

O DECLÍNIO DE UM GRANDE RIO BRASILEIRO
DETECTADO POR IMAGENS LANDSAT

Paulo Roberto Martini
Instituto de Pesquisas Espaciais
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515 - 12201 - São José dos Campos - SP - Brasil

RESUMO

São estudadas situações de ação antrópica e padrões de refletividade de água de rios na média bacia do Rio Xingu, fronteira dos estados Pará-Mato-Grosso, Brasil. A base de dados é formada por imagens multiespectrais e multitemporais do LANDSAT. No período analisado (1978-1986) observa-se um aumento na ação antrópica para fins agropecuários além do aparecimento de intensa atividade mineira profissionalizada ou não. A análise das águas mostra que o Rio Fresco, principal afluente da margem direita do Rio Xingu, passou a receber no período uma descarga intensa de detritos pelos seus afluentes também da margem direita. Esta carga detrítica, fornecida principalmente pelas áreas de mineração transformaram o Rio Fresco e afluentes em rios de água turvas. O caminho de descarga dos detritos é o Rio Xingu que a partir da cidade de São Felix também perde seu caráter cristalino, assumindo padrões em imagens de um rio turbido. Esta situação caracteriza o declínio do Rio Xingu pela turbidez adquirida em águas, por contaminantes advindos das zonas de garimpo/mineração (mercúrio?) e pelo assoreamento de seu leito. Recomendações apontam para o monitoramento por satélite das áreas críticas de mineração na Amazônia e por análises químicas das águas do Xingu.

ABSTRACT

Land use and water patterns are analysed in a section of the Xingu River basin close to the border of Para-Mato Grosso State, Brazil. Data base are multispectral and multitemporal images obtained by LANDSAT 2,3 and 5. In the period between 1978-1986 is observed some increasing in the pasture fields besides a hard growing in mineral extraction and clandestine prospecting sites. Water brightness analysis shows that Fresco River the main stream in the right margin of the Xingu River, has been gathered along the period (78-86) with coarsened sediments weathered upstreams. The detritic discharge washed from the mining activity has changed the clean water signatures of Fresco River in to turbid signatures. Fresco River meets the Xingu River in São Felix and from this site on Xingu have acquired also turbid signatures. This change detected in the Xingu River is a sight of his decline. The decline here is claimed due to: (i) the acquired turbid pattern of the river; (ii) pollutants washed from mining sites (mercury?); (iii) silting process. Satellite monitoring over mining districts in a Amazonia and chemical analysis of the Xingu waters are recommended.

1. O RIO

O Rio Xingu é um afluente da margem direita do Rio Amazonas. Compõe com os rios Tocantins e Tapajós o conjunto de grandes afluentes de águas transparentes cujas cabeceiras situam-se no Planalto Central do Brasil. Outros grandes afluentes (Purus, Madeira e Juruá) de águas barrentas são de origem andina com suas cabeceiras instaladas nas encostas da grande cordilheira.

O Rio Xingu percorre terrenos permocarbôníferos nas cabeceiras, rochas gnáissico-graníticas no curso médio e seqüências sedimentares modernas em seu baixo leito.

A maior parte de sua bacia é coberta por floresta tropical úmida. Suas cabeceiras entre tanto são ocupadas por cerrado (savana). Neste ambiente se instalaram os principais formadores do Xingu, os rios Coluene, Curisevo e Ronuro. No domínio da floresta tropical o Xingu recebe seus principais afluentes: o Iriri na esquerda

e o Rio Fresco na margem direita.

A grande bacia do Xingu é confinada ao sul pelo Planalto Mato Grossense, a leste pela Serra do Roncador e pelo grande divisor Gradaus-Carajás. Por todo este flanco, meridional e oriental da grande bacia, vem ocorrendo um processo acelerado de ocupação antrópica. Os eixos principais partem de Marabá (PA), Conceição do Araguaia (GO) e Barra do Garças (MT) e convergem para Gradaus (PA), na beira do Rio Fresco e para São Felix do Xingu, na margem direita do grande rio.

Os efeitos desta ocupação sobre os geossistemas da bacia estão por ser estudados e monitorados em profundidade. Neste trabalho serão tratados apenas os efeitos sobre as águas do Rio Xingu, principalmente no trecho

a jusante da Foz do Rio Fresco (figura 1). A base de dados utilizada para o trabalho são imagens LANDSAT conforme a tabela 1.

2. ANÁLISE

A análise constou de reconhecimento em imagens multiespectrais e multitemporais de padrões relacionados com águas cristalinas e turvas bem como de assinaturas típicas de cobertura florestal densa e de áreas modificadas por ação antrópica.

