

# VARIAÇÃO TEMPORAL DE ÁREAS OCUPADAS POR MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO DE TUCURUI ATRAVÉS DE DADOS DO SATÉLITE LANDSAT/TM

Myrian de Moura Abdon  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515  
12201 - São José dos Campos - SP

Marion Meyer  
Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE  
Av. Dr. João Guilhermino, 429 - 11º andar  
12245 - São José dos Campos - SP

## RESUMO

Áreas ocupadas por macrófitas aquáticas no reservatório de Tucuruí, Rio Tocantins, Estado do Pará, foram identificadas em imagens obtidas do sensor TM do LANDSAT-5. Foram utilizadas imagens do período de estiagem, em anos consecutivos, de 1986 a 1989. A classificação das áreas ocupadas por macrófitas aquáticas se fez, a princípio, pelo fatiamento da imagem-índice de vegetação normalizada (INDVEG), gerada a partir de dados digitais das bandas 3 e 4 do LANDSAT/TM. As classes obtidas pelo fatiamento da imagem INDVEG serviram como área de treinamento para a classificação final de toda a área do reservatório pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança "MAXVER". Os resultados são apresentados em forma de mapas na escala de 1:250.000, onde se encontram realçadas as áreas ocupadas por macrófitas aquáticas.

## ABSTRACT

LANDSAT/TM data were used to identify the occurrence of aquatic macrophytes within the Tucuruí reservoir, Pará state, Brazil. Images of the dry period were used in the consecutive years from 1986 to 1989. The classification of the macrophyte areas was done by slicing vegetative index imagery derived from applying the normalized ratio between LANDSAT/TM bands 3 and 4. Those classes were used as training sites to implement a maximum likelihood classification on the remaining study area. The results were plotted in maps using the scale of 1:250,000.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção do reservatório de Tucuruí (PA) teve por objetivo suprir deficiências na produção de energia no Norte e Nordeste do Brasil. Entre seus grandes consumidores de energia encontram-se o Projeto Ferro-Carajás; a ALBRÁS, para a produção de alumínio metálico em Vila do Conde, no Pará; a ALCOA, no Maranhão, para a produção de alumina (Santos e Andrade, 1988).

Os reservatórios interferem e modificam o meio ambiente causando impacto sobre os ecossistemas naturais e sobre as atividades humanas e provocam alterações no microclima regional. As atividades humanas, o aumento da erosão no "entorno" da represa e a vegetação não-retirada das áreas alagadas pelo fechamento da barragem são responsáveis pelo aumento das concentrações de nitratos e fosfatos na água, as quais desencadeiam um processo acelerado de eutrofização (Esteves, 1988).

Uma das consequências que o processo de eutrofização traz aos sistemas aquáticos é o aumento da disponibilidade de fosfatos e nitratos, o que favorece o crescimento de plantas denominadas macrófitas aquáticas. Embora não se tenha nenhuma informação quantitativa sobre a exigência de nutrientes das espécies de macrófitas aquáticas, não há nenhuma dúvida de que sua taxa de crescimento está fortemente relacionada ao regime de nutrientes (Esteves, 1986).

Tem-se observado, no decorrer dos anos, uma variação no crescimento das macrófitas aquáticas na represa de Tucuruí. Seu monitoramento por meios convencionais, entretanto, é dificultado pelas dimensões da represa. Em virtude disso, procurou-se desenvolver uma metodologia de detecção e mapeamento de macrófitas aquáticas, com base em dados de satélite. Este trabalho apresenta a variação de áreas ocupadas por macrófitas aquáticas, em períodos de estiagem, de 1986 a 1989, no reservatório de Tucuruí, através de dados do satélite LANDSAT-5.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Segundo Santos e Andrade (1988), o reservatório de acumulação hidráulica da Usina Hidrelétrica de Tucuruí estende-se, além do município de Tucuruí, aos municípios de Jacundá e Itupiranga, ambos também no Estado do Pará. A UHE - Tucuruí barra o Rio Tocantins em seu trecho baixo a 300 quilômetros da foz e, ou, em linha reta da cidade de Belém, logo após a confluência deste rio com o Araguaia, seu principal tributário.

