

USO DOS PRODUTOS EVI DO SENSOR MODIS PARA A ESTIMATIVA DE ÁREAS DE ALTA VARIABILIDADE INTRA E INTERANUAL NO BIOMA PANTANAL

Elisabete Caria MORAES¹

Gabriel PEREIRA¹

Egídio ARAI¹

Resumo

O principal objetivo deste trabalho é estimar as áreas que apresentam alta variabilidade na mudança de uso do solo intra e interanual no Bioma Pantanal para o período de 2000 a 2008 através dos produtos multitemporais do índice de vegetação EVI (*Enhanced Vegetation Index*) extraídos das imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). O produto EVI é um dos mais apropriados para o estudo da variabilidade de mudança do uso do solo. Após a aquisição das imagens do produto MOD13 (Índice de Vegetação) foram calculadas as médias para o período da estação de seca e a média anual para estes anos. Com as composições de 16 dias de EVI foram obtidas as componentes principais e realizadas a segmentação, a classificação e o levantamento das áreas desmatadas. A partir destes resultados foram criados mapas de localização das áreas de alta variabilidade do uso do solo para o Pantanal brasileiro. Verificou-se que 11,7% deste bioma apresentaram alta variabilidade, sendo que a ocorrência destas áreas situavam-se em regiões com grande influência das atividades agropecuárias, portanto, esta avaliação colaborará para a melhor compreensão da expansão e monitoramento dos principais processos de degradação antropogênica nesta região.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Variabilidade multitemporal. Uso antropogênico do solo.

Abstract

Use of MODIS sensor EVI products to estimate areas of high intra and interannual variability in Pantanal Biome

The main goal of this work is to estimate the areas with high annual e interannual variability of land use changes in the Pantanal biome from 2000 to 2008 period, through the multitemporal vegetation index product EVI (*Enhanced Vegetation Index*) acquired from MODIS sensor (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). EVI product is one of the most suitable vegetation index to study the variability in land-use changes. After acquisition of MOD13 images products (vegetation index product), the monthly averages, the average for dry season and annual average were performed and the principal components were extracted, segmented and classified to identify deforested areas. With the results, high variability areas that represent land-use changes were created for Brazilian Pantanal. Results showed that 11.7% of this biome has high variability, and the occurrence of these areas was located in regions with large influences of agricultural activities. Therefore, this study could better understanding and monitoring anthropogenic expansion and degradation.

Key words: Remote sensing. Multitemporal variability. Anthropogenic land use.

¹ Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil. E-mail: {bete, gabriel, egidio}@dsr.inpe.br

INTRODUÇÃO

O Pantanal Matogrossense é a mais ampla planície de inundação sazonal do planeta, situada em sua totalidade na bacia do Alto Paraguai, localizada no centro do continente Sul-Americano. O mapeamento fitogeográfico realizado através de imagens de satélite, que possibilita uma visão integrada dos fatores físicos, ecológicos e bióticos, mostrou o Pantanal como uma organização natural do espaço por tratar-se de uma faixa de contato e transição entre os ecossistemas que apresentam domínios de cerrados, de Chaco, de componentes do biótico do Nordeste seco e da região periamazônica, ao lado de ecossistemas aquáticos e subaquáticos de grande extensão em sua planície de inundação (Ab´Sáber, 2006). Por ser considerada uma faixa de contato e de grande interação entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, o Pantanal é considerado um espaço de tensão ecológica.

O desenvolvimento da região acentuou-se a partir da década de 60 através de projetos agropecuários incentivados pelo governo federal. A pecuária bovina de corte em pastagem extensiva é a responsável pela maioria dos desmatamentos do Pantanal, no qual tais práticas acabam promovendo a remoção da vegetação arbórea original de muitas áreas fitoecológicas (ABDON et al., 2007). A pecuária se tornou a maior atividade econômica da região mesmo com a influência sazonal do ciclo das águas, que transforma drasticamente a paisagem e obriga o deslocamento do gado para as regiões não inundadas. Devido a este fator não existe no Pantanal uma rede de área urbana e dada à riqueza de sua biodiversidade há uma forte vocação para a implantação do uso sustentável de seus recursos naturais através de atividades preservacionistas.