Atributos espectrais de diferentes tipos de água foram estudadas, entre outros autores, por Polcyn e Rollin (1968). As medidas tomadas por estes autores mostram que a água responde seletivamente à radiação incidente dependendo do seu estado físico-químico e do comprimento de onda. Esta seletividade da água é mais importante na faixa visível do espectro. No infravermelho próximo o comportamento da água com relação ao comprimento de onda da radiação incidente perde o caráter seletivo apresentando respostas homogêneas independentes do estado físico-químico. Tanaka e outros (1982) assinalam que partículas em suspensão e contaminantes na água servem para reduzir sua capacidade de transmitir a luz.

A partir destas constatações devem ser esperadas assinaturas espectrais diferentes entre águas cristalinas e águas temperadas por sólidos em suspensão.

A análise destes atributos da água em imagens de satélite tem sido feita por vários autores e.g. Sausen, 1981; Betancurt, 1981. A figura 2 mostra assinaturas típicas de águas em função dos canais espectrais MSS e TM. Deste gráfico desprende-se que diferenças significativas em refletividade entre águas turvas e límpidas são as registradas nos canais 1, 2 e 3 do Mapeador Temático e bandas 4 e 5 do "Scanner" Multiespectral (MSS).

O monitoramento por satélite de áreas submetidas a processos acelerados de ocupação tem sido tratado por vários autores destacando-se o trabalho pioneiro de Santos e Novo (1977). Estes autores, estudando a implantação de projetos agropecuários na Amazônia brasileira estabeleceram metodologias para se monitorar por satélite a ocupação em grandes áreas.

Neste trabalho foram extraídas de imagens LANDSAT multitemporais informações sobre o uso da terra na região de estudo. Também foram estudadas as imagens padrões espectrais das águas dos grandes rios que percorrem a área

submetendo-as também à análise temporal.

A interpretação dos dados MSS em 2 bandas foi feita diretamente sobre as cenas em papel. Para a análise dos dados TM em 4 bandas foram utilizadas transparências preto e branco no Projeto Multiespectral (MSP-4) fabricado pelo Kombinat Carl Zeiss Jena. Este sistema permitiu a análise independente ou sintetizada das 4 bandas TM. Dotado de controle em 4 níveis de intensidade para passagem de luz e de 3 filtros com intervalos rígidos, o MSP-4C mostrou-se um instrumento muito adequado para diferenciar padrões espectrais na água e nas classes de uso.

3. RESULTADOS

3.1 - O PROCESSO DE OCUPAÇÃO

As imagens MSS de 1978 mostram o médio e baixo vale do Rio Fresco com baixa densidade de ocupação antrópica. Entretanto, no alto do divisor médio Xingu Araguaia, já existia uma significativa densidade de áreas desmatadas para uso pecuário. Outras situações de uso, dirigidas à extração mineral dos ricos granitos estaníferos do Rio Fresco, eram pontuais e localizadas em Gradaus e próximo a São Felix do Xingu.

As imagens TM mais recentes (84 a 86) mostram o avanço do processo de ocupação, tendo como eixo duas vicinais que, partindo do grande divisor leste, buscam São Felix do Xingu e Gradaus. Nestas vicinais se acomodam diversos padrões espaciais e espectrais de imagem que caracterizam o uso agropecuário. Nestas imagens, porém, é notável o aparecimento de novos sítios de extração mineral, artesanais (garimpos) ou não. Estes sítios respondem nas imagens por padrões de brilho alto na banda 3 do Mapeador Temático, apresentando formas aleatórias ou indefinidas. Situam-se estes sítios nas margens de rios e igarapês, bem como no contorno ou interior dos grandes maciços graníticos. Outros padrões, possivelmente associados à mineração artesanal, são ranhuras finas na estrutura de mata densa, com brilho intenso nas imagens, indicando terra exposta. Estes padrões se distribuem densamente por toda a província estanífera. Esta atividade extrativa aparece de forma mais intensa nas imagens, para o montante de Gradaus, no vale do Rio Fresco, embora, também apareça, com intensidade, nos dois afluentes a jusante da vila mencionada, entre estes o Rio Branco.

3.2 - AS ÁGUAS

As imagens LANDSAT obtidas em 1978 mostram o conjunto de águas superficiais da região de estudo com respostas, em imagens, típicas daquelas esperadas para águas cristalinas, ou seja, de baixa refletividade no intervalo espectral do visível (MSS-5).

As imagens mais modernas (84-86) mostram um panorama completamente diferente daquele

observado em 1978. O Rio Fresco, por 200km a partir de sua foz, mostra-se com assinatura típica de água temperada por sólidos em suspensão. Claramente estes sólidos são fornecidos pelos seus principais tributários da margem direita, desde a proximidade de Gradaus para jusante. Destes tributários, o mais influente em carga de sólidos é o que encontra o Rio Fresco 5km à montante de Gradaus. A partir desta confluência é que o Rio Fresco adquire com mais intensidade o caráter espectral típico de um rio turvo e impactado.

