

Utilização de índices espectrais de vegetação (MODIS) na determinação de áreas suscetíveis a alagamento no Pantanal Sul-mato-grossense

Elizabeth Goltz¹
Daniela Brandão¹
Lívia R. Tomás¹
Luiz Rogério Mantelli¹
Marcos Adami¹
Yosio Edemir Shimabukuro¹
Antônio Roberto Formaggio¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos, SP, Brasil
{goltz, dany, livia, rogerio, adami, yosio, formag }@dsr.inpe.br

Resumo. O Pantanal é a maior área úmida tropical do planeta, onde ocorrem inundações sazonais pelo Rio Paraguai e seus afluentes. Alterações nesta dinâmica influenciam diretamente o bioma. O objetivo deste trabalho é tentar determinar as áreas suscetíveis de alagamento nas regiões de Paiaguás e Nhecolândia (Pantanal Sulmatogrossense), utilizando imagens multitemporais índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor MODIS/TERRA. Foram adquiridas imagens do produto MOD13 (Índice de Vegetação) do sensor MODIS entre os anos de 2000 e 2005. A partir destas imagens foi realizada a média mensal para cada índice (EVI e NDVI), com o intuito de observar o comportamento ao longo do ano. Em seguida, selecionaram-se as imagens de mínimo e máximo (EVI e NDVI) para cada ano. Com este resultado, foram geradas as imagens diferença (máximos-mínimos). Observou-se que nestas imagens diferença, algumas áreas apresentavam valores negativos, isto é, nestas regiões os valores dos índices de vegetação eram maiores na época da seca do que na época da cheia. Desta forma, deduziu-se que estas áreas (valores negativos), durante a época da cheia se encontravam alagadas (valores dos índices de vegetação menores). Com estas informações gerou-se uma imagem final com as áreas prováveis de alagamento para os dois índices em cada ano. Além disso, notou-se que o EVI é mais sensível às mudanças da cobertura e conseguiu destacar a drenagem na região de estudo.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, análise multitemporal, índices de vegetação, MODIS, Pantanal.

Abstract. Pantanal is the largest tropical wetland on the planet, where occurs seasonal flooding caused by Paraguay River and its tributaries. Changes in this dynamic directly influence the biome. The objective of this work is to try to determine susceptible flooding areas in the regions of Paiaguás and Nhecolândia (Pantanal), using multitemporal vegetation index (NDVI and EVI) images provided by MODIS/TERRA sensor. Images from MOD13 product (vegetation index) acquired between the years 2000-2005 were used in this study. With these images the monthly average for each index (EVI and NDVI) was computed, with the intention to observe the behavior along of the year. After that, the images of Maximum and Minimum (EVI and NDVI) were selected for each year. With these results, the difference images (Maximum-Minimum) were generated. In these images, it was observed that some areas presented negative values, i.e., in these regions the value of the vegetation indices were greater in the dry season than in the flooding season. In this manner, it was implied that these areas (negative values), during the flooding season, were found flooded (lower vegetation index values). With these information it was generated a final image showing the susceptible flooding areas each vegetation index in each year. In addition, it was noticed that the EVI is more sensible to the land cover changes and is able to enhance the drainage in the study region.

Key-words: remote sensing, multitemporal images, vegetation index, MODIS, Pantanal.

1. Introdução

O Pantanal é a maior área úmida tropical do planeta, cobrindo 139.000 km² nos estados brasileiros do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, se estendendo até a Bolívia e Paraguai. Henebry e Kux (1995).

Dentre as principais características desta região estão as inundações sazonais causadas pelo Rio Paraguai e seus afluentes. Alterações neste regime de inundações fazem com que ocorram mudanças na cobertura vegetal - Padovani *et al* (2000), o que acaba influenciando todo o bioma.

Porém, o monitoramento destas áreas é uma tarefa difícil devido às grandes extensões e à dificuldade de acesso. De acordo com Shimabukuro *et al* (1998), alterações na cobertura vegetal do solo podem ser detectadas através da análise de imagens índices de vegetação.

Contextualizando em termos dos esforços mundiais que vêm sendo realizados quanto às mudanças climáticas mundiais e também com relação a diversos usos regionais, é importante avaliar a possibilidade de imagens de resolução espacial intermediárias e de temporalidade quase diária, como o MODIS, em relação à capacidade de monitorar áreas alagáveis sazonalmente como o Pantanal Sulmatogrossense.