Sendo assim, torna-se essencial o conhecimento e o monitoramento contínuo das áreas do Pantanal, tarefa difícil de ser realizada sem o uso de imagens de satélite, devido à sua extensão territorial e à dificuldade de acesso. As imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a bordo do satélite TERRA pertencentes ao programa EOS (*Earth Observing System*) da NASA (*National Aeronautic and Spase Administration*) e muito de seus produtos são disponibilizadas para pesquisa. Este sensor produz informações sobre todo o Pantanal quase que diariamente, sendo uma vantagem em relação aos outros satélites de recursos naturais. Ainda, o produto EVI, segundo Goltz et al. (2007), é mais sensível às mudanças de cobertura do solo e pode ser utilizado para determinar as áreas suscetíveis a alagamentos no Pantanal Mato-grossense.

OBJETIVO

Diante do exposto, este trabalho objetiva apresentar uma metodologia que permita monitorar continuamente as áreas pantaneiras que sofrem grandes variabilidades no uso e ocupação do solo, bem como mapear as áreas que apresentaram grande variabilidade antropogênica intra e interanual para o período de 2000 a 2008 através da análise das componentes principais do produto EVI do sensor MODIS.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, composta pelo Bioma Pantanal Mato-grossense, está situada nas coordenadas 59°15'W e 22°10'S; e 54°50'W e 15°30', na porção centro-sul do Continente Sul-Americano, conforme mostra a figura 1.

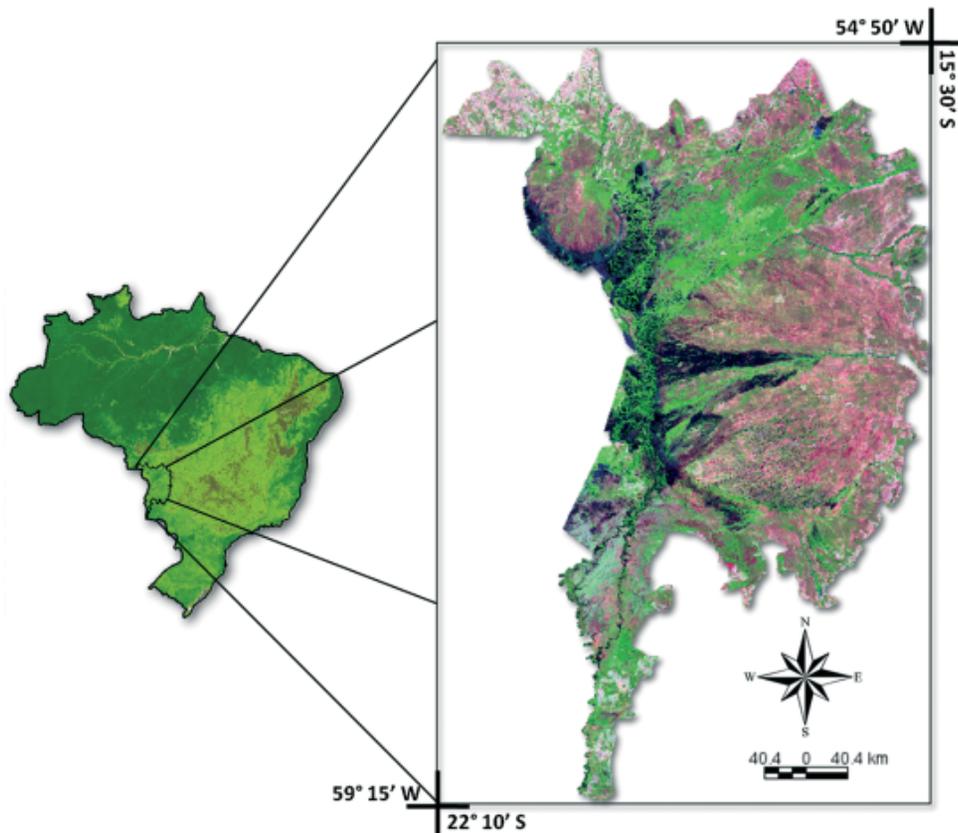


Figura 1 - Localização da área de estudo

Este bioma está situado em uma planície contínua do Brasil, possuindo altitude média de 100 metros, variando de 60 metros, na região central, a cotas acima de 500 metros nas suas extremidades limites, como mostra a figura 2. Segundo Silva e Abdon (1998) este bioma é passível de alagamento e possui uma área de 138.183 km².