A visão sinótica das imagens mostra que estes tributários percorrem situações de uso diversas, onde predominam atividades agropecuárias e mineração profissionalizada ou artesanal. Padrões espectrais mostram que a atividade de mineira predatória é a principal contribuinte para alimentar a carga detrítica transportada, uma vez que, a partir destes sítios, os tributários do Rio Fresco assumem o brilho de águas turvas.

O caminho natural desta carga de turbidez, ainda não medida ou analisada, é o Rio Xingu. Ali o Rio Fresco desemboca próximo a São Felix. Deste ponto para jusante, o Rio Xingu perde seus atributos espectrais de água límpida que mantinha nas imagens MSS-5 de 1978 e, incorporando a carga detrítica, passa a responder segundo as assinaturas dos rios barrentos, isto é, tons de cinza muito claros nas bandas TM 1, 2 e 3.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados apresentados permitem concluir o que se segue:

- 1 - As imagens LANDSAT mostram que o Rio Xingu mudou a "cor" original de suas águas cristalinas para barrentas devido a incorporação de material detrítico em suspensão.
- 2 - Esta mudança é observada nas imagens a partir de São Felix do Xingu e para jusante, por uma distância não ainda determinada, porém maior que 180km.
- 3 - A carga detrítica mantém assinaturas espectrais típicas nas águas do Rio Fresco, afluente da margem direita do Xingu, por mais de 200km.
- 4 - O Rio Fresco recebe este material principalmente dos seus 3 maiores afluentes da margem direita entre eles o Rio Branco.
- 5 - Estes afluentes percorrem terrenos com padrões típicos de ocupação agropecuária intensa e de atividade mineira industrial e artesanal.
- 6 - A atividade mineira ostensiva instalada depois de junho/79 é a responsável pelo lançamento de material detrítico nos rios.

- 7 - A ocupação agropecuária não é diretamente responsável pela degradação das águas, uma vez que as imagens LANDSAT de 1978, já mostravam um denso quadro desta atividade, sem haver o comprometimento em turbidez observado nos dados orbitais de 1984/1986.

Os resultados também permitem apresentar as seguintes recomendações:

- 1 - Manter sob monitoramento por satélite, áreas críticas de ocupação da Amazônia principalmente aquelas situadas em zonas de influência de grandes projetos de exploração mineral, e.g. Província Estanífera de Rondônia, Região do Rio Pitingá (AM), Província dos Carajás (PA).
- 2 - Análises químicas dos sólidos em suspensão do Rio Xingu e jusante de São Felix.
- 3 - Explorar métodos de detecção de mudança por imagens LANDSAT como instrumento de controle e monitoramento ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENTANCURT, J.J.V. PROCESSAMENTO DE DADOS MULTIESPECTRAIS OBTIDOS POR PLATAFORMAS ORBITAIS DA SÉRIE LANDSAT PARA ESTUDOS DE QUALIDADE DA ÁGUA NA BAIJA DA GUANABARA. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2181-TDL/058).
- POLCYN, F.C.; ROLLIN, R.A. REMOTE SENSING TECHNIQUES FOR LOCATION AND MEASUREMENT OF SHALLOW WATER FEATURES. Ann Arbor, MI, University of Michigan, 1968. Willow Run Lab. 196. (Report nº 8973-10-P).
- SANTOS, A.P.; NOVO, E.M.L.M. USO DE DADOS DO LANDSAT 1 NA IMPLANTAÇÃO, CONTROLE E ACOMPANHAMENTO DE PROJETOS AGROPECUÁRIOS NO SUDESTE DA AMAZÔNIA LEGAL. São José dos Campos, INPE, Jun., 1977. (INPE-1044-TPT/056).
- SAUSEN, T.M. ESTUDO DA DINÂMICA DO ALTO RIO SÃO FRANCISCO E RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS ATRAVÉS DE IMAGENS MSS/LANDSAT. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2249-TDL/066).
- TANAKA, K.; INOSTROZA, H.M.; BETANCURT, J.J.V. INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E APLICAÇÕES EM OCEANOGRAFIA. São José dos Campos, INPE, 1982. (INPE-2368-MD/019).