2. Objetivo

Desta forma, este trabalho tem por objetivo verificar a viabilidade do uso de imagens multitemporais de índices de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index* (EVI) fornecidos pelo sensor MODIS/TERRA (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) para a determinar as áreas suscetíveis de alagamento nas regiões de Paiaguás e Nhecolândia (Pantanal Sulmatogrossense).

3. Material e Métodos

A área de estudo é composta por duas sub-regiões do Pantanal, sendo uma delas a do Paiaguás (considerada a maior sub-região) com 27.082 km² ou 19,6% da área do Pantanal, a qual agrega área dos municípios de Sonora, Coxim e Corumbá, e a sub-região da Nhecolândia com 26.921 km² (19,48%) que agrega áreas dos municípios de Rio Verde de Mato Grosso,

Aquidauana e Corumbá. Silva & Abdon (1998). A localização da área de estudo pode ser verificada na **Figura 1**.

Foram adquiridas imagens do produto MOD13 (Índice de Vegetação) do sensor MODIS a bordo do satélite TERRA. Obtiveram-se tanto as imagens de NDVI quanto as imagens de EVI, para os anos de 2000 a 2005, ambas com resolução espacial de 250 m e formadas por composição de 16 dias. No total foram adquiridas 144 imagens do NDVI e 144 imagens do EVI. Essas imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo site:

<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>.

Os dados de precipitação foram obtidos pelo sensor *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) que realiza a estimativa da precipitação a cada 3 horas. NASA (2006). Neste caso, foram adquiridos dados de precipitação acumulado médio mensal para os anos de 2000 a 2005.

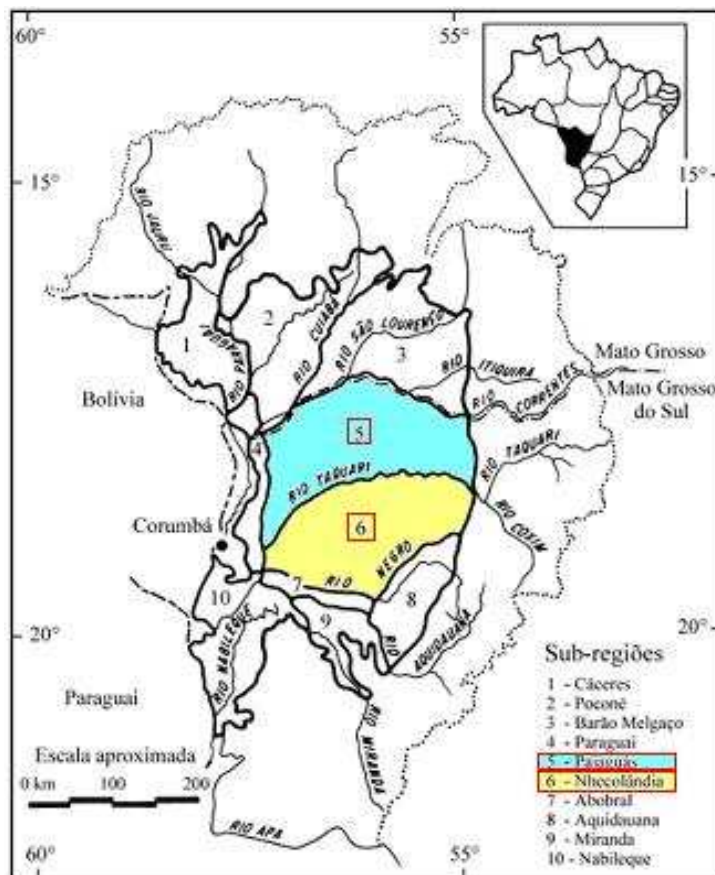


Figura 1. Localização das áreas de estudo. Fonte: Silva *et al* (2000).

Para os processamentos digitais foram utilizados os seguintes *softwares*: *Spring 4.1*, *Matlab e Envi 4.0*.

Primeiramente, realizou-se uma média dos Índices de Vegetação (NDVI e EVI) para cada ano, com o intuito de verificar o comportamento da vegetação ao longo dos anos.

Analisando este resultado, selecionaram-se as imagens de máximo e mínimo para cada ano. Em seguida, foram realizados os cálculos de diferença entre as duas imagens (Máximo – Mínimo) para cada ano, com o objetivo de destacar as regiões que apresentavam os maiores contrastes.