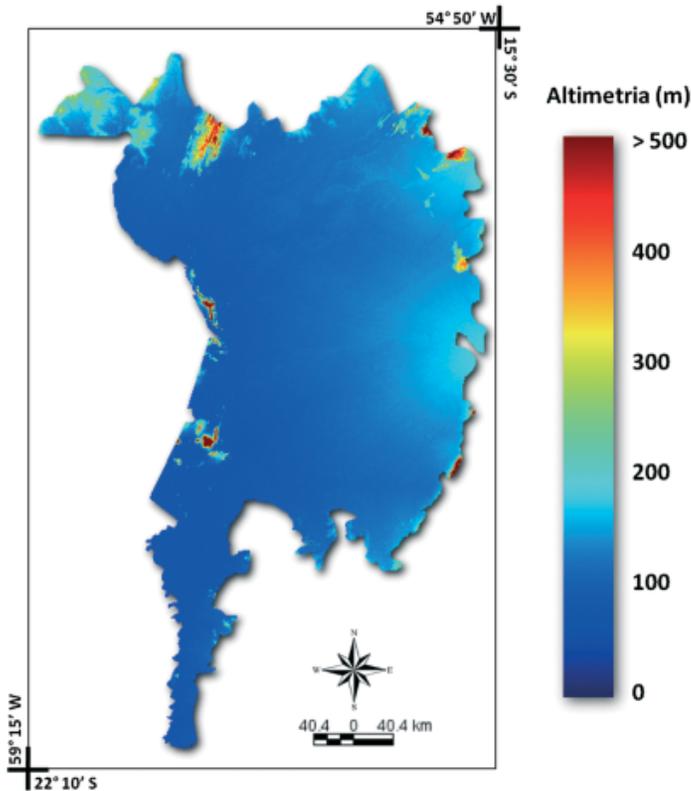


Figura 2 - Mapa altimétrico do Bioma Pantaneiro

O clima no Pantanal é predominantemente tropical, apresentando características de continentalidade com marcantes diferenças entre as estações seca e chuvosa. Sofre influências das massas de ar frio provenientes das porções mais meridionais, com penetração rápida pelas planícies dos pampas e do chaco. A temperatura média anual é 25°C, apresentando os valores máximos e mínimos médios anuais de 34°C e 15°C, respectivamente (AMBIENTE BRASIL, 2009).

Neste trabalho foram utilizadas as imagens do produto MOD13A1, proveniente do sensor MODIS da plataforma TERRA, que representa o índice de vegetação EVI. Este índice utiliza informações na região espectral do infravermelho próximo, região do vermelho e a reflectância na faixa do azul para indicar o vigor vegetativo dos biomas. Segundo Huete et al. (1997), este índice permite um melhor monitoramento da vegetação, pois foi desenvolvido para realçar o sinal da vegetação através da otimização na sensibilidade em regiões com altos valores de biomassa, permitindo realizar um melhor monitoramento através da redução de substrato do dossel e da influência da atmosfera.

As imagens EVI apresentam uma resolução espacial de 500 metros e são disponibilizadas gratuitamente no sítio <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/> na forma de uma imagem representativa da média mensal do EVI, referente a uma composição de 16 dias para cada mês. Criou-se um banco de dados com todos os produtos EVI do MODIS obtidos no período de 2000 a 2008, totalizando um conjunto com 204 imagens EVI.

Os produtos dos índices de vegetação (MOD13A1) são disponibilizados no formato HDF na projeção sinusoidal, representando uma seleção dos melhores valores sem influência de nuvens a cada 16 dias. Desta forma, utilizou-se o software MRT (*Modis Reprojection Tool*) para a conversão dos dados de EVI em formato HDF para o formato geotiff, assim como a conversão da projeção sinusoidal para a projeção cartográfica UTM/WGS84 zona 21 Sul.

