 shade, 0 sediment water, and 0 vegetation. A pixel from a moderately dense, dry forest might have fractions of 0.2 shade, due to self-shading by leaves and branches, 0.2 sediment water, due to reflectance from soil visible through the canopy, and 0.6 vegetation.

The fraction images can be viewed and interpreted individually or can be combined to provide an overall landcover classification from the processed image data.

We based our analysis on bands 3, 4, and 5 from the Landsat TM image (Path 226/Row 73) of the Pantanal region centered on the Taquari River. We chose three image endmembers from the uncalibrated image. These endmembers include sediment laden water (sedwater) with brightness values (DN's) of 59, 23, and 3, respectively for Bands 3, 4, and 5. For vegetation (veg) we selected a pixel with DN's of 20, 77, and 59. For clear water (clearwater) we selected a pixel with DN's of 13, 8, and 3. With these endmembers we were able to separate sediment-laden river water from other water types and several vegetation categories, including forest (cordilheiras), natural pastures (pastagens naturais), and cultivated pastures (pastagens cultivadas). Although we can only approximate the exact inundation boundary, we can distinguish flooded from non-flooded areas.

The most important result for the hydrologic analysis, is that we were able to distinguish the approximate boundary of the incursion of sediment-laden Taquari River water into the surrounding wetlands during this flood. Across the image the Taquari River changes from a meandering, single-thread channel that averages approximately 200 m in width, to a distributary system covering tens of kilometers of wetlands with channels that range in size from a few meters to 200 m in width. In several locations there are levee breaks or other places where the river overtops its banks. We approximate that on average the direct influence of sediment-rich river water, as shown by a high concentration of sediment in the sedwater fraction image, extends less than 10 times the width of the channel. Hence, the direct influence of the river water in a given year is on the order of 2 to 4 kilometers on either side of the channel.

## REFERENCES

- Adamoli, J. 1986. Dinamica das inundações no Pantanal. Anais do 1o Simposio sobre Recursos Naturais e Socio-economicos do Pantanal. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Pantanal. EMBRAPA-DDT / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.
- Hamilton, S.K., Sippel, S.J., and Melack, J.M., in review, Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing: *Water Resources Research*.
- Mertes, L.A.K., 1994, Rates of flood-plain sedimentation on the central Amazon River: *Geology*, v. 22, p. 171-174.
- Mertes, L.A.K., Daniel, D.L., Melack, J.M., Nelson, B., Martinelli, L.A., and Forsberg, B.R., in press. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon River in Brazil from a remote sensing perspective: *Geomorphology*.
- Mertes, L.A.K., Smith, M.O., and Adams, J.B., 1993, Estimating suspended sediment concentrations in surface waters of the Amazon River wetlands from Landsat images: *Remote Sensing of Environment*, v. 43, p. 281-301.
- Vila da Silva, J. dos S., and Kux, H.J.H., 1991, Remote sensing techniques to the detection and mapping of flooding dynamics within the Pantanal, Mato Grosso do Sul State, Brazil: Preliminary Results, in *Proceedings of International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 24. Rio de Janeiro, May 27-31, 14 p.

**TPSS**

**SOFTWARE E SISTEMAS**



# IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO: GRAVAÇÃO, ARQUIVO E DISTRIBUIÇÃO

**Paulo Roberto Martini**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Av dos Astronautas 1758. São José dos Campos SP. 12227.010. atus@ltid.inpe.br

## **1. Antecedentes**

O Brasil foi pioneiro, junto com EUA e Canadá, na instalação de estação terrena para gravar dados de satélites de sensoriamento Remoto. A Estação de Cuiabá foi a terceira a iniciar gravações LANDSAT ainda no início da década de 70, exatamente maio de 1973. Nesta época estavam operando apenas as estações de Greenbelt nos Estados Unidos, Prince Albert no Canadá além da estação de Fairbanks no Alasca, atualmente em desuso.

A situação atual no planeta mostra mais de quinze estações operando (figura 1) para gravar principalmente os satélites LANDSAT, SPOT e ERS. Estes três sistemas são aqueles mais operacionais em termos de coleta sistemática de dados e de distribuição corrente a usuários.

Os usuários brasileiros, a partir de 1978 principalmente, foram responsáveis pela distinta presença do Brasil no Comitê CEOS-Committee on Earth Observation Systems que congrega os representantes de estações terrenas e os responsáveis pelos principais sistemas imageadores orbitais. O destaque se deve ao fato de que o Brasil foi o segundo país com maior número de imagens LANDSAT distribuídas no período de 1978 a 1990.

## **2. Gravação e Arquivo de Imagens.**

As imagens são gravadas diariamente a partir das 9:30 da manhã, hora da primeira passagem LANDSAT que irá se repetir um hora depois. Neste horário das 10:30 também é a hora das passagens SPOT e ERS. A coincidência dos horários obriga a se optar por um satélite. Neste caso opta-se pelo LANDSAT quando não houver alguma programação de gravação SPOT ou ERS para usuários. A opção do LANDSAT se dá por ser historicamente a base de dados mais completa mantida pelo INPE.

As imagens são gravadas em fitas magnéticas metálicas de alta densidade (HDDT). Cada fita completa acomoda 7.56 Gigabytes de dados o que corresponde aproximadamente a 38 imagens inteiras LANDSAT em 7 bandas. No total são gravadas pelo menos 10 destas fitas por semana na Estação de Cuiabá em situação total de operação. O conjunto de HDDTs gravadas desde 1973 estão arquivadas no Laboratório de Geração de Imagens (LGI) de Cachoeira Paulista. O LGI mantém em condições ambientais adequadas atualmente 7.345 HDDTs o que corresponde a mais de 1.5 milhões de imagens ou 70 Terabytes de informação.

## **3. Geração de Imagens.**

O LGI mantém dois subsistemas de geração de imagens. Os subsistemas transformam o dado bruto magnético em originais fotográficos ou mídia digital como fitas e CD-ROM para uso em computadores.

O subsistema fotográfico está baseado num gravador de feixe eletrônico (EBR) com resolução de 800 linhas por polegada com 6 bits de quantização de cores por canal RGB. Isto significa o reconhecimento de quase 2 milhões de cores. Nesta qualidade existem mais de 10.000 composições originais coloridas arquivadas no LGI cobrindo todo o território brasileiro e parte da América do Sul. Produtos processados a partir deste acervo pronto são gerados em um par de dias enquanto que imagens que dependem de geração fotográfica original podem levar semanas para serem produzidas.

O subsistema eletrônico tem suporte de discos magnéticos com capacidade de receber até 17 cenas inteiras LANDSAT em 7 bandas, equivalente a 4.25 Gigabytes de informação. Em linha com os discos estão os gravadores que geram os seguintes produtos: Exabyte 8mm, DAT 4mm, streamer (cartucho) 8mm e rolo aberto. Dois computadores VAX da série 8000 permitem proceder correções geométricas de sistemas para 2 cenas inteiras TM-LANDSAT (500 Megabytes) de forma paralela. Dois gravadores de CD ROM completam as facilidades do subsistema eletrônico de LANDSAT/SPOT.

#### **4 Comercialização.**

As imagens arquivadas no LGI são apresentadas aos usuários mediante listagens disponíveis nos centros de atendimento a usuários de imagens-ATUS. Os ATUS se localizam atualmente em Porto Alegre, Rio de Janeiro, Cachoeira Paulista, São José dos Campos.