4. Resultados e Discussão

A **Figura 2** mostra o comportamento médio das imagens EVI ao longo de cada ano. Já a **Figura 3** mostra o comportamento médio para o NDVI.

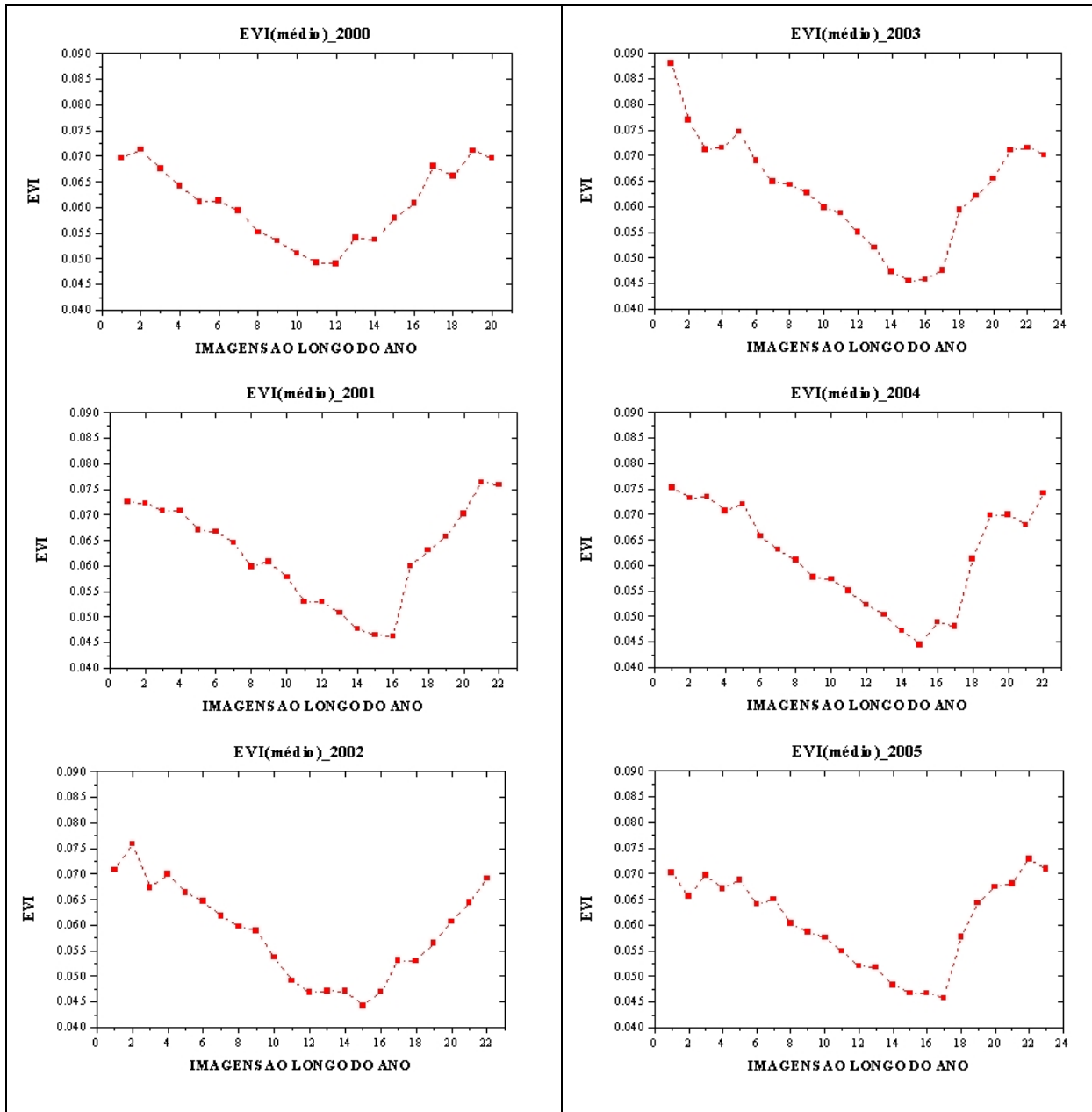


Figura 2. Comportamento médio das imagens EVI ao longo dos anos.