Estas composições de 16 dias do EVI foram inseridas no aplicativo ENVI 4.5 e as componentes principais foram extraídas. Nesta etapa, optou-se por selecionar 2 grupos de dados para a geração das componentes principais: um referente aos dados contínuos a cada 16 dias, referentes ao período de 2000 a 2008; e outro obtido apenas para o mês de agosto dos anos descritos. O uso de componentes principais permitirá avaliar as variações das áreas antropizadas e daquelas com vegetação natural. A análise de componentes principais é um dos métodos estatísticos mais utilizados para analisar dados multivariados, transformando um conjunto de variáveis originais, intercorrelacionadas, num novo conjunto de variáveis não correlacionadas.

As primeiras componentes são responsáveis por explicar uma proporção elevada da variação total associada ao conjunto original (Rodríguez e Branco, 2009). Neste estudo as componentes principais foram utilizadas para descorrelacionar os dados de maneira que ruídos e variações sejam separados em diferentes bandas, minimizando, assim, a dimensão dos dados.

As componentes principais foram inseridas no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Após o tratamento das imagens, gerou-se uma composição colorida com as componentes 2, 3 e 4 e as áreas de maior variabilidade foram classificadas utilizando o método MAXVER-ICM. Nesta etapa, distinguiram-se as variações das áreas alagadas das áreas de influência antropogênica pela interpretação visual da imagem, pois as localizações geográficas das áreas alagadas na bacia hidrológica do Rio Taquari são bem definidas e apresentam um comportamento sazonal distinto em relação às áreas desmatadas e às áreas utilizadas para a agricultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 mostra o índice de vegetação (EVI) médio anual e médio mensal para o mês seco de agosto obtidos para o período de 2000 a 2008 no Bioma do Pantanal, excluído destas médias a influência de nuvens. Através do valor médio anual observa-se, em geral, grande vigor vegetativo ao longo de toda a região, enquanto que no mês de agosto há uma redução considerável do vigor vegetativo em todo o Pantanal devido ao déficit hídrico.