O procedimento para aquisição de uma imagem parte invariavelmente da localização da área de interesse do usuário. A partir das coordenadas geográficas identifica-se qual é o número da imagem correspondente. Este número é função da órbita (base) e da posição ao longo dela (o ponto). A definição do número da imagem é feita com a ajuda dos mapas de cobertura do satélite (SPOT ou LANDSAT) com forte apoio dos mapas do Brasil ao milionésimo onde estão plotados os centros de cada imagem. Através de uma máscara de papel transparente com o contorno da cena na escala das cartas, é possível se identificar o número da imagem que cobre uma área de até 22,5x22,5 quilômetros, como é o caso de cena SPOT do modo pancromático. Esta área é a menor possível de ser formatada em imagem atualmente no LGI. Esta dimensão apresentada no maior tamanho padrão de papel (1x1 metro), resulta na escala máxima de 1:25.000. No formato digital o quadro mínimo de imagem é o quadrante (um quarto de cena inteira LANDSAT=90x90 quilômetros) ou uma cena completa SPOT (60x60 quilômetros).

Uma vez definidas a área e a escala normalmente passa-se a buscar a imagem mais recente e livre de nuvens, usando-se listagens com metadados ou amostras fotográficas e videográficas chamadas "quicklooks".

A imagem selecionada é descrita em formulário de pedido que assinado pelo usuário, é enviado do LGI para processamento. O pagamento é feito através de DOC logo que os produtos estiverem prontos para serem despachados ao usuário.

#### **5. Orientação Técnica**

Os critérios de seleção de imagens baseados na relação nuvem/data mais recente, foram amplamente reformulados a partir de 1988. Novos critérios mais científicos foram incluídos destacando-se:

visibilidade da tomada de cena, qualidade e quantidade de informação gravada e ângulo de elevação solar. A análise destes parâmetros a partir de metadados LANDSAT e SPOT trouxe um novo "standard" de atendimento a usuários.

O envolvimento de pesquisadores nos ATUS foi o importante vetor que auxiliou a mudar um perfil tradicional de atendimento para outro, mais completo, de orientação técnica. Neste contexto os ATUS passaram a selecionar imagens levando em conta os atributos geométricos, radiométricos, espaciais, espectrais e temporais mais adequados para o objetivo temático ou científico do usuário.

Orientado por especialistas usuário comum se tornou praticamente um técnico em Sensoriamento Remoto.

O perfil de ATUS mais orientador do que comercial está sendo ampliado no escritório de São José dos Campos. Ali foi instalada a Sala de Imagens onde mais de 550 cenas TM-LANDSAT coloridas em escala de 250.000 estão disponíveis para consulta, facilitando sobremaneira a seleção da área, das bandas e das escalas. O ATUS-SJC também mantém um arquivo de imagens e notas técnicas de todos os sistemas orbitais atualmente em operação e mesmo daqueles disponíveis em futuro próximo.

#### **6.O Cenário do Futuro Próximo.**

Os sinais de senilidade do LANDSAT 5 estão se tornando cada mês mais evidentes. Os ajustes de órbita usados para manter o satélite em sua posição devida foram suspensos no sentido de não sobrecarregar os instrumentos que alimentam os sistemas nobres de registro e transmissão de dados. Com isto o horário de passagem do LANDSAT pelo equador que era de 9:37 da manhã (hora solar local), derivou para 9:20 em junho, 9:15 em Setembro e para maio de 1996 o horário será 9:00. Efeitos desta deriva serão sentidos no sobreamento acentuado nas imagens de inverno com baixa condição de cobertura florestal. Com base em cálculos da EOSAT pode-se esperar dados saudáveis do Mapeador Temático até maio de 1996. A opção americana está dirigida para os satélites indianos das séries IRS e IRS-P. Estes satélites registram dados muito semelhantes ao TM e estão sendo gravados diariamente pela Estação de Norman, Oklahoma.

Notícias recolhidas da mídia americana dão conta de que uma data aceitável para o advento do ETM (Enhanced Thematic Mapper) do LANDSAT 7 seria outubro/novembro de 1998.

O Sistema SPOT a partir do lançamento do terceiro satélite em 26 de setembro de 1993 tem uma situação privilegiada no contexto atual e futuro. Primeiro porque mantém seus três satélites totalmente operacionais. Segundo porque os satélites 4 e 5 já estão com seus projetos confirmados e mesmo em execução. Isto garante o programa para o 2.000 e além. Os três satélites SPOT na posição de órbita relativa onde se encontram permitem uma possibilidade de visitar alvos muito interessante. Estando em operação os três satélites, a repetitividade do SPOT para alvos em latitudes médias pode ser diária. Fato inédito para satélites civis.

O INPE pode gravar SPOT mediante demanda de sua pesquisa interna ou por solicitação dos proprietários franceses. O contexto do acordo não permite ao INPE comercializar as imagens.

O Sistema ERS foi completado em 20 de abril de 1995 com o lançamento do segundo satélite com as mesmas características do primeiro onde o radar imageador é o principal instrumento. O INPE tem gravado imagens SAR-ERS de uma forma programada seguindo as solicitações da ESA-Agência

Espacial Européia, proprietária do Sistema. Este dados que cobrem praticamente todo o Brasil estão disponíveis para comercialização pelo INPE.

O cenário mais interessante para o usuário brasileiro é aquele que se descortina com satélites de Sensoriamento Remoto desenvolvidos com a participação ou total responsabilidade do Brasil. Nesta situação estão: i) o Satélite de Sensoriamento Remoto (SSR) da Missão Espacial Completa Brasileira (MEC-B) e ii) o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS).

O Satélite CBERS tem nos últimos meses de 1996 uma data atualmente aceitável pelos engenheiros para lançamento por um foguete Longa Marcha a partir da Base de Shanxi na República Popular da China. As características tecnológicas dos sensores imageadores do CBERS antecipam um sistema orbital altamente competitivo a nível internacional.

O Satélite SSR vem dotado de uma capacidade invulgar de revisitar áreas. Sua órbita equatorial permitirá observações de 2 em 2 horas sobre uma faixa de 2.000 quilômetros, sendo 5 graus para norte e 15 graus para sul do equador. A resolução no nadir será de 100 metros e na borda externa da área imageada será de 200 metros.

Um dos aspectos mais interessantes destes sistemas é o fato de serem parcial ou totalmente de propriedade brasileira. Esta situação permitirá que oportunidades mais amigáveis a nossos usuários em termos de custos, disponibilidade e prazo de atendimento.