Para ambos os índices a variação da vegetação ao longo dos meses, mostra claramente as épocas de cheia e seca, os quais foram comprovadas ao se observar o gráfico de precipitação média mensal entre os anos de 2000 e 2005 (**Figura 4**). As épocas de cheia são referentes aos meses de outubro a março e as épocas de seca são referentes aos meses de abril a setembro.

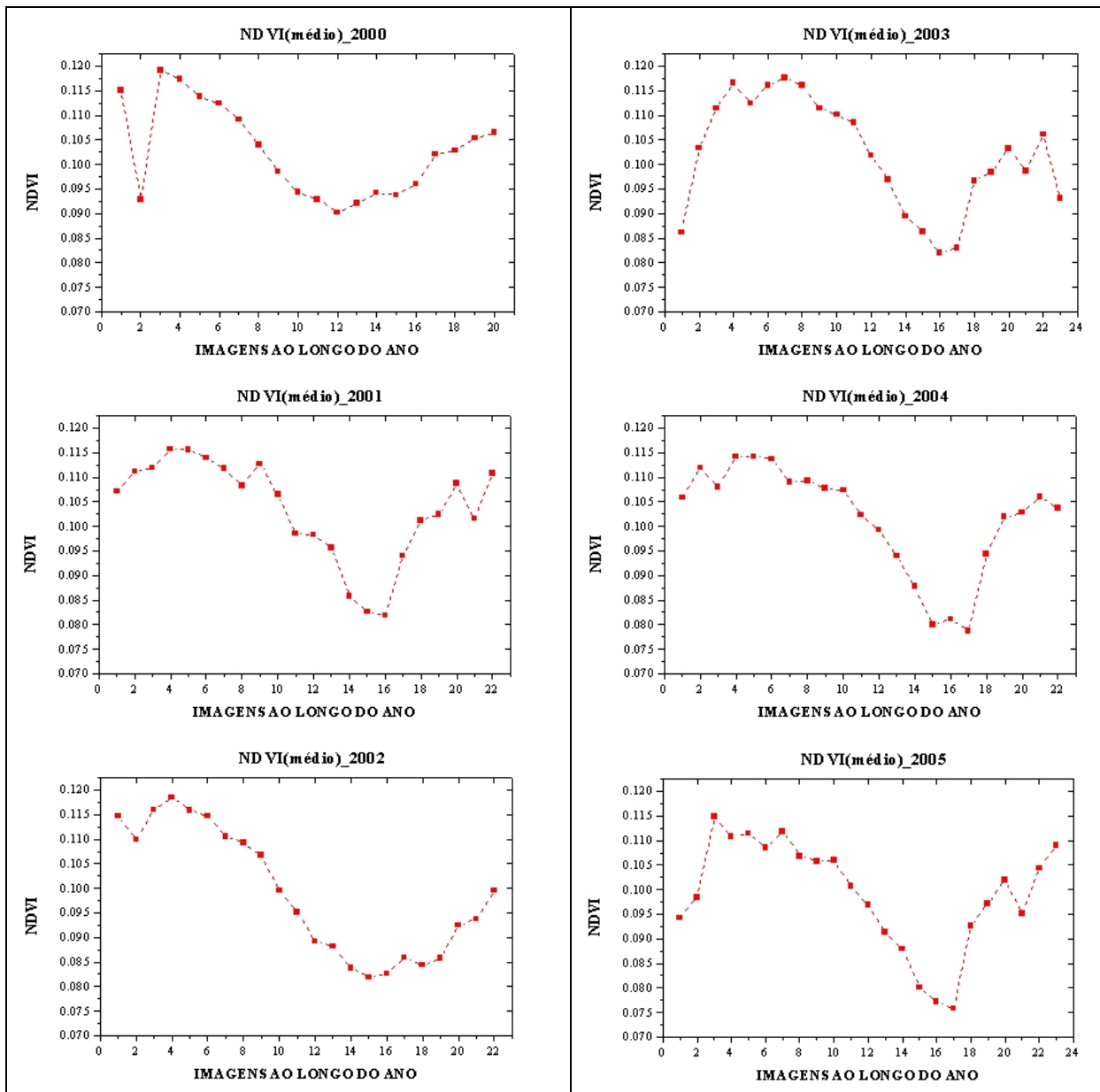


Figura 3. Comportamento médio das imagens NDVI ao longo dos anos de 2000 a 2005.

