

MAPEAMENTO DE MACRÓFITAS E PALITEIROS DO RESERVATÓRIO DE TUCURUÍ (PARÁ), UTILIZANDO IMAGENS RADARSAT

CÍNTIA HONÓRIO VASCONCELOS¹
EVLYN MÁRCIA LEÃO DE MORAES NOVO²

¹CRHEA - Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400 Centro - 13560-970 – São Carlos - SP, Brasil
cintia@ltid.inpe.br

²INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
evlyn@ltid.inpe.br

Abstract. The RADARSAT - SAR is a satellite of synthetic aperture that operates in C-Band, microwave region. The main advantage of radar systems is their capacity to collect data under any atmospheric condition, penetrating cloud covers. In rainy periods in the Brazilian Amazon, it is impossible to obtain images of optical sensors. Therefore, it is necessary to turn to radar images to get information about the dynamic of Amazon Reservoirs during such periods. The purpose of this paper is to compare two different classification approaches so as to classify aquatic plants, “paliteiros” (dead tree trunks emerged) and open water (water without emerged tree trunks and aquatic plants) in the Tucuruí reservoir (Para state). The dispersion of aquatic plants will then be indirectly related to the proliferation of malaria vectors in this region. Using RADARSAT – C, LANDSAT5 – TM images and aerial photographs, to validate satellite data, the best result obtained was by combining bands 3 (blue), 4 (green) of TM sensor with C-Band (red) of RADARSAT.

Keywords: remote sensing, radar, reservoir, aquatic plants.

1. Introdução

Os sistemas de radar operam na região das microondas do espectro eletromagnético o que proporciona uma grande capacidade de operar sob condições de cobertura de nuvem e precipitação. Os radares registram a resposta do sinal de um alvo em um específico comprimento de onda ou frequência, diferente dos sensores ópticos que registram a energia eletromagnética por canais ou bandas Henderson e Lewis (1998). Devido à flexibilidade do modo de aquisição das imagens de radar, é possível utilizá-las em conjunto com imagens de outros satélites, Serafini et al.(1999).

Para os estudo de recursos naturais em regiões tropicas, onde a cobertura de nuvens é intensa, durante as estações chuvosas, o radar se apresenta como importante ferramenta, pois possibilita o monitoramento de formações vegetais, o acompanhamento da dinâmica das águas e do uso e ocupação da terra.

Tendo em vista a grande utilidade das imagens e radar, este trabalho tem como objetivo comparar metodologias diferentes para separar áreas de macrófitas, paliteiros e água aberta do reservatório de Tucuruí – PA para posteriormente observar a dispersão das plantas aquáticas (macrófitas) que estão relacionadas indiretamente à proliferação de vetores da malária nessa região. Segundo Forattini (2002), o mosquito *An. darlingi*, principal vetor da malária na Amazônia, possui como criadouro coleções de águas límpidas a certa profundidade, dotadas de vegetação flutuante ou emergente.

Neste trabalho foram utilizadas combinações de imagens RADARSAT e TM LANDSAT5 e para obter resultados mais confiáveis na classificação, foram utilizadas fotografias aéreas na escala de 1:10.000.

2. Área de Estudo

A área de estudo está situada no reservatório de Tucuruí. A barragem que forma o reservatório encontra-se no rio Tocantins, no estado do Pará a 300 Km ao sul da capital Belém. Na **Figura 1** encontra-se a localização da área de estudo. O reservatório possui uma área superficial de aproximadamente 2.800 Km² na cota de 72 m e o perímetro externo total é de aproximadamente 3.700 Km, Lima (1997).

A superfície do reservatório é extremamente dendrítica, o que propicia o surgimento de áreas com propriedades limnológicas diversas. Devido à redução da velocidade da água e o acúmulo de nutrientes nesses locais ocorre grande proliferação de plantas aquáticas, Noernberg et al.(1999).