# O LABORATÓRIO DE TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS DO INPE - LTID

Moacir Godoy Junior

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - São José dos Campos - SP  
*e-mail: moacir@ltid.inpe.br*

## HISTÓRICO

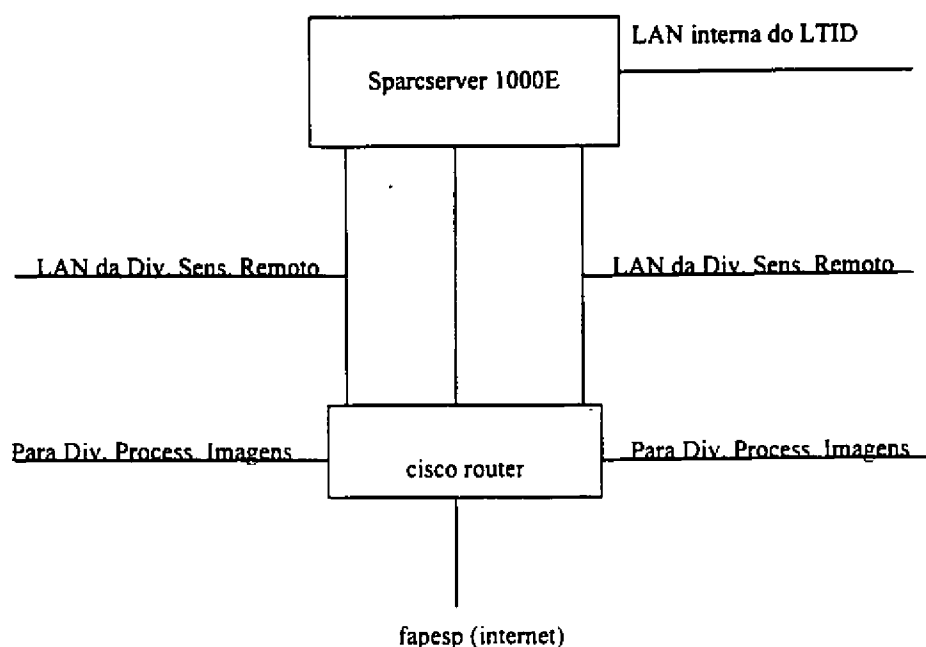
O Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais do INPE teve sua origem em 1974 quando foi adquirido o primeiro sistema de processamento de imagens para o Departamento de Sensoriamento Remoto, o Image-100. Este equipamento era constituído de um computador PDP11-45 com 256 Kbytes de memória e 13 discos removíveis de 80 Mbytes cada e o processador propriamente dito, composto de 5 planos de imagens (memória) de tamanho de 512 linhas por 512 pixels cada e ficava instalado em uma sala do prédio Beta. Em 1981 foi construído um local para a instalação deste equipamento anexo ao prédio do Sensoriamento Remoto, o qual também abrigava todo o pessoal de desenvolvimento de software.

Com a vigência da lei de informática, tornou-se impossível a atualização desse equipamento, bem como a importação de novos, obrigando o INPE a desenvolver seu próprio sistema de processamento de imagens, o SITIM, sendo instalados no LTID, 3 unidades desse equipamento, interligados por uma rede local de baixa velocidade.

Com o fim da lei de informática em 1989, pode-se repensar a configuração do hardware do laboratório. O sistema Image-100, já totalmente obsoleto, foi desativado e um servidor de rede foi adquirido da Sun Microsystems e mais 8 estações SITIM versão 150. Todo esse equipamento foi interligado em rede Ethernet, possibilitando a troca de dados entre a servidora e os sistemas de processamento de imagens. Em 1991 mais 4 estações de trabalho foram adquiridas, softwares para o sistema operacional Unix e todo o laboratório foi interligado à rede Internet, possibilitando o acesso a dados em todo o mundo.

## O LTID NOS DIAS DE HOJE

Após sucessivas atualizações de hardware e uma grande expansão da rede local, o LTID é sem dúvida um dos laboratórios mais bem equipados do hemisfério sul. Sua configuração atual é de uma servidora Sun sparc 1000 com 128 Mbytes de RAM, 2 CPU's, 20 Gbytes de disco, 3 saídas Ethernet (subdivisão da rede local em sub-redes), todos os tipos de leitoras de fitas e cd rom. A rede local (domínio ltid.inpe.br) se espalha ao longo dos prédios da área de Sensoriamento Remoto, conectando várias estações de trabalho de diversos fabricantes, bem como microcomputadores. A figura abaixo dá uma idéia da rede local do LTID.



Ao longo de cada “tentáculo” dessa rede foram ainda definidas sub-redes, com servidores escravos, com a finalidade de diminuir o tráfego pela servidora.

Quanto aos softwares instalados, pode-se citar:

- Arc Info : sistema de informações geográficas
- PCI : sistema de processamento de imagens (inclui radar)
- Spring : sistema de processamento de imagens e informações geográficas
- ER Mapper : sistema de processamento de imagens
- SITIM - sistema de processamento de imagens em microcomputadores

- SGI : sistema de informações geográficas em microcomputadores
- Grads : sistema de processamento de imagens meteorológicas
- IDL : linguagem de programação para processamento de imagens
- Compiladores C, C++,Fortran,gcc e g++
- Vários utilitários de domínio público.

## **O LTID PARA O FUTURO**

Dentre as previsões já consolidadas para o laboratório, prevê-se para meados do próximo ano a substituição da atual rede de 10 Mbits por uma rede de 100 Mbits baseada em fibra ótica interligando as máquinas principais e concentradores Ethernet (HUB's) e subredes baseadas em par trançado (fast ethernet). Também já está aprovado a atualização das máquinas mais antigas para Sun-Sparc-20, ampliando a capacidade total instalada de disco no LTID para mais de 50 Gbytes.

É filosofia do laboratório permitir aos pesquisadores e alunos da pós-graduação em Sensoriamento Remoto, o acesso ao maior número possível de sistemas de processamento de imagens e informações geográficas, provendo interfaces amigáveis entre máquinas e usuários.





# TÉCNICAS RADIOMÉTRICAS PARA A REGIÃO DO PANTANAL

CARLOS A. STEFFEN

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Os sistemas e as técnicas radiométricas constituem poderosas ferramentas para o melhor conhecimento do comportamento espectral dos objetos terrestres e a sua decorrente aparência nas imagens de sensores remotos orbitais como o Landsat ou Spot.

Na extensa e complexa região do pantanal matogrossense, a interpretação das imagens orbitais constitui um desafio devido a diversidade de temas, cujo comportamento espectral é pouco conhecido. Dentre estes, os diferentes corpos d'água, cujas propriedades limnológicas, extensão e profundidade são extremamente variadas, apresentam um comportamento espectral bastante diferenciado e a sua determinação constitui uma necessidade fundamental para a compreensão do seu significado entre a grande variedade de componentes do ecossistema pantanense.

Os sistemas radiométricos modernos, especialmente desenvolvidos para operações de campo, quando instalados em barcos ou helicópteros permitem a aquisição de assinaturas espectrais (espectros de reflectância) de forma extremamente eficiente. Nas operações de campo, os espectros adquiridos são armazenados em forma digital e posteriormente podem ser processados com o auxílio de computadores para a sua redução, calibração e transformação em dados representativos do comportamento espectral dos objetos analisados.

O Laboratório de Radiometria (LARAD) do INPE reúne um conjunto de facilidades para a aquisição de dados radiométricos por parte dos projetos de pesquisa fundamental em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Além de suas atividades operacionais, o LARAD constitui um ambiente para o desenvolvimento de técnicas e sistemas para a medição e redução de dados obtidos por radiômetros ópticos. Um desses sistemas, o SADA (Sistema de Aquisição de Dados Aerotransportado), foi desenvolvido em 1992 e tem sido utilizado com sucesso na aquisição de assinaturas espectrais de corpos d'água e florestas, objetos dificilmente acessados por outros meios. Como pode-se ver na figura 1, o SADA é constituído de dois módulos: um casulo de fibra de vidro que é adaptado a um helicóptero do tipo ESQUILO<sup>1</sup> (Helibras) e em cujo interior possui uma mesa de instrumentos articulada num eixo transversal. Esta mesa, onde são fixados os sistemas sensores, é mantida na posição horizontal por meio de um servo-motor de passo que é controlado por um sensor de gravidade e um circuito eletrônico. Na mesa de instrumentos podem ser instalados a unidade óptica de um espectrorradiômetro SPECTRON SE-590<sup>2</sup> e as câmaras de vídeo e fotográfica. Todo o sistema é comandado por um módulo no interior da aeronave, ao qual está ligado por um cabo elétrico. Durante a operação de medição, um espectrorradiômetro do mesmo tipo é mantido na superfície.