Com uma extensão longitudinal de 170 Km na direção norte-sul, este reservatório tem uma área de acumulação de 2430 km<sup>2</sup> em sua cota máxima normal (72 metros).

O processo de eutrofização observado nesta represa é devido principalmente à vegetação remanescente da área que foi alagada e à crescente ocupação no "entorno" do reservatório.

## 3. MATERIAL

● Imagens do satélite LANDSAT-5, órbita 224, ponto 63, obtidas nas bandas 3, 4 e 5 do sensor TM que correspondem aos intervalos espectrais de 0,63 µm a 0,69 µm, 0,76 µm a 0,90 µm e 1,55 µm a 1,75 µm.

Foram utilizadas neste trabalho imagens do período de estiagem que datam de 26/06/86, 27/07/87, 22/06/88 e 16/07/89.

## 4. MÉTODO E RESULTADOS

### 4.1 - GERAÇÃO DE IMAGENS ÍNDICE DE VEGETAÇÃO

A partir dos dados digitais das bandas 3 (visível = VIS) e 4 (infravermelho = IVP), gerou-se para cada ano do período estudado uma imagem "Índice de vegetação" (INDVEG) através de algoritmo disponível no sistema SITIM-210 que considera a equação:

$$DN = (IVP - VIS) / (IVP + VIS),$$

(in Gallo e Daughtry, 1987), onde DN = Índice de vegetação da diferença normalizada.

### 4.2 - AQUISIÇÃO DE HISTOGRAMAS

Após a transformação dos valores DN em níveis de cinza, adquiriram-se histogramas das imagens INDVEG de 1986, 1987, 1988 e 1989. Segundo Abdon e Figueiredo (1988), os histogramas obtidos nas imagens INDVEG apresentam uma distribuição multimodal, onde cada modo definido por um intervalo de nível de cinza diferencia uma classe na ocupação do solo ou superfície da água.

### 4.3 - GERAÇÃO DE CLASSES HOMOGÊNEAS QUANTO AO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO

Com base nos intervalos de nível de cinza definidos nos histogramas, foram feitas classificações através do algoritmo de fatia-

mento "SLICER" (Ribeiro et al., 1981), e as classes obtidas são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1  
CLASSES DIFERENCIADAS COM O ALGORITMO DE FATIAMENTO NA IMAGEM INDVEG

CLASSE	INTERVALO DE NÍVEL DE CINZA EM 1986
ÁGUA + PALITEIRO	0 - 108
MACRÓFITAS AQUÁTICAS	109 - 169
FLORESTA	170 - 255
	INTERVALO DE NÍVEL DE CINZA EM 1987
ÁGUA + PALITEIRO	0 - 130
MACRÓFITAS AQUÁTICAS	131 - 192
FLORESTA	193 - 255
	INTERVALO DE NÍVEL DE CINZA EM 1988
ÁGUA + PALITEIRO	0 - 147
MACRÓFITAS AQUÁTICAS	148 - 197
FLORESTA	198 - 255
	INTERVALO DE NÍVEL DE CINZA EM 1989
ÁGUA + PALITEIRO	0 - 150
MACRÓFITAS AQUÁTICAS	151 - 221
FLORESTA	221 - 255

Além das classes presentes na Tabela 1, foram observadas, na região de estudo, áreas em solo firme com pouca vegetação entre regiões de floresta. Os padrões encontrados nestas áreas levam a crer que estas tenham sido desmatadas há algum tempo. Nas datas das imagens gravadas, estas áreas com vegetação esparsa apresentavam-se com os índices de vegetação semelhantes aos das áreas de macrófitas. As classificações feitas com o algoritmo de fatiamento não possibilitam a diferenciação destas regiões com vegetação esparsa, em solo firme, das regiões ocupadas por macrófitas aquáticas.

### 4.4 - ELABORAÇÃO DOS MAPAS NO PROCOM

Foram elaborados, a seguir, no PROCOM, mapas na escala de 1:250.000 das áreas ocupadas por macrófitas no período de 1986 a 1989, com base nos fatiamentos observados na Tabela 1.