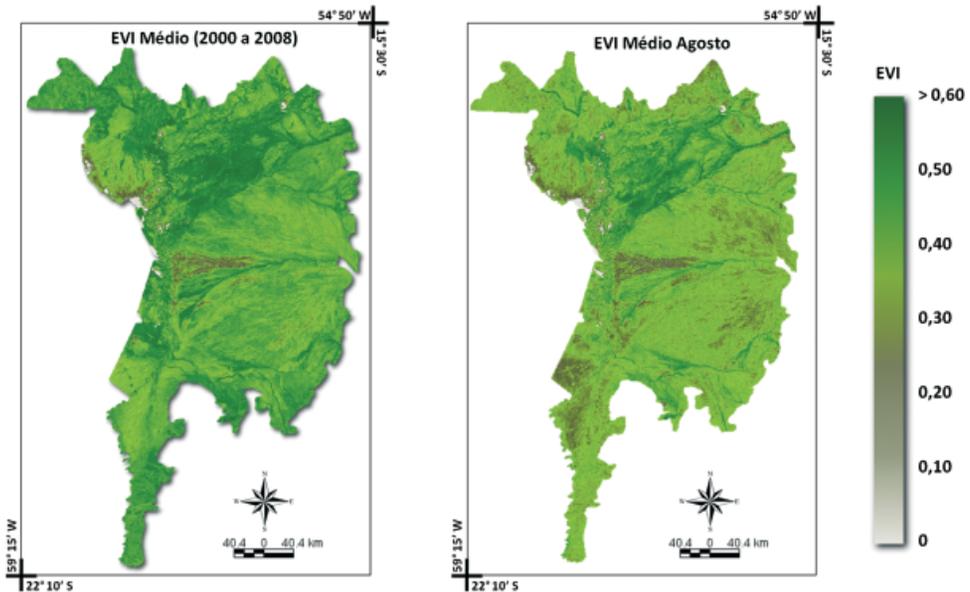
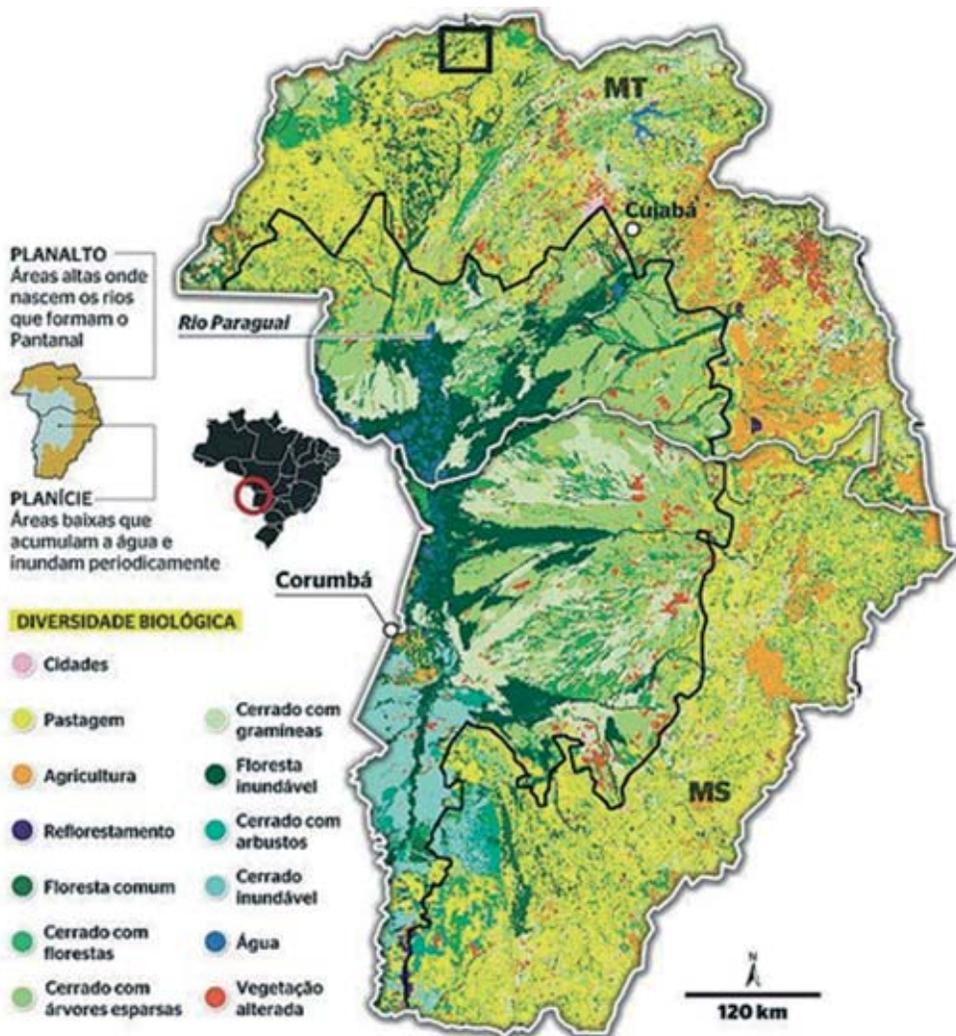


Figura 3 - EVI médio anual e típico do mês de agosto do Bioma Pantaneiro

Entre as maiores alterações do EVI para o período de agosto destacam-se as regiões sul, predominada por cerrado inundável e cerrado com arbusto; a região central, nas áreas de cerrado com árvores esparsas e com vegetação alterada por pastagens e áreas agrícolas; e a região norte, cujo predomínio verifica-se nas áreas de cerrado com gramíneas e árvores esparsas e nas áreas agrícolas e de pastagem. Neste estudo a identificação do tipo de cobertura da superfície foi extraída do mapeamento do uso e cobertura do solo realizado por cinco entidades ambientalistas: WWF-Brasil, SOS Mata Atlântica, Conservação Internacional, Avina e Ecoa, apresentada na figura 4 (ARINI, 2009). Através deste mapeamento verifica-se que as maiores alterações, ocasionadas pelas atividades agropecuárias e de mineração, são observadas nas áreas de planaltos, onde se encontram as cabeceiras dos rios que formam a região pantaneira, portanto afetam diretamente as áreas de planícies inundáveis.