TABELA 1
BASE DE DADOS LANDSAT

Órbita	241/65	240/65	224/65	225/65	225/64
Datas	22.6.78 26.6.79	23.5.80	22.6.86	11.6.84 15.7.86	15.7.86
LANDSAT (L)	L2, L3	L3	L5	L5	L5
Produto	Papel P/B	Papel P/B	Papel p/B	Filme P/B	Papel P/B
Escala	500.000	500.000	500.000	2.000.000	500.000
Sensor	MSS	MSS	TM	TM	TM
Bandas	5,7	5,7	3	1,2,3,4	3
Intervalo (um)	0,6-0,7 0,8-1,1	0,6-0,7 0,8-1,1	0,63-0,69	0,45-0,52 0,52-0,60 0,63-0,69 0,76-0,90	0,63-0,69

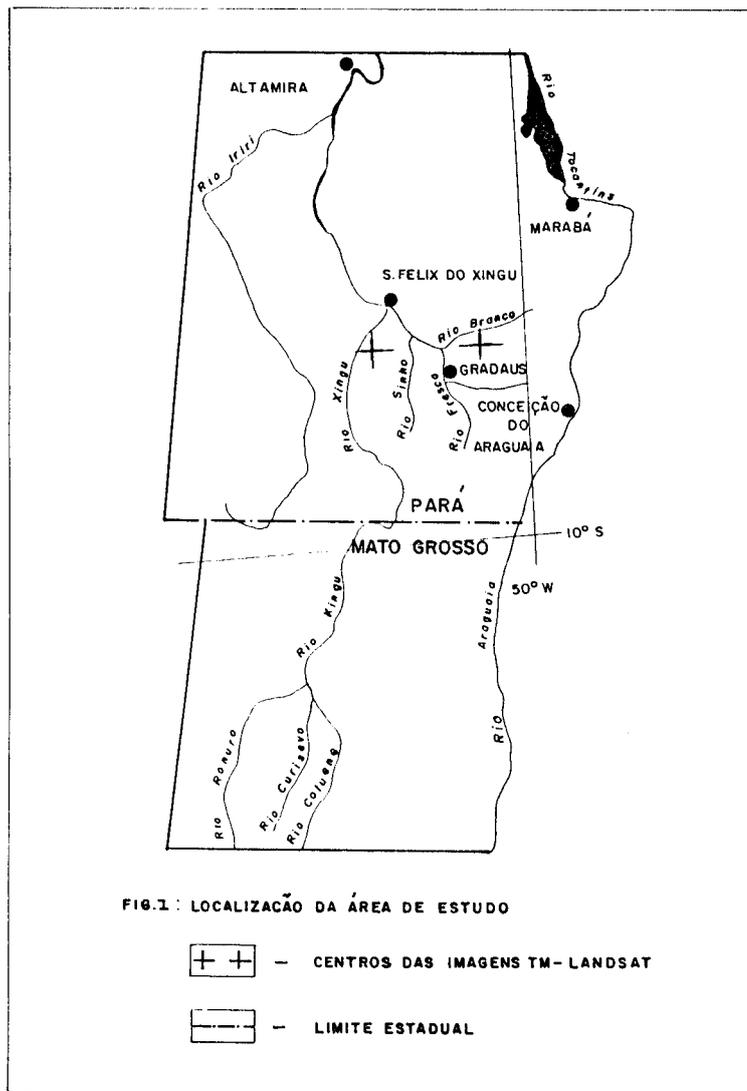


FIG. 1 - Localização da Área de Estudo

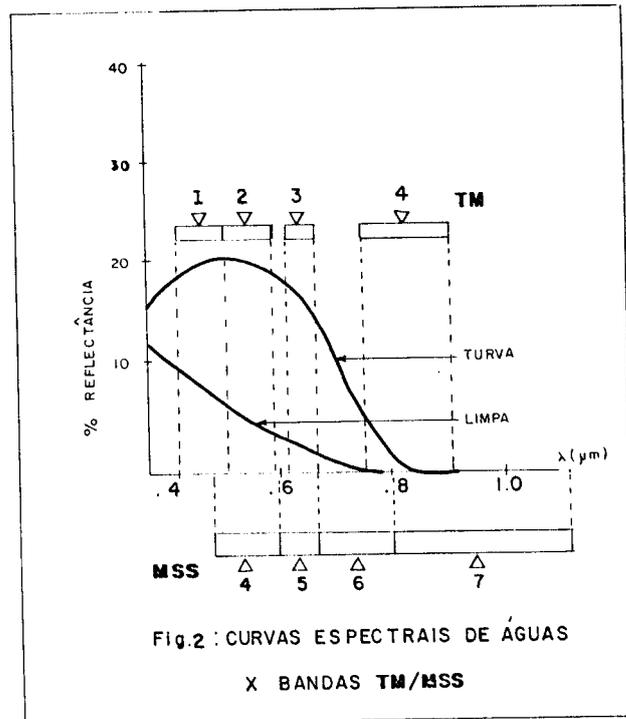


Fig.2 : CURVAS ESPECTRAIS DE ÁGUAS
X BANDAS TM/MSS

FIG. 2 - Curvas Espectrais de Águas