De forma geral, os resultados para os valores de EVI foram menores do que para o NDVI. Analisando cada ano separadamente entre os índices, observou-se que o comportamento da curva foi semelhante entre eles. Porém, o EVI se mostrou mais sensível às mudanças que ocorreram ao longo das épocas de cheia e seca. Esta maior sensibilidade pode ser melhor visualizada nos gráficos de 2003 e 2004, onde nota-se um evidente declínio até as imagens referentes ao mês de agosto, em seguida ocorre um aumento dos valores destes índices. Já para o NDVI, este declínio nos valores dos índices foi mais suave.

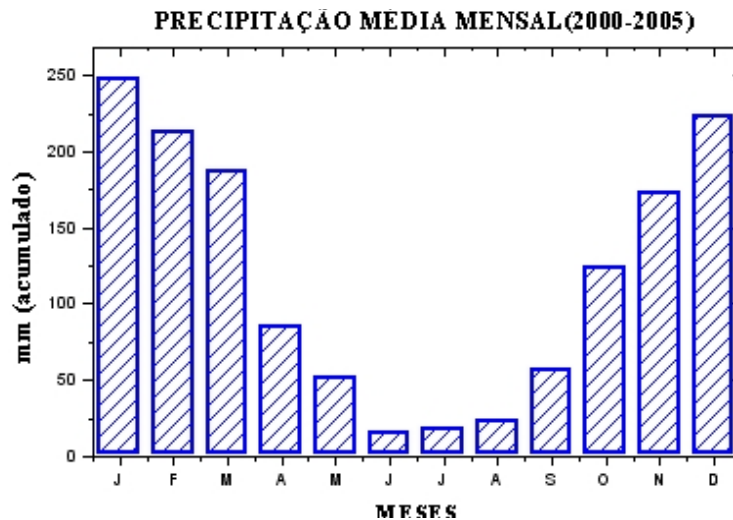


Figura 4. Gráfico de precipitação média acumulada mensal entre os anos de 2000 e 2005.

Analisando os gráficos das **Figuras 2 e 3**, constatou-se que algumas imagens apresentavam um padrão de comportamento diferente das demais, como pode ser visto na segunda imagem do gráfico do NDVI para o ano de 2000 (**Figura 3**). Estas foram averiguadas e constatou-se que essas imagens fora do comportamento da curva eram referentes a imagens com nuvens ou ruídos.

Com base nos gráficos das **Figuras 2 e 3**, foram escolhidas as imagens (NDVI e EVI) mínima e máxima para cada ano (imagens aparentemente sem nuvens). Isto foi feito com o intuito de se escolher as imagens com maiores contrastes entre si e desta forma, observar a dinâmica da inundação destas áreas.