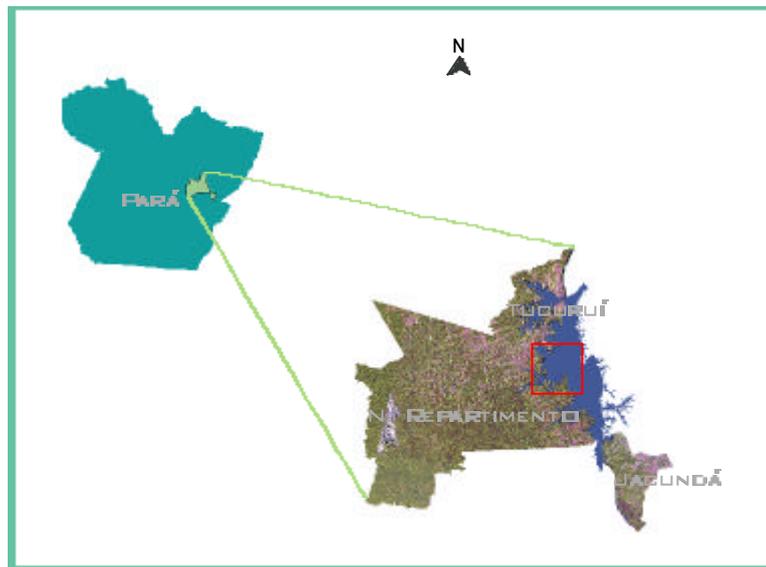


Figura 1. Área de estudo.

3. Materiais e Métodos

Para a realização deste estudo utilizaram-se as seguintes informações:

- Imagem RADARSAT de abril de 1997;
- Imagem TM-LANDSAT 5 com órbita/ponto 224/63 de julho de 1996;
- Fotografias aéreas na escala de 1:10.000 de abril de 1997;
- Máscara das ilhas e do limite do reservatório, na cota máxima de 72 m, fornecida pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica);
- Os softwares SPRING 3.6 e ENVI 3.5.

As etapas metodológicas encontram-se descritas no fluxograma da **Figura 2**.

Foi necessário a utilização da máscara da classe “ilhas” (Aneel), porque estas são confundidas com a classe “macrófitas” tanto na imagem óptica quanto na imagem de radar. Para facilitar o procedimento, as ilhas e macrófitas foram classificadas como sendo a mesma classe e no mosaico para compor a imagem classificada final, o PI que continha as ilhas (Aneel) foi o primeiro a ser mosaicado para em seguida ser sobreposto pelo PI extraído da classificação (macrófitas + ilhas), resultando na separação entre estas.

Quando se realizou a primeira classificação da imagem de radar, obteve-se boa separação das classes “macrófitas + ilhas”, “água aberta” (sem paliteiros e sem macrófitas), mas a classe “paliteiros” foi subestimada. Para se tentar melhorar esse problema, o PI gerado nessa classificação (macrófitas + ilhas) foi usado para recortar esses temas da imagem. A imagem