Nestes mapas foram plotados apenas os temas que constavam dentro dos limites da área alagada pelo reservatório de Tucuruí.

#### 4.5 - CÁLCULO DE ÁREAS OCUPADAS POR MACRÓFITAS

Para os cálculos das áreas ocupadas por macrófitas aquáticas em Tucuruí, nos quatro anos de estudo, houve necessidade de se aplicar, para cada ano, um algoritmo que diferenciasse todas as classes presentes tanto dentro dos limites do reservatório quanto no seu "entorno". Optou-se pelo algoritmo de classificação por máxima verosimilhança "MAXVER" (Ribeiro et al., 1981), o qual foi aplicado aos seguintes atributos espectrais: bandas 3, 4 e 5.

Na Tabela 2 podem ser observados os dados que indicam a variação temporal no período de 1986 a 1989 das áreas ocupadas por macrófitas aquáticas no reservatório de Tucuruí, em época de estiagem.

TABELA 2

ÁREAS OCUPADAS POR MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO PERÍODO DE ESTIAGEM DOS ANOS DE 1986 A 1989, EM UHE-TUCURUI

ANO	ÁREA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS (EM KM <sup>2</sup> )
1986	861,70
1987	818,70
1988	708,10
1989	690,40

#### 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

No período entre 1986 a 1989 pôde ser constatada uma diminuição das áreas ocupadas por macrófitas aquáticas no reservatório de Tucuruí, tal qual foi mostrado na Tabela 2.

No entanto, quando se procede uma avaliação, por partes, da região de estudo, nota-se que a variação das áreas ocupadas por macrófitas ocorreu de forma diversa em cada região.

Na Figura 1 estão assinaladas as áreas do reservatório de Tucuruí que são referenciadas em particular na avaliação que se segue.

Considerando-se uma subdivisão do reservatório, de acordo com a ocupação por macrófitas em região superior (NORTE) acima da Belauto e do Pucuruizinho e inferior (SUL), constatou-se que a região superior apresentou redução de área entre 1986 a 1988, permanecendo inalterada até 1989. Na região inferior, no entanto, notou-se um aumento das áreas ocupadas por macrófitas aquáticas, principalmente dentro dos braços, sendo que em 1989 ocorreu nítida redução em áreas marginais próximas da calha do reservatório e em menor escala dentro dos braços.

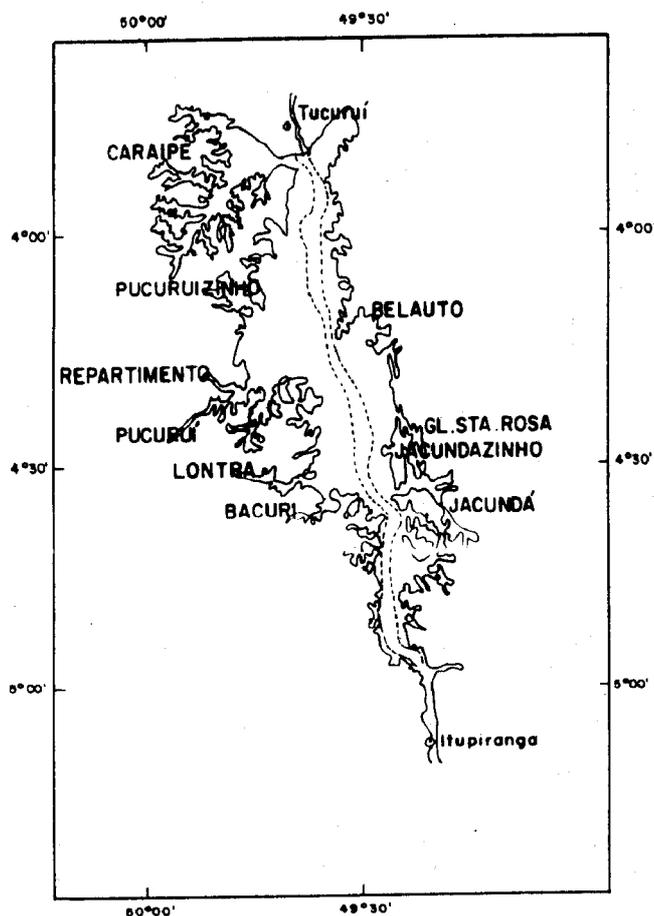


Fig. 1 - Reservatório de Tucuruí.