A figura 5 apresenta as imagens da variabilidade intra e interanual do bioma Pantanal, obtidas através das extrações das componentes principais dos EVIs médio mensal de agosto e médio anual. Estas componentes principais retêm o máximo possível das informações contidas nas variáveis originais (EVIs), sendo extraídas na ordem da mais explicativa para a menos explicativa.

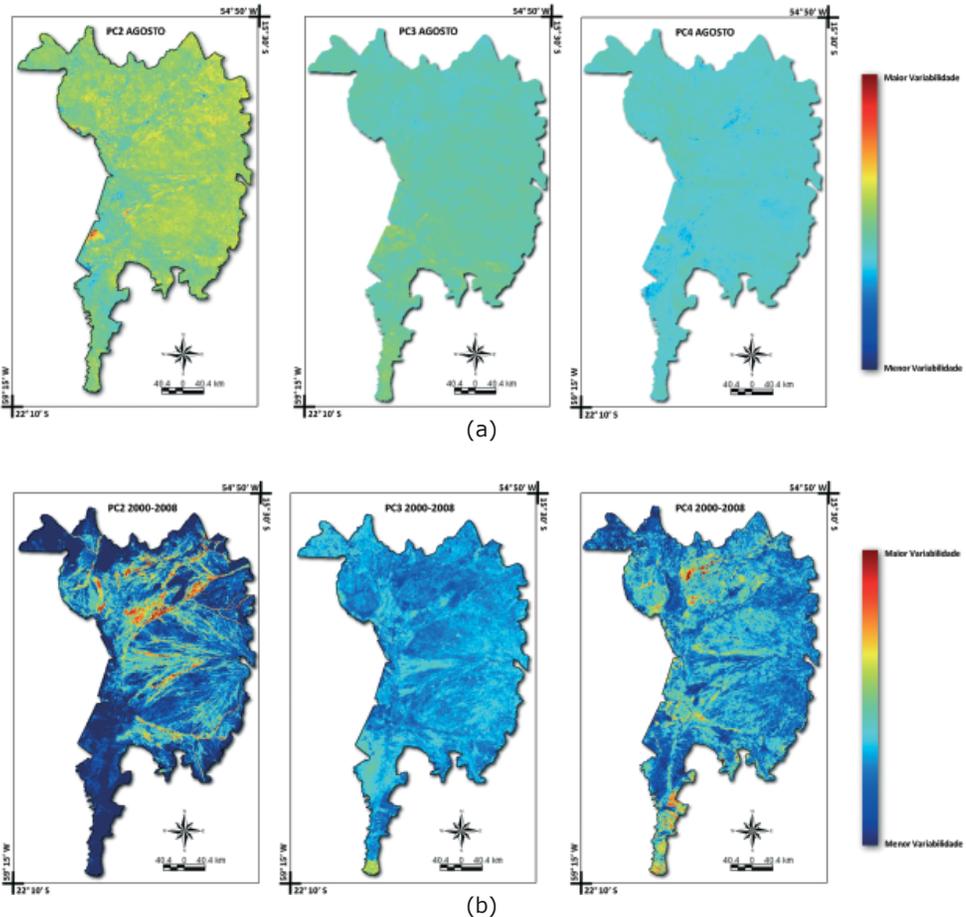


Figura 5 - Imagens das componentes principais 2, 3 e 4 para a média mensal de agosto (a) e para a média anual (b) do período de 2000 a 2008