<sup>1</sup> fabricado pela Helibras do Brasil

<sup>2</sup> fabricado pela empresa Spectron Engineering Inc - USA

no centro da área de operações, onde adquire espectros simultâneos de uma placa de referência. Posteriormente, no processamento, os dados adquiridos pelo dois radiômetros são comparados para a geração dos espectros do fator de reflectância das amostras.

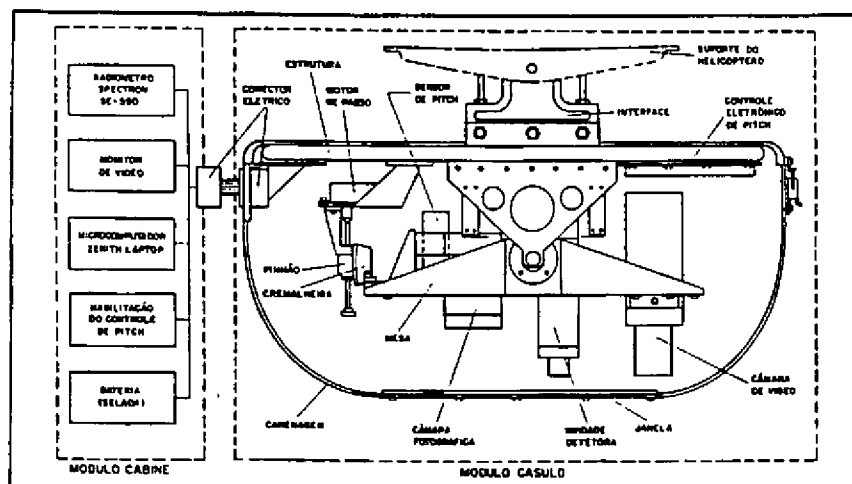


Figura 1 - A configuração do SADA

A primeira operação do SADA foi realizada no reservatório de Barra Bonita<sup>3</sup> formado pelos rios Piracicaba e Tietê, no estado de São Paulo. O vôo foi realizado pela manhã, num período que incluía a passagem do satélite Landsat 5 e numa altura adequada para que o campo de visada do radiômetro fosse equivalente ao do sensor Thematic Mapper (30m x 30m). Os dados foram reduzidos através do programa ESPECTRO<sup>4</sup> e resultaram nas assinaturas espectrais (fatores de reflectância espectral) de várias amostras dos rios Piracicaba, Tietê e no reservatório de Barra Bonita onde essas águas se misturam. Alguns desses espectros são mostrados na figura 2 onde se pode perceber a acentuada diferença entre o comportamento espectral dos corpos d'água estudados. Confrontando as assinaturas espectrais com os resultados obtidos na análise das amostras d'água coletadas durante o experimento, pode-se observar que:

- na curva a, relativa ao rio Piracicaba, a reflectância espectral é em geral baixa e apresenta variações pronunciadas em 560 e 720 nm, o que é coerente com a transparência (profundidade Secchi) da água e o aspecto esverdeado resultante da presença de clorofila e colônias de algas.
- na curva b, relativa ao rio Tietê, a reflectância espectral é, em média, mais elevada o que é explicado pela baixa transparência da água. O máximo na faixa entre 580 e 700nm é provocado pelo conteúdo bastante significativo de material inorgânico em suspensão, conforme foi confirmado pela análise das amostras d'água coletadas no local.
- na curva c, derivada das medições realizadas no corpo central do reservatório, pode-se notar claramente a transição do espectro de reflectância como resultado da mistura de águas de

<sup>3</sup> Steffen, C.A., F.F. Gama, E. M. L. M. Novo. Avaliação Operacional do Sistema de Aquisição de Dados Aerotransportado - SADA. O Experimento Barra Bonita. INPE-5451-NTC/305-1992a

<sup>4</sup> Steffen, C.A., J. L. de Oliveira, F. F. Gama. O Programa Espectro. In: Tutorial de Radiometria. VI SBSR 1992.

características tão diferenciadas. Neste caso, a reflectância tem um valor intermediário para os dois tipos de água com destaque para a região em torno de 570nm (verde) o que é explicado pela concentração predominante de material inorgânico nessa área.

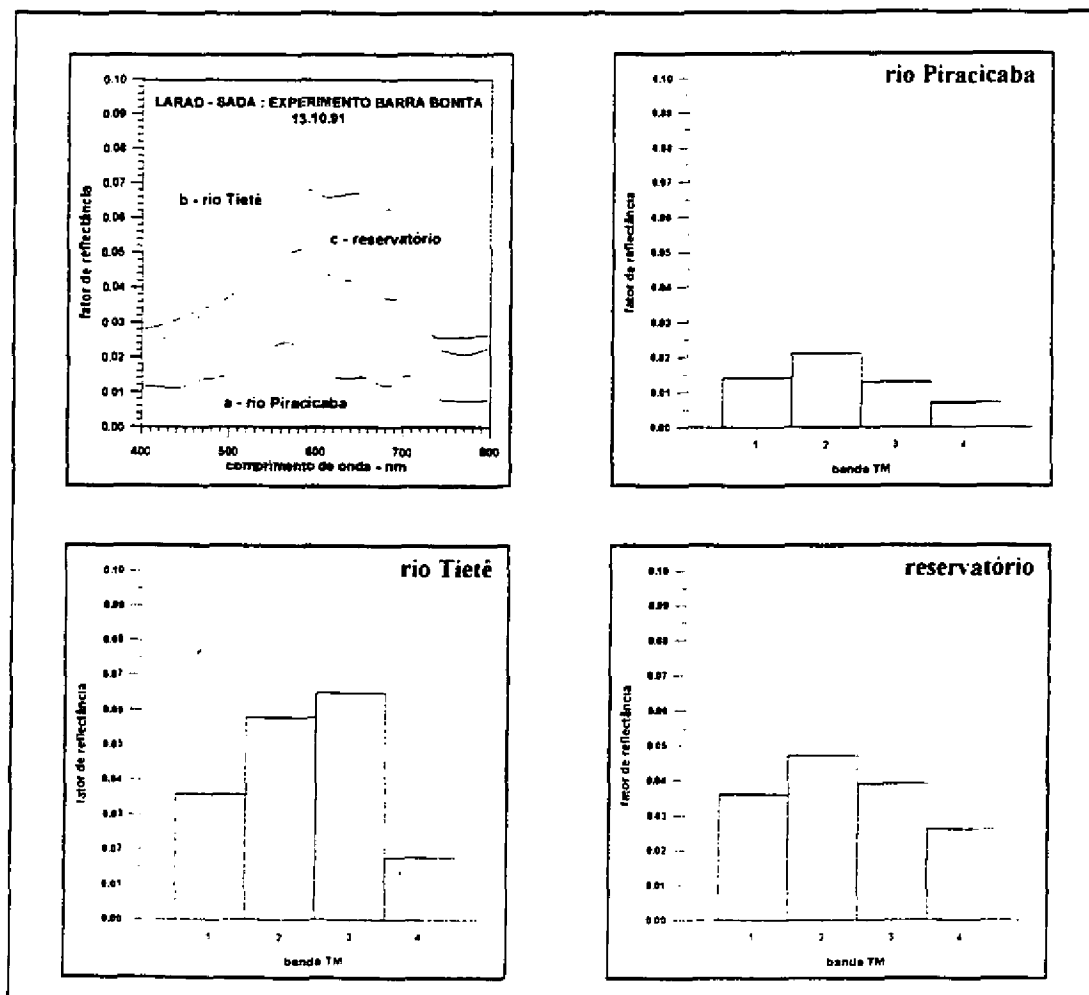


Figura 2 - Assinaturas espectrais dos rios Piracicaba, Tietê e Reservatório de Barra Bonita

Ainda na figura 2 são apresentados os valores das reflectâncias médias nas bandas 1, 2, 3 e 4 do Mapeador Temático para cada amostra d'água, indicando a expectativa de sua aparência nas imagens obtidas pelo satélite Landsat.