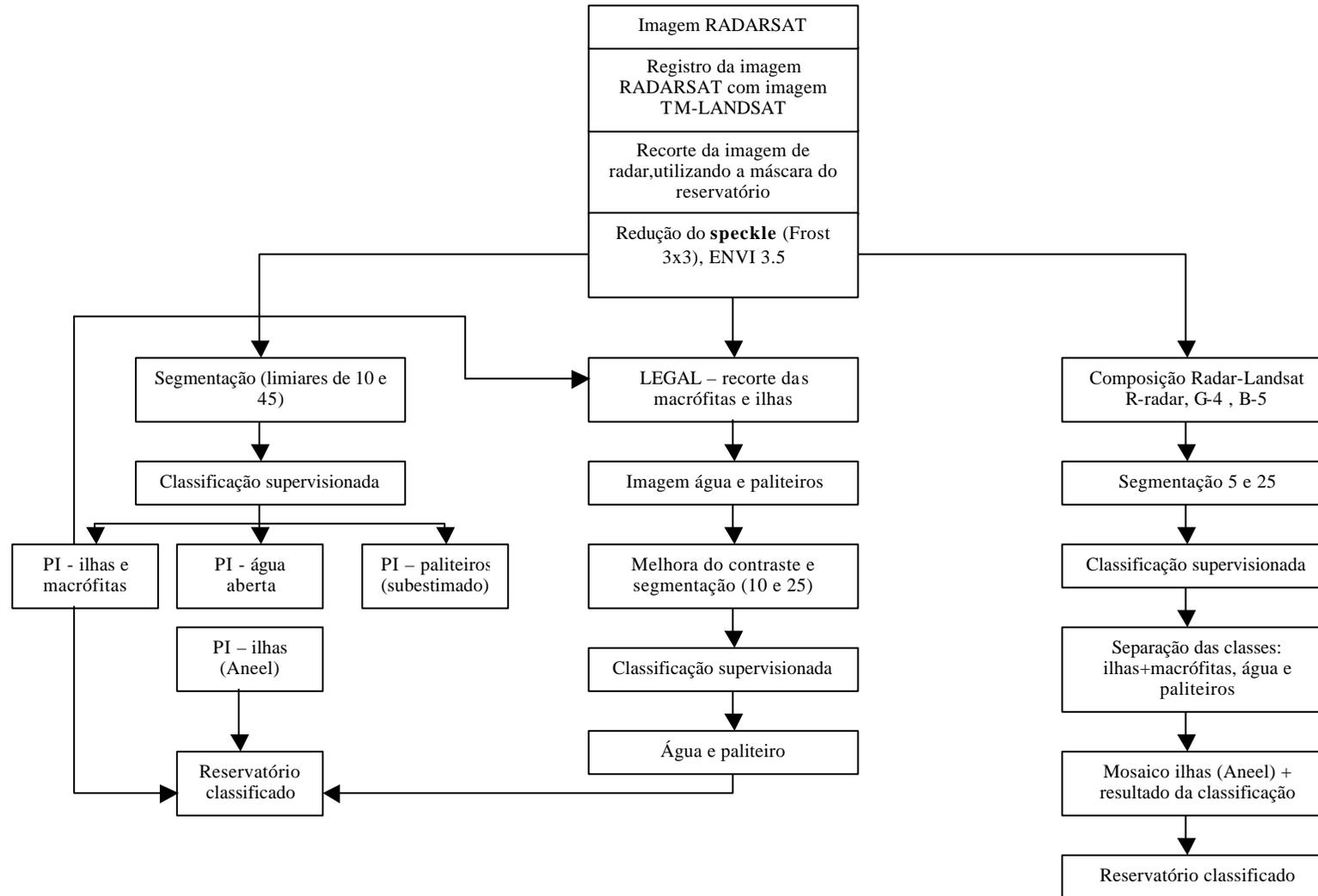


Figura 2. Descrição do procedimento metodológico utilizado para separar as diferentes classes do reservatório

recortada contendo apenas água e paliteiro foi classificada novamente, resultando em uma melhor separabilidade entre essas classes.

A segunda metodologia utilizada para classificar a imagem do reservatório foi combinar a imagem RADARSAT com imagem LANDSAT criando-se uma imagem falsa cor em que se atribuíram as cores Vermelho (R), Verde (G) e Azul (B) para as imagens de radar, banda TM4 e banda TM 5, respectivamente. A partir dessa composição foi realizada uma segmentação e uma classificação supervisionada, utilizando o classificador Bhattacharya. Para obter a imagem classificada final por esse método, realizou-se um mosaico onde o primeiro PI introduzido foi o das ilhas, fornecido pela Aneel, e em seguida foi inserido o resultado da classificação obtendo-se o reservatório classificado.