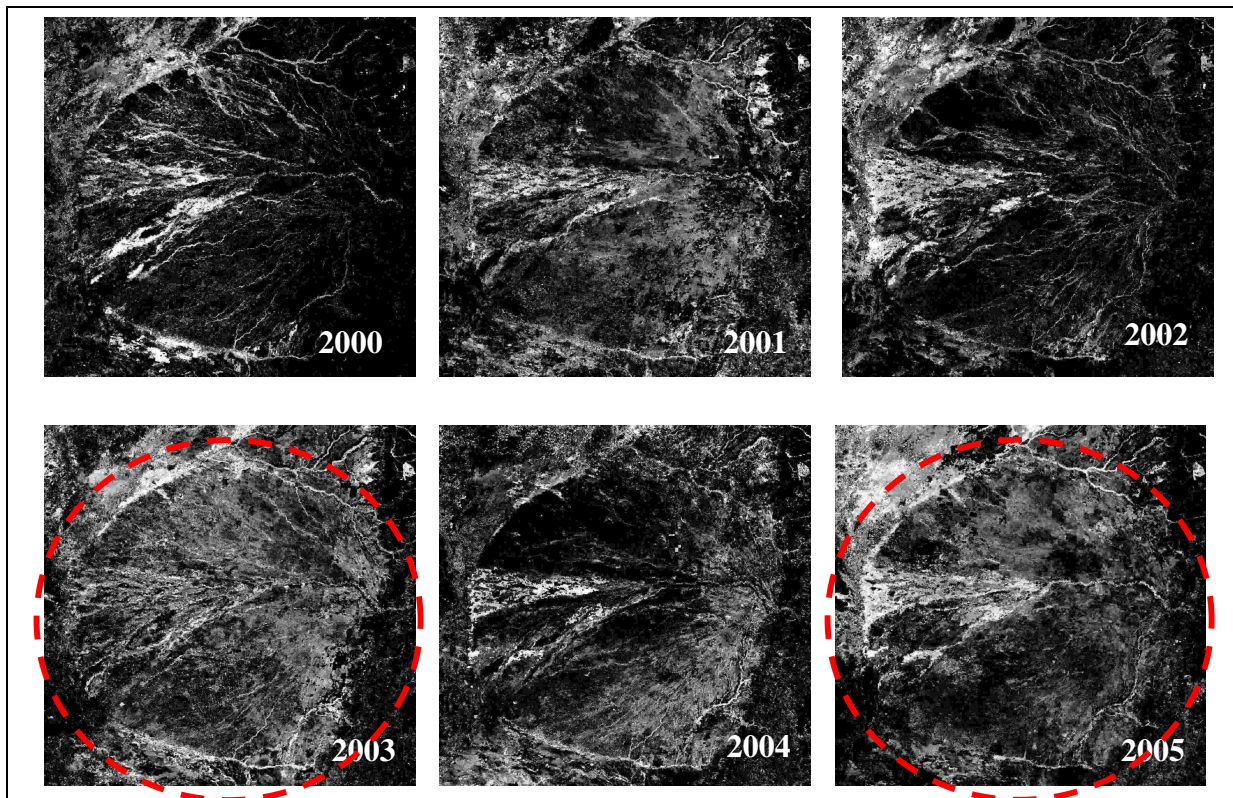


Figura 5. Resultados referentes às imagens EVI para todos os anos.

Como esperado as imagens de índices de vegetação máximo apareceram na época que coincidia com o máximo de precipitação (dezembro a fevereiro). Enquanto as imagens de mínimo apareceram em épocas de seca, com baixa precipitação (maio a agosto).

Ao se calcular as imagens diferença (Máximo – Mínimo), observou-se que alguns pixels apresentavam valores negativos em determinadas regiões. Isto é, em algumas regiões os valores dos índices de vegetação eram maiores na época da seca do que na época da cheia.

Com isso, deduziu-se que estas áreas (valores negativos), durante a época da cheia se encontravam alagadas (valores dos índices de vegetação menores).

Com essas informações obtidas, geraram-se outras imagens em nível de cinza para todos os anos. Esses resultados para os dois índices de vegetação espectral podem ser vistos nas **Figuras 5 e 6**.

Analisando esses resultados, quanto mais clara a região, maior foi a diferença negativa e, provavelmente, é uma área com maior possibilidade de ser alagada. Como a dinâmica de alagamento é muito variável ao longo dos anos, dependendo da precipitação e temperatura, os resultados não se mantiveram constantes e variaram ao longo dos anos. Sabe-se que ocorrem diversas formas de alagamento no pantanal, estes resultados se referem a tipos de alagamentos que ocorrem nas lagoas temporárias e ao longo da drenagem, alagamentos onde áreas *a priori* vegetadas são inundadas na época da cheia.

Ao se observar os resultados entre os índices (EVI e NDVI), o EVI mostrou maior contraste entre áreas alagadas e não-alagadas do que o NDVI, indicando maior sensibilidade às variações que ocorrem entre a época da cheia e a da seca.