O espectrorradiômetro Spectron SE-590, também pode ser instalado em barcos para a aquisição de espectros em amostragem mais detalhada. Neste caso, a unidade detetora do radiômetro é montada em um tripé na proa do barco. O apontamento da unidade detetora num ângulo de 45 graus e um filtro polarizador permitem que a radiação do céu, refletida na superfície, seja eliminada; neste caso, os espectros medidos são relacionados com a radiação emergente do corpo d'água.

A utilização de sistemas e técnicas radiométricas como as apresentadas, pode permitir a obtenção de uma poderosa base de dados para o melhor conhecimento dos diferentes corpos d'água que compõem o ecossistema do Pantanal e sem dúvida, constituem o ponto de partida para a caracterização desses elementos e a sua correta interpretação nas imagens de sensores orbitais.

**TPVE**

**VEGETAÇÃO**

# FITOFISIONOMIA DE PARTE DA SUB-REGIÃO DA NHECOLÂNDIA NO PANTANAL A PARTIR DE DADOS DIGITAIS DO LANDSAT E SPOT

Myrian de Moura Abdon - INPE-DSR  
João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA-CPAP

Este trabalho tem por objetivo a avaliação de dados digitais obtidos dos satélites Landsat/TM e Spot/HRV para a diferenciação dos tipos de cobertura vegetal presentes em parte da sub-região da Nhecolândia, no Pantanal.

A região de estudo é delimitada pelas latitudes de 18°52'54''S e 19°07'07''S e pelas longitudes de 56°30'28''W e 56°48'48''W a qual está localizada nas Folhas SE.21-Z-A-VI-4 e SE.21-Z-C-III-2. Esta área se caracteriza por possuir áreas de savana florestada, savana arborizada, campos com manchas de savana florestada e arborizada, vazantes com caapões e extensas áreas de savana gramíneo-lenhosa.

Os materiais utilizados neste trabalhos foram: Dados digitais de imagem Landsat-TM nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7, datada de 26 de agosto de 1993, referente à órbita.ponto 226.73CB; Dados digitais de imagem Spot-HRV nas bandas 1, 2 e 3, datada de 12 de junho de 1987, referente à órbita.ponto 693.388; Informações sobre tipos de vegetação presentes na área de estudo, obtidos em trabalhos de campo e localizados através de GPS de navegação ( Global Positioning System); Sobrevôo na área de estudo onde foram fotografados os diferentes tipos de vegetação.

O método utilizado no desenvolvimento deste trabalho encontra-se descrito a seguir: 1- Foram realizados dois trabalhos de campo, o primeiro em setembro de 1993 e o segundo em novembro de 1994; 2- Foram observados os tipo de cobertura vegetal presentes na região; 3- A partir das bandas 3 e 4 do TM foi gerado o atributo espectral Índice de Vegetação Normalizado ( Gallo and Daughtry, 1987). Estes mesmos autores citaram em seus trabalhos estudos que relacionam estes índices de vegetação com índice de área foliar, com radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela copa das árvores e com a fitomassa seca e úmida. Índices de vegetação gerados com dados espectrais de sensoriamento remoto são utilizados para classificar tipos de cobertura vegetal, monitorar alterações sazonais na vegetação e em estudos relativos à biomassa, produtividade, stress na vegetação e detecção de doenças nas plantas ( Jackson and Huete, 1991); 4- Foi aplicado o algoritmo de classificação por fatiamento no atributo Índice de Vegetação do Landsat. Este método consiste, basicamente, em obter o histograma da banda espectral a ser classificada, determinar os níveis de cinza mínimo e máximo e dividir a faixa entre estes valores em fatias que serão associadas a cores; 5- O algoritmo de classificação supervisionada Máxima Verossimilhança (MAXVER) foi aplicado em conjunto de bandas testadas e selecionadas conforme o desempenho observado nas matrizes de classificação. Este método realiza a classificação de imagens multiespectrais, utilizando o critério da máxima verossimilhança que é baseado em formulações estatísticas (Mather, 1987). Na análise da matriz de classificação podem ser obtidas informações sobre desempenho médio (percentagem de pontos corretamente classificados), a abstenção média (percentagem de pontos que não foram classificados) e a confusão média (percentagem de pontos de cada classe classificados como sendo de outras classes); 6- Foi criado

arquivo para aplicação de algoritmo de classificação MAXVER, contendo todas as bandas espectrais do TM; 7- Foi feito registro entre a imagem TM e a imagem HRV. A função do registro é sobrepor uma imagem em relação à outra de referência, corrigindo diferenças de deslocamento nas direções vertical e/ou horizontal, bem como diferenças de escala e rotação existentes entre duas imagens; 8- Foi criado arquivo para aplicação de algoritmo de classificação MAXVER, contendo os atributos espectrais 3, 4, 5 e IV do TM e bandas 1, 2, 3 e IV do HRV; 9- Foram aplicados algoritmos de contraste nas bandas TM e realizados testes com composição de bandas e ampliações de 1:30.000 nos dados com o objetivo de realçar pequenas variações nas classes de vegetação.

Os seguintes resultados foram obtidos:

- 1- Através de fatiamento realizado no atributo espectral índice de vegetação, foram diferenciadas as seguintes classes: Corpos de água, Áreas de savana gramíneo-lenhosa úmidas, Áreas de savana gramíneo-lenhosa secas, Savana arborizada, Savana florestada/Mata/Babaçual.
- 2- Com a aplicação do algoritmo MAXVER em dados do TM, as seguintes classes foram diferenciadas: Lagoas salinas com alta concentração de clorofila, Outros corpos de água, Savana florestada/mata, Savana arborizada densa, Savana arborizada aberta, Savana arborizada com murundu, Babaçual, Campo queimado, Campo sujo, Campo limpo, Vazante com caapões, Plantas aquáticas. A matriz de classificação, processada ao limiar de 11,30 (99% das amostras), apresentou os seguintes dados: Desempenho médio: 90,52, Abstenção média: 0,45 e Confusão média: 9,03.
- 3- O algoritmo MAXVER aplicado às bandas do TM e do HRV resultou na separação das seguintes classes de vegetação: Savana florestada e mata, Savana arborizada densa, Savana arborizada aberta, Savana arborizada com murundu, Babaçual.
- 4- Após ampliações na escala de 1:30.000 foram observadas que muitas feições que aparentemente eram homogêneas, começaram a ser diferenciadas, principalmente naquelas classificadas como Savana florestada. Na análise visual na tela verificou-se que no interior dessa classe a vegetação se torna mais rala, indicando somente a presença de Savana arborizada.