4. Resultados

Os resultados obtidos pela primeira metodologia encontram-se na **Figura 3** e **Figura 4**. Observa-se na **Figura 3** que a classe paliteiro foi subestimada quando comparada com a mesma classe obtida na classificação da imagem recortada, apenas com água e paliteiro (**Figura 4**). Na primeira classificação, a classe paliteiros ocupou uma área equivalente a 92,8 Km² enquanto que a classificação da imagem recortada essa classe passou a ocupar 185,5 Km².

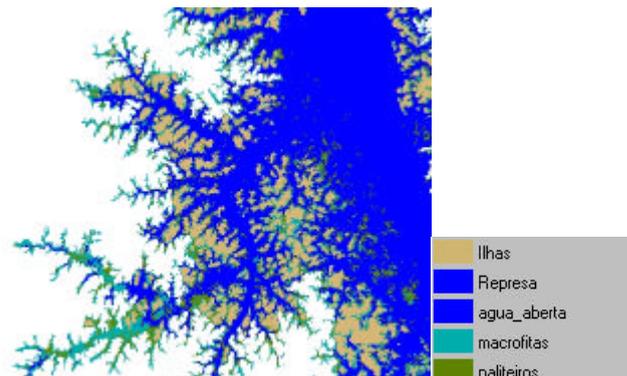


Figura 3. Resultado da classificação da imagem de radar (sem recorte) pelo primeiro procedimento metodológico.

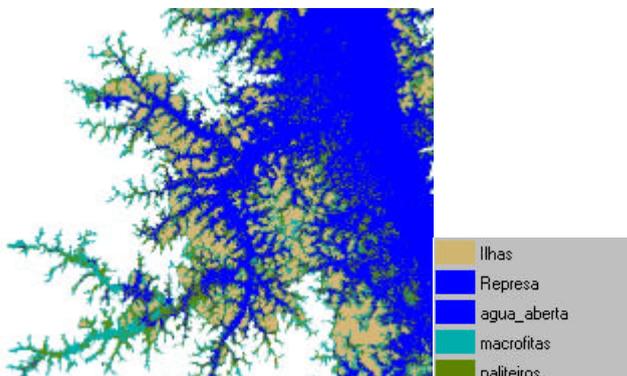


Figura 4. Resultado da classificação da imagem de radar recortada (sem ilhas e sem macrofitas) pelo primeiro procedimento metodológico.

Os resultados obtidos, classificando-se apenas a imagem de radar não foram satisfatórios. Na primeira tentativa, grandes aglomerados de paliteiros (árvores secas) não foram mapeados pela classificação e quando a imagem foi recortada, permanecendo apenas água e paliteiros, estes foram confundidos com a rugosidade da superfície da água da represa causada pelo vento ou mesmo pelo speckle (ruído) que não foi totalmente removido da imagem de radar.

Melhores resultados foram obtidos quando se usou a combinação da imagem RADARSAT com a imagem LANDSAT. Na **Figura 5**, encontra-se a composição colorida radar (R), banda TM4 (G) e banda TM5 (B).

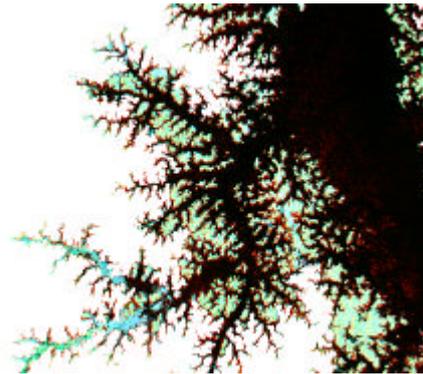


Figura 5. Composição colorida radar (R), banda TM4 (G) e banda TM5 (B).