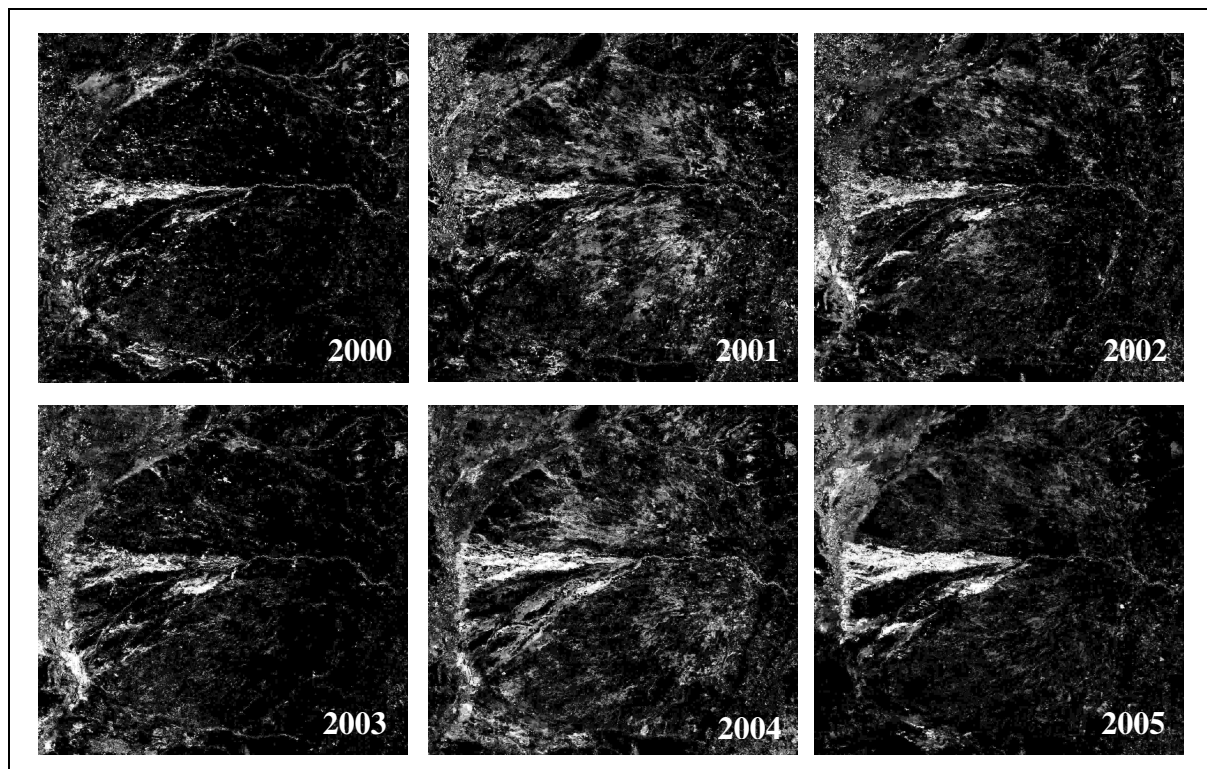


Figura 6. Resultados referentes às imagens NDVI para todos os anos.

Porém duas imagens EVI (2003 e 2005) apresentaram contrastes diferentes das demais imagens. Isto pode ter ocorrido devido a algum problema de imagens com nuvens e ruídos que não foram detectadas ou estes anos apresentaram uma mudança na dinâmica em relação aos outros anos devido a algum fator climático.

Além disso, ao se observar os resultados do EVI notou-se que este destacou bem a drenagem na região.