A segunda componente principal representa a variabilidade média de 2000 a 2008 ocorrida em cada pixel que compõe a imagem do Bioma Pantanal. No período seco (Figura 5a) observa-se uma variabilidade relativamente alta em todo o Bioma. As maiores variabilidades foram identificadas em pequenas áreas espalhadas em todo o território, sendo que a maior delas encontrava-se situada próxima a cidade de Corumbá. Na análise da média anual desta componente principal observa-se que as maiores variabilidades ocorreram no entorno dos principais rios que banham o Bioma Pantanal. Na parte Sul deste bioma as regiões que

apresentaram alta variabilidade concentraram-se no entorno dos rios Negro, Aquidauana e Miranda; na parte central destacam-se as regiões próximas dos rios Cuiabá, Taquari e Itiquira; no Nordeste do Pantanal foram verificadas variabilidades altas no entorno dos rios Cuiabá e São Lourenço e a Noroeste destacam-se as regiões próximas aos rios Paraguai e seus afluentes. Isto era esperado, pois são regiões cuja cobertura é modificada pela elevação dos corpos de água, que oscilaram no período estudado. Percebe-se que o Estado do Mato Grosso apresenta uma maior extensão de áreas com altas variabilidades, que incluem as regiões de florestas inundáveis, cerrados com gramíneas e com árvores esparsas, e em particular, na divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul.

A terceira componente principal representa a variabilidade influenciada no tempo, ou seja, através desta é possível identificar as regiões que sofreram variações bruscas ao longo do tempo. Nesta análise observa-se para o período seco uma maior diferenciação no Estado do Mato Grosso do Sul, principalmente em Porto Murtinho, seguidos das regiões de Miranda e Aquidauana, situados, respectivamente, na parte Sul e Sudeste do Estado. Na análise desta componente anual as maiores alterações observadas ao longo dos nove anos foram verificadas no extremo sul de Porto Murtinho, região dominada por pastagem e agricultura, e em menor escala na sub-região de Nabileque (Sudoeste do Bioma Pantanal), região de cerrado inundado e vegetação alterada.

A quarta componente principal mostra as pequenas alterações que não foram detectadas nas outras componentes. Cabe ressaltar que a escala para cada componente possui ordem de grandeza distinta, sendo que a amplitude de cada escala diminui da segunda para a quarta componente principal. A quarta componente principal analisada para os valores médios anuais conseguiu detectar pequenas variabilidades ocorridas no Pantanal, sendo as regiões sul e norte as mais afetadas, no entanto, na análise desta componente para o período seco não se detecta alterações significativas.

A Figura 6 apresenta uma imagem proveniente da composição colorida das componentes principais 2, 3 e 4 relativa ao tratamento médio anual para o período de 2000 a 2008 (a) e um mapa que destaca as áreas com as regiões que sofreram as maiores variabilidades médias anuais. Percebe-se que as maiores variabilidades ocorreram nas regiões com o predomínio das atividades agropecuárias.

As áreas que sofreram as maiores variabilidades encontram-se destacadas na Figura 6b, no qual grande parte delas está situada próxima aos planaltos vizinhos. Estas áreas possuem aproximadamente 16110,17 km² e representam 11,7% da área do Bioma Pantanal. Elas não representam somente as áreas desmatadas, mas também as áreas que sofreram alterações em seu uso nestes nove anos, como, por exemplo, a entrada do cultivo de cana de açúcar em locais que anteriormente eram compostos pela pastagem. As maiores áreas situam-se a noroeste, norte, sul e oeste do Pantanal. Na região noroeste, que abrange os municípios de Porto Esperidião e Cárceres, as características de ocupação do solo são compostas pelas pastagens, pela agricultura e por pequenas áreas de cerrado com floresta e vegetação alterada. Ao norte a ocupação do solo é definida pela agricultura, por áreas de pastagem, pelos cerrados com floresta e com árvores esparsas; e pelas áreas com vegetação alterada. Ao Sul, principalmente no município de Porto Murtinho, as áreas de alta variabilidade são observadas em locais de cerrado inundável, de cerrado com floresta, em florestas comuns, em áreas de pastagem e de agricultura e em área urbana. As áreas de alta variabilidade na região Oeste ocorreram próximas à cidade de Corumbá e a oeste do município de Corumbá, principalmente em áreas agrícolas e com vegetação alterada e em pequenas áreas de cerrado com florestas.