O algoritmo de classificação por fatiamento aplicado ao atributo índice de vegetação contribuiu na diferenciação das principais classes presentes na área de estudo, apesar de não ter diferenciado entre si as classes de Savana arborizada e não ter diferenciado o Babaçual da classe de Savana florestada.

O algoritmo de classificação MAXVER aplicado às bandas do TM apresentou o melhor resultado para a área de estudo, quando selecionou-se a composição de bandas 3, 4 e 5 para diferenciar os tipos de vegetação presentes na região. Ainda persistiu a impossibilidade de separação entre as classes de Mata e Savana florestada.

O algoritmo de classificação MAXVER aplicado às bandas do TM juntamente com as do HRV apresentou melhor resultado quando selecionou-se o conjunto: Bandas 1, 2 e 3 do HRV e banda 5 do TM. Observou-se que há necessidade de conjugar as informações da banda 5 do TM ao conjunto das bandas do HRV para que se consiga diferenciar as classes de Savana arborizada e também diferenciar o Babaçual da classe de Savana florestada.

Das composições de bandas TM realçadas, a associação 3B4G5R foi a que melhor definiu os limites da vegetação. A imagem ampliada e reproduzida em papel via impressora com qualidade

fotográfica. forneceu importante material para trabalhos em pequenas áreas. Esta opção de trabalho deve ser mais investigada.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gallo, K.P.; Daughtry, C.S.T. Differences in Vegetation Indices for Simulated Landsat MSS and TM, NOAA-9 AVHRR, and SPOT-1 Sensor Systems. *Remote Sensing of Environment* 23: 439-452, 1987.

Jackson, R.D.; Huete, A.R. Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine* 11: 185-200, 1991

Mather, P.M. Computer Processing of Remotely-Sensed Images - An Introduction. Printed by St. Edmundsbury Press Ltd., Suffolk. 352p. 1987.





## AVALIAÇÃO DE DADOS TM PARA DISCRIMINAÇÃO DE PADRÕES FITOFISIONÔMICOS DO SUL DO PANTANAL

João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA-CPAP  
Myrian de Moura Abdon - INPE-DSR  
Araê Boock - EMBRAPA-CNPGC  
Marta Pereira da Silva - EMBRAPA-CPAP

O conhecimento detalhado da cobertura vegetal é importante para se traçar planos de utilização, manejo e monitoramento, bem como associar as feições fitofisionômicas a habitats naturais da fauna. O Pantanal é um ecossistema em que essas informações são escassas, ou praticamente inexistentes. Uma ferramenta rápida e de baixaz custo, que permita obter informações confiáveis seria bastante útil, principalmente nesta região de difícil acesso. Diante deste contexto, este trabalho objetiva avaliar a potencialidade de imagens do satélite Landsat-TM, em papel fotográfico na escala de 1:100.000, para discriminação das fisionomias da vegetação em ambiente alagável.

A área de estudo localiza-se nas sub-regiões do Nabileque e Miranda, sul do Pantanal, em Mato Grosso do Sul. Está inserida no quadrado delimitado pelas coordenadas geográficas W 56° 45' a W 57° 30' e S 19° 15' a S 20° 00'. Foram utilizadas imagens da época seca (setembro/89), obtidas nas bandas 4 e 5 em B/P e em composição colorida 3B4G5R, e fotografias aéreas pancromáticas na escala de 1:20.000, do ano de 1974.

A avaliação consistiu na interpretação visual, empregando os elementos de imagens (cor, tonalidade, textura, forma, padrão e localização). Inicialmente foram definidas, nas imagens, áreas amostrais com diferentes padrões de cobertura vegetal, sendo estas verificadas no campo. As fotos aéreas foram utilizadas para avaliar áreas de maior mistura entre as classes identificadas

Como resultado foram discriminados 14 fitofisionomias para a área avaliada. Entretanto, nem sempre os limites são muito claros nas imagens, necessitando de exaustivas reinterpretações e averiguações em campo.

Os tipos de vegetação identificados foram diferenciadas estruturalmente, correspondendo aos estratos de vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, subdivididos em quatorze classes, associadas às fitofisionomias dominantes distintas floristicamente e conhecidas regionalmente por:

NOME REGIONAL	CLASSIFICAÇÃO ESTRUTURAL
1. Paratudal ( <i>Tabebuia aurea</i> )	Arbórea aberta ou Savana arbórea
2. Carandazal ( <i>Copernicia alba</i> )	Arbórea aberta e Arb. arbustiva aberta ou Savana arbórea e Savana arb. arbustiva
3. Mata Ciliar	Arbórea fechada
4. Mata Semidecidual	Arbórea fechada
5. Caapões de Mata	Arbórea Fechada
6. Mata mista de Carandazal, Paratudal e Semidecidual	Árborea fechada
7. Canjiqueiral ( <i>Byrsonima orbignyana</i> )	Arbustiva aberta ou Savana arbustiva

8. Espinheiral	Arbustiva densa
9. Espinheiral inundado	Arbustiva densa
10. Estágio Seral da Mata Ciliar	Arbustiva densa
11. Brejo	Brejo
12. Campo de gramíneas	Campo de gramíneas e ervas
13. Campo de gramíneas e arbustos	Campo de gramíneas e arbustos
14. Campo inundado.	Campo de gramíneas e ervas

A classificação estrutural foi definida por Eiten (1968) e adaptada por Boock et al. (1994).

Estes resultados foram quantificados e espacializados num mapa temático na escala de 1:100.000, que encontra-se disponível no Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (CPAP). A legenda foi apresentada com os nomes regionais e a classificação estrutural, visando facilitar a compreensão dos usuários leigos.

Quando os paratudais e canjiqueirais se apresentaram esparsos, prevaleceram as informações de campo de gramíneas nas imagens. Em paratudais misturados com canjiqueirais, ambos esparsos, prevaleceram as informações advindas dos paratudais.

As áreas de carandazais foram diferenciadas, pois na maioria das vezes ocorreram em áreas contornadas por vazantes. No entanto, quando os carandazais ocorreram junto a espinheirais, prevaleceram as informações dos espinheirais. As áreas de carandazais e mata semidecídua, e de acurizal e mata semidecídua, observadas em campo, não foram identificadas claramente nas imagens, sendo, portanto, mapeadas como mata semidecídua. A densidade alta da vegetação nestes dois temas impossibilitou a sua diferenciação quando estas ocorreram em pequenas manchas. As áreas de brejos foram discriminadas com a diferenciação das áreas de vazantes e corixos;

De maneira geral, a vegetação presente na área de estudo é adaptada a longos períodos de inundação, dificultando, em alguns casos, o trabalho de interpretação.

Foram observadas diferenças marcantes em termos de comportamento espectral (padrão de imagem) dentro do mesmo tema, devido à intensidade de uso da pastagem pelo gado e também ao grau de umidade. As diferenças de umidade no solo puderam também ser associadas a alguns ambientes: em ordem decrescente de alagamento observou-se Brejos, Espinheirais, Campos, Canjiqueirais, Paratudais, Carandazais e Matas;

A legenda do mapeamento foi adequada a potencialidade de discriminação do produto utilizado (imagem TM, com resolução de 30 metros no terreno). Considerando as peculiaridades do Pantanal, os resultados foram de excelente qualidade, concluindo-se que essas imagens podem ser utilizadas com bastante sucesso, para mapeamento fitofisionômico em áreas alagáveis.