Em ambas as regiões a redução de áreas ocupadas por macrófitas se deu, mais drasticamente, próximo à calha. Isto pode ser explicado pelo fato de, nesta região, serem encontrados os menores períodos de residência da água e maior atuação dos ventos e ondas.

Numa subdivisão do reservatório em margem direita e esquerda, pôde ser observado que na margem direita, ao norte da Belauto, houve de 1986 a 1987 quase que total desaparecimento das macrófitas presentes na região. Esta é uma região de margens altas e sem rios e igarapês desembocando; conseqüentemente é uma área com pouco aporte de nutrientes.

Ao sul da Belauto houve forte e gradativo desaparecimento das áreas ocupadas por macrófitas, numa região de denso paliteiro próximo à calha, no período de 1986 a 1989.

Um pouco mais ao sul, na região chamada Jacundazinho, houve grande aumento das áreas de macrófitas de 1986 a 1987, mas se manteve constante em 1989.

Ainda na margem direita, na região denominada Jacundá, houve um crescente aumento de macrófitas de 1986 a 1989. Isto pode ser explicado em função da localização desta região bem após a curva do Rio Tocantins, na entrada do reservatório, favorecendo aí o aporte de material alóctone, tal como plantas aquáticas e nutrientes.

Na margem esquerda, ao norte do Pucuruizinho, as áreas de macrófitas que se apresentavam próximas à calha, desapareceram de 1986 para 1987, e no Carapê foi observado um pequeno aumento das macrófitas no fundo dos braços de 1988 para 1989.

Nas regiões do Pucuruizinho, Repartimento e Pucuruí foi observado aumento das áreas ocupadas por macrófitas, nos braços, principalmente de 1987 para 1988.

Deve-se ressaltar que a margem esquerda do reservatório, além de ter em seu "entorno" uma crescente ocupação humana, tem também inúmeros rios e igarapês que desembocam na área, trazendo uma maior quantidade de nutrientes do que o observado na margem direita.

Na margem entre base 1 e base 3 foi drasticamente diminuída a área ocupada pelas macrófitas aquáticas. É uma região fortemente influenciada pela calha do Tocantins, com baixos períodos de residência da água.

Ainda na margem esquerda, as regiões do Lontra, do Bacuruí e ao sul do Bacuruí, foi observado aumento das áreas de macrófitas até 1988. A partir daí, essas regiões apresentaram-se com suas áreas de macrófitas reduzidas.

Os mapas das áreas ocupadas por macrófitas aquáticas no reservatório de Tucuruí, na escala de 1:250.000, encontram-se em posse do autor.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Eletronorte - Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. o apoio logístico proporcionado em ocasião dos trabalhos de campo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDON, M. M.; FIGUEIREDO, D.C. Áreas de Macrófitas Aquáticas classificadas através de Índices de Vegetação Extraídos de Imagens LANDSAT/TM. In 3<sup>rd</sup> Latin American Symposium on Remote Sensing, Acapulco, México, 5-9 December, 1988.
- ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. Ed. Interciência/Finep. São Paulo. 575 p. 1988.
- ESTEVES, F.A.; BARBOSA, F.A.R. Eutrofização Artificial. A Doença dos Lagos. Ciência Hoje (5/27): 57-61, 1988.
- 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.

RIBEIRO, E.A.; Ii, F.A.M.; MOREIRA, J.C.; DUTRA, L.V. Manual de usuários dos sistemas de tratamento de imagens digitais. São José dos Campos, INPE. Departamento de Informática DCC-LTID, 1982.

SANTOS, L.A.O.; ANDRADE, L.M.N. As Hidrelétricas do Xingu e os Povos Indígenas. Comissão Pro-Índio de São Paulo, 196 p., 1988.