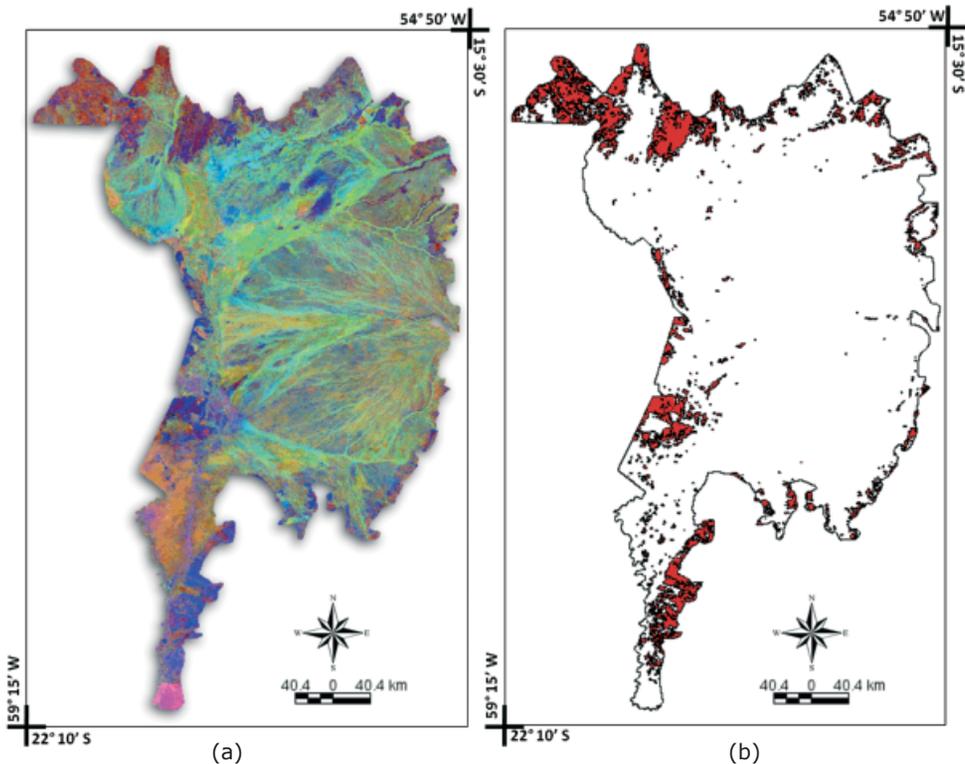


Figura 6 - Imagem composição colorida das componentes principais 2, 3 e 4 (a) e mapa das regiões com maior variabilidade média anual (b)

CONCLUSÕES

O método de análise das alterações da superfície baseadas nas componentes principais do índice de vegetação permite avaliar as áreas que sofreram alta variabilidade e qual a influência desta no decorrer do tempo, possibilitando assim a caracterização das áreas que passaram por variabilidades bruscas.

Esta metodologia permite o acompanhamento intra e interanual das áreas de alta variabilidade, o que permite maior diferenciação dos elementos da superfície sem a presença das águas advindas das inundações. Através da análise individual das componentes principais observou-se que no período seco ocorreram variabilidades relativamente altas em todo o Bioma Pantanal, sendo que os maiores valores foram encontrados próximos à cidade de Corumbá. Na análise da variabilidade interanual, verificou-se que 11,7% do Bioma Pantanal sofreu alta variabilidade nos últimos nove anos, sendo que grande parte destas áreas eram ocupadas por cerrado. As áreas que apresentaram maior variabilidade concentraram-se ao redor deste bioma, principalmente nas regiões Sul, Noroeste e próximas à cidade de Corumbá, regiões em que a pastagem está sendo substituída por outros tipos de práticas de uso do solo.

A análise das componentes principais mostrou ser mais uma técnica de processamento de imagens que auxilia no monitoramento dos principais processos de degradação antropogênica do Bioma Pantanal.

REFERÊNCIAS

ABDON, M. de M.; SILVA, J. dos S. V. da; SOUZA, I. de M.; ROMON, V. T.; RAMPAZZO, J.; FERRARI, D. L. Desmatamento no bioma Pantanal até o ano de 2002: relações com a fitofisionomia e limites municipais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 50, n. 1, p. 17-24, 2007.

AB ´SÁBER, A. **