Finalmente pode-se concluir que devido ao detalhe destas informações, as mesmas podem ser utilizadas para elaboração de planos de manejo de parques, grandes propriedades e municípios, ou para planejamento e monitoramento ambiental das várias sub-regiões da planície pantaneira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eiten, G. Vegetation forms: a classification of stands vegetation based on structure, growth of the components and vegetative periodicity. *Boletim do Instituto de Botânica* (São Paulo), (4):1-67, dez. 1968.
- Boock, A.; Araújo, M.R.; Pott, A.; Pessoti, J.E.; Silva, M.P.; Pott, V.J.; Souza, O.C. *Estratégia de ocupação e uso das pastagens nativas do Pantanal do Nabileque em Mato Grosso do Sul*. In: Utilización y manejo de pastizas. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1994. 226p. p.136-158. (IICA-PROCISUR. Diálogo, 40).



**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE DADOS RADAR (ERS-1)  
PARA ESTUDOS NO PANTANAL**

Ulf Walter Palme - INPE / DSR

Myrian de Moura Abdon - INPE / DSR

João dos Santos Vila da Silva - EMBRAPA / CPAP

Pedro Bignelli - INPE / DSR

A integração de dados de sensores óticos com dados de radares imageadores de abertura sintética (SAR) tem sido realizada recentemente em diferentes regiões do mundo, principalmente com o intuito de verificar qual a contribuição que produtos híbridos e especialmente os dados de radar podem fornecer em temáticas as mais diversas. Como o radar constitui-se em um excelente delimitador água-solo e devido ao Pantanal possuir praticamente toda a sua dinâmica fisionômica associada ao regime das águas, principalmente no que se refere a sendo o período da seca e período da cheia, decidiu-se realizar um *estudo piloto* em áreas em que já estavam sendo conduzidos trabalhos de pesquisa pelo CPAP/EMBRAPA em conjunto com o INPE. Os objetivos básicos do presente estudo foram: 1.) mapeamento da fisionomia da vegetação em parte da sub-região da Nhecolândia, e regiões do Nabileque e Miranda (que corresponde a parte da planície de inundação dos rios Paraguai e Miranda) utilizando dados do SAR / ERS-1, em comparação ao TM / Landsat e dados do HRV / SPOT; 2.) comparação em áreas inundadas entre dados SAR / ERS-1, e dados TM / Landsat em parte das sub-regiões do Nabileque e Miranda. Utilizou-se, para a região da Nhecolândia dados SAR do satélite ERS-1, da base 482 órbitas 7.641 de 31.12.92 e 10.647 de 29.07.93; para regiões do Nabileque e Miranda dados da base 253 órbita 7.412 de 15.12.92 e órbita 10.418 de 13.07.93. Os dados SAR / ERS-1 utilizados são georeferenciados (SARPPS) com espaçamento entre pixels de 12,5 m. resolução espacial de 25 m. 3 looks. na frequência de 5,3 Ghz (banda C) com polarização VV. O tratamento dos dados compreendeu as seguintes fases: 1.) conversão dos dados SAR de 16 para 8 bits com geração de nova LUT através de cálculo de média e variância com aplicativo desenvolvido no INPE para ambiente UNIX; 2.) seleção de uma área representativa das respectivas regiões de estudo para a realização de registros das imagens SAR / TM; 3.) registro SAR / TM: reamostragem da imagem SAR, através de interpolação bi-linear, para possibilitar o registro desta com a imagem TM (bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7); originalmente as imagens SAR possuem espaçamento entre pixels de 12,5 m tornando-se necessária uma reamostragem para 30 m; executou-se o registro entre as imagens SAR e TM em ambiente EASYPACE / PCI, tendo

sido utilizados 10 pontos de controle para cada um dos 4 registros efetuados em janela de 3.000 X 3.000 pixels; 4.) geração de produtos híbridos em diferentes combinações de cores - imagem final com uma banda SAR e duas bandas TM; 5.) geração de imagem multitemporal SAR; 6.) análise visual dos produtos gerados. A seguir são apresentados os resultados preliminares obtidos nos estudos desenvolvidos em cada temática: no que refere-se ao mapeamento da fisionomia da vegetação em parte da sub-região da Nhecolândia, os dados SAR apresentam alterações significativas de acordo com a época (dez. 92 período mais úmido e jul. 93 período seco) realçando e denotando a grande dinâmica e resposta da fisionomia vegetal da área associada ao regime das águas; em termos gerais as imagens SAR, quando comparadas às imagens TM e HRV, discriminam um número menor de classes fisionômicas; basicamente este fato está relacionado ao comprimento de onda da imagem SAR (neste caso de 5,6 cm); no entanto as imagens de radar parecem destacar unidades que não são prontamente identificáveis nas imagens dos sensores óticos; produtos promissores que mais evidenciam as diferentes fisionomias da área são obtidas com as bandas TM 4, 5 e 7 quando combinadas com a banda SAR; particularmente interessantes são combinações onde substitui-se a banda 4 TM (em uma composição colorida Landsat) pela banda SAR, principalmente para a vegetação que circunda as lagoas; a imagem SAR, basicamente devido ao comprimento de onda, somente responde à vegetação de maior porte; a discriminação dos diferentes tipos de lagoas parece não possível com as imagens SAR. Para as sub-regiões do Nabileque e Miranda, os dados SAR também apresentam alterações significativas de acordo com a época (dez. 92 período mais úmido e jul. 93 período seco), sendo que as áreas de *campo inundado* são prontamente identificadas nas imagens de dez. 92 relativas ao período das águas; nas imagens de julho 93, relativas ao período seco, a estrutura do Corixo Mutum (e principalmente a área de *espinheiral*) se torna extremamente realçada, praticamente desaparecendo na época das águas: as composições SAR / TM realçam as classes fisionômicas principalmente quando associadas às bandas TM 4, 5 e 7; de modo geral as imagens SAR discriminam as áreas de *campo inundado*, *campo de gramíneas*, *paratadal*, *espinheiral*, *capões de mata*. Em relação ao estudo de áreas inundadas em parte das sub-regiões do Nabileque e Miranda, pode-se afirmar que as áreas que sofrem processo de inundação são prontamente identificadas; que o produto multitemporal radar realça a dinâmica da área sobremaneira. Sugere-se estender o referente estudo para uma análise com um maior número de passagens para analisar e compreender a dinâmica de inundação. As conclusões permitem afirmar que as imagens SAR das áreas de estudo - e de modo geral da área do Pantanal - mostram claramente a dinâmica intensa desta região associada ao regime das águas e à presença de solos arenosos; que as composições SAR / TM apresentam resultados interessantes no que refere-se às

classes fisionômicas das áreas de estudo; estes resultados, no entanto, por vezes são de difícil interpretação. Deste modo sugere-se: estudo detalhado de produtos híbridos (sensores óticos X radares); utilização de outros radares como o Radarsat e principalmente o JERS-1; estudos a médio prazo com um maior número de passagens para entender a dinâmica de seca / cheia com dados radar.

#### Referências Bibliográficas:

- 1.) EOSAT NOTES, vol. 9, nr.1, 1.994
- 2.) KOOPMANS, B.N.; POHL, C.; WANG, Y. - The 1.995 flooding of the Rhine, Waal and Maas rivers in the Netherlands. Earth Observation Quarterly, nr. 47, março 1.995.
- 3.) REFLECTIONS, vol. 2, 1.993.





ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E IMAGENS FRAÇÕES DERIVADAS DO MODELO LINEAR DE  
MISTURA ESPECTRAL PARA O MONITORAMENTO DA REGIÃO DO PANTANAL

Yosio Edemir Shimabukuro  
Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo  
Flavio Jorge Ponzoni  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR  
Av. dos Astronautas, 1758  
São José dos Campos, S. Paulo, 12227-010

**Introdução**

O monitoramento dos recursos naturais inclui o processamento de imagens digitais, visando estimativas quantitativas de alterações ocasionadas por fatores naturais (ambientais) ou antrópicos.

A detecção de alterações na vegetação se realiza através da análise de imagens orbitais, incluindo as chamadas imagens-fração (IF) e imagens índice de vegetação (II). As IFs contêm informações sobre as proporções das componentes puras como vegetação, solo e sombra (água).

Este trabalho avalia o uso das IFs IIs no monitoramento da cobertura do solo na região do Alto Taquarí (MS).

**Materiais e Métodos**

As IFs e IIs foram derivadas dos dados do sensor TM/Landsat referente à órbita 225/ponto 73 adquiridas em 22/12/92 (período seco) e 12/03/93 (período chuvoso). Estas imagens recobrem uma área (RADAMBRASIL, 1982) da porção centro-norte do Estado do Mato Grosso do Sul, composta por duas unidades geomorfológicas: a planície do Pantanal e o Planalto. A planície é formada por terrenos quaternários com baixas altitudes (< 200 m) que são periodicamente inundados durante as cheias. As inundações não afetam toda a planície, ocorrendo áreas que se mantêm secas, conhecidas localmente por cordilheiras. O Planalto é formado por rochas paleozóicas predominantemente. A vegetação dominante é de savana, com formações vegetais que variam de densa a gramíneo-lenhosa. A ocupação do solo da região está orientada para a cultura da soja.

Anteriormente à elaboração das IFs e IIs, foi aplicado um método de retificação dos dados, proposto por HALL et al. (1991), com o objetivo de minimizar efeitos da geometria de iluminação e da atmosfera, por tratarem-se de imagens de passagens diferentes. O método é baseado em dois passos: 1) aquisição de um conjunto de dados de controle caracterizado pela baixa ou nenhuma variação em suas reflectâncias médias entre as imagens; 2) determinação empírica dos coeficientes para a

transformação linear de todas as imagens em relação aos dados de referência.

### Resultados

A Tabela 1 mostra os resultados do processo de retificação. Pode-se observar que, previamente à retificação, a média dos níveis digitais escuros (NDE) da imagem do período chuvoso (imagem de referência) foi mais baixa do que as do período seco. Estas diferenças podem ser atribuídas ao efeito da atmosfera e/ou a diferenças de calibração dos detetores entre as datas. Após a retificação, os valores retificados tornam-se semelhantes aos dos da imagem de referência, indicando que o método de retificação foi bem sucedido. O mesmo pode ser observado com os níveis digitais claros (NDC), que na imagem do período seco eram, em média, mais claros do que os da imagem do período chuvoso.

Tabela 1 - Níveis digitais médios dos pixels utilizados no processo de retificação.

BANDAS	Nível Digital Médio dos Pixels Escuros			Nível Digital Médio dos Pixels Claros		
	Imagem Referência	Imagem da Seca	Imagem da Seca Retif.	Imagem Referência	Imagem da Seca	Imagem da Seca Retif.
TM1	15.2658	23.4611	14.6839	15.8981	19.9791	15.2884
TM2	15.5617	26.9627	15.1329	14.6830	21.2088	14.0948
TM3	16.4904	33.2321	15.9639	11.0219	14.8507	10.8295
TM4	12.0491	31.5782	11.8897	83.0616	98.2077	82.5688
TM5	03.0078	12.5146	06.2788	42.1403	60.6956	41.6373
TM7	00.4656	04.2739	02.0212	14.0041	22.6392	13.5433

Os dados da Tabela 1 foram submetidos ao teste t para testar as seguintes hipóteses: (a)  $mNDEC = -\mu NDEs$ ; (b)  $\mu NDCc = -mNDCs$ ; onde NDEC é o nível digital escuro da imagem do período chuvoso, NDEs, é o nível digital escuro da imagem do período seco; NDCc, é o nível digital claro da imagem do período chuvoso, e NDCs é o nível digital claro da imagem do período seco. Todas as hipóteses testadas foram aceitas a um nível de significância de 0,01, indicando que os pixels escolhidos para referência pelo método de retificação obedeceram a premissa de que são pixels que apresentam "baixas variações entre as datas".

Os dados da Tabela 2 permitem comparar os níveis digitais médios de alvos extraídos da IF vegetação e da II do período de cheia (VEGE1) e do período seco (VEGERET), após a aplicação do processo de retificação. Quatro tipos de situações foram selecionadas para a comparação: 1) um caso em que houve aumento da vegetação do período seco para o cheio (AUVEG); 2) um caso em que houve aumento da fração solo do período seco para o período da cheia (AUSOL); 3) um caso em que houve aumento da

fração sombra ou água (AUSOM); 4) um caso em que o alvo não se alterou de uma data para outra (CONST).

Tabela 2 - NDs Médios da Fração Vegetação e da imagem NDVI no período de cheia e de seca após a retificação e para o NDVI não-retificado (NDVI2).

Situação	VEGE1	VEGERET	NDVI1	NDVIRET	NDVI2
AUVEG	165.52	99.04	225.24	148.74	153.61
AUSOL	111.21	152.87	170.57	215.95	211.95
AUSOM	136.19	106.58	196.48	186.38	155.95
CONST	129.88	136.68	205.08	206.65	210.09

Pela análise da Tabela 2 pode-se verificar que o nível digital da fração vegetação aumentou cerca de 67% do período seco para o período de cheia para o caso AUVEG, enquanto o NDVI aumentou cerca de 51% apenas, sugerindo que a proporção de vegetação seja um índice mais eficiente para avaliar o aumento da biomassa verde do que o próprio índice de vegetação.

Para o caso em que há um aumento da fração solo do período seco para o de cheia, a IF de vegetação acusou uma redução de 27 % no nível digital médio, enquanto que a II apresentou uma redução de apenas 21%, mostrando-se novamente menos sensível à variação de biomassa. No caso do aumento da fração sombra (ou água) do período seco para o de cheia, observou-se que houve um aumento do nível digital médio da ordem de 27% do período seco para o chuvoso, enquanto que os valores médios do NDVI aumentaram em apenas 5%. Estes resultados sugerem que o NDVI é menos sensível que a fração vegetação às mudanças da cobertura vegetal em ambientes complexos como o Pantanal.

A Tabela 2 permite observar o efeito da retificação sobre o desempenho do NDVI. Sem a retificação a sensibilidade às mudanças nos alvos é ainda menor. As porcentagens de variação do nível digital médio entre o período seco e chuvoso reduziram em cerca de 5 %, exceto para o caso em que os alvos não se modificaram de uma data para outra, quando a porcentagem de variação dobrou, embora mantendo valores baixos (2%)

#### REFERÊNCIAS

- HALL, F.G., STREBEL, D.E, NICKESON, J.E., and GOETZ, S.J., 1991, Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. *Remote Sensing of Environment* 35, 11-27.
- SHIMABUKURO, Y.E. and SMITH, J.A., 1991, The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. *IEEE Trans. Geosc. Remote Sensing*, 29(1), 16-20.
- RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá. Rio de Janeiro. Ministério das Minas e Energia. 452p., 1982.

---

## ORGANIZAÇÃO

---



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

---

## APOIO

---



BANCO DO BRASIL