A imagem de radar realçou os paliteiros (em vermelho) e as macrófitas também foram destacadas, visto que as bandas 4 e 5 referentes às regiões do infravermelho do espectro eletromagnético, são sensíveis à biomassa e a fenologia da vegetação. Como existem diferenças no dossel, na estrutura interna da folha e na quantidade de água absorvida pelos diferentes gêneros de macrófitas aquáticas, foi possível visualizar diferenças fenológicas e de espécies. Mas mesmo optando-se por essa composição, a classificação não permitiu separar as plantas aquáticas flutuantes da vegetação presente nas ilhas. Esse problema foi contornado com a utilização da máscara de ilhas da Aneel. Foi observado que na borda das ilhas há uma distorção devido à posição de imageamento lateral do radar. Em decorrência dessa distorção o classificador não distingue perfeitamente as áreas de macrófita e paliteiro que ocorrem nas suas margens. Mas, ao observar as fotografias aéreas, percebe-se que as macrófitas se acumulam nessas áreas e nas épocas em que o nível do reservatório for mais baixo, parte da vegetação antes submersa irá surgir como paliteiros.

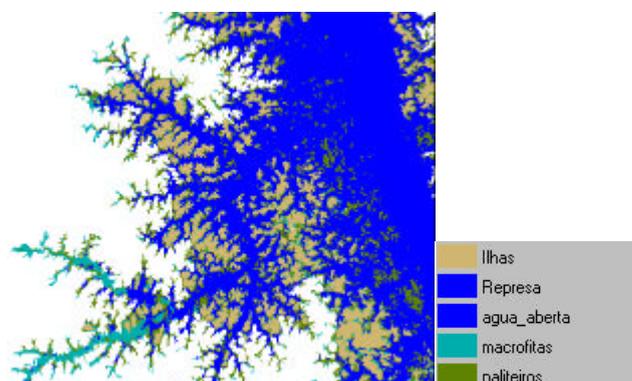


Figura 6. Classificação a partir da combinação da imagem de radar com imagem de sensor óptico.

O resultado da classificação que combina a imagem de radar com a do sensor óptico encontra-se na **Figura 6**. Na **Tabela 1** encontram-se os valores em Km² da área ocupada por cada classe resultante das diferentes abordagens adotadas. Nesta **Tabela 1**, observa-se que a área ocupada por paliteiros na classificação da imagem RADARSAT/TM é um valor intermediário entre o obtido pelas classificações utilizando apenas a imagem de radar.

Tabela 1. Área em Km² ocupada por cada classe nas classificações realizadas.

Classificações	Macrófitas	Água aberta	Paliteiros
Imagem de radar sem recorte	134,8	588,4	92,8
Imagem de radar recortada	135,3	503,5	185,5
Composição radar/TM	60,6	605,6	149,2

5. Conclusões

Os dados provenientes apenas da imagem do satélite RADARSAT-SAR não permitiram uma boa separação das diferentes classes do reservatório de Tucuruí. Nas duas tentativas, ocorreu uma subestimativa ou superestimativa da classe paliteiros. A combinação dos dados SAR e TM, entretanto, proporcionou um bom resultado. O SPRING, software de geoprocessamento, possibilitou o cruzamento dos resultados parciais das classificações por proporcionar o uso da álgebra de mapas.

Referências

- Forattini, O. P. *Culicidologia médica*. São Paulo: Edusp, 2002. 860 p.
- Henderson, F.M.; Lewis, A. *Principles and applications of imaging radar. Manual of Remote Sensing*, 3 ed., v.2.1998.
- Lima, I.B.T. *Utilização de imagens históricas TM para avaliação da emissão de CH₄ na UHE Tucuruí*. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997. 87p.
- Noernberg M.A.; Novo, E.M.L.M.; Krug, T. Aplicação de sistemas radar no monitoramento de infestações de plantas aquáticas em reservatórios: vantagens e limitações. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 5, p.41-54, 1999.
- Serafini, M.C.; Raed, M.A.; Antes, M.E.; Cuello, A.R. Monitoreo del uso y cobertura de la tierra en el area de la cuenca del Rio Lujan mediante datos de radar. In: *GlobeSAR 2 Final Symposium, RADARSAT applications in Latin America*, Buenos Aires, May 1999. *Anais*.