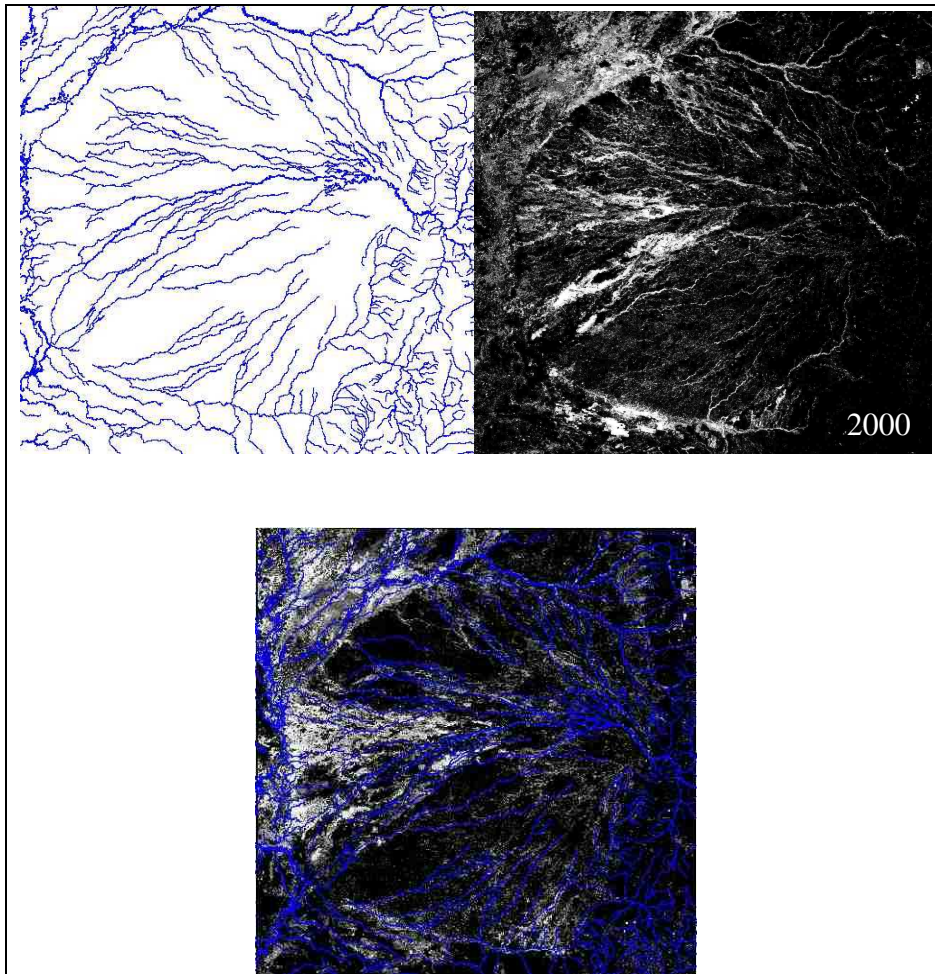


Figura 7. Malha de drenagem (esquerda) gerada no ano 1995, o resultado obtido a partir dos dados do EVI para o ano de 2000 (direita) e a sobreposição das duas.

Com o intuito de verificar esse resultado, realizou-se uma sobreposição entre a imagem de 2000 com a malha de drenagem gerada pelo PCBAP (Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai) para no ano 1997. Estas podem ser visualizadas na **Figura 7**.

Ao se analisar a sobreposição entre elas verificou-se uma boa similaridade e que os melhores resultados foram obtidos na região de Nhecolândia, onde houve maior concordância entre a malha de drenagem fornecida pelo PCBAP e a malha gerada pelos resultados do EVI.

5. Conclusões e Sugestões

Através dos índices de vegetação espectral EVI e NDVI pode-se observar o comportamento da dinâmica da época das cheias e da seca ao longo do ano, este fato foi comprovado com os resultados de precipitação para a mesma época. Neste estudo, o EVI mostrou-se mais sensível às mudanças desta dinâmica.

As imagens MODIS, por suas características de alta revisita temporal e amplo recobrimento, têm um grande potencial para permitir a avaliação da sazonalidade anual das

enchentes na região pantaneira, contudo, há a necessidade de validações mais detalhadas utilizando imagens de sensores de melhores resoluções espaciais.

Além disso, com os resultados do EVI a malha de drenagem foi bem destacada por esta metodologia, em especial na região de Nhecolândia.

6. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao M.Sc. Bráulio F. Carneiro de Albuquerque, tecnologista da Divisão de Eletrônica Espacial – DEA do INPE pelo auxílio proporcionado no tratamento dos dados com o Matlab; e a Dra. Myriam de Moura Abdon, pesquisadora da Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR do INPE, pelo fornecimento dos limites do Pantanal e a malha de drenagem.

7. Referências.

National Aeronautics and Space Administration (NASA) - **Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)** Disponível em: <<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>> Acesso em 20 de abril de 2006.

Henebry, G. M., Kux, J.H. Lacunarity as a texture measure for SAR imagery. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 16, n. 3, p. 565-571, 1995.

Padovani, C.R; Cruz, L.L.; Padovani. S.L.A.G. Desmatamento do Pantanal Brasileiro para o ano 2000. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal, IV, 2004, Corumbá. **Anais...** http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/bioticos/611RB_Padovani_1_OKVisito.pdf. Acesso em: 02 ago. 2006.

PCBAP - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. Programa Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - Subcomponente Pantanal. **Análise integrada e prognóstico da bacia do Alto Paraguai**. Brasília: MMA/SEMAM/PNMA, v.3, 370p., 1997.

Shimabukuro, Y.E., Novo, E.M., Ponzoni, F.J. Índice de vegetação e Modelo Linear de Mistura Espectral no monitoramento do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, Número Especial, p.1729-1739, out. 1998.

Silva, J.S.V, Abdon, M.M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, Número Especial, p.1703-1711, out. 1998.

Silva, M.P., Mauro, R., Mourão, G., Coutinho, M. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, n. 2, p. 143-152, jun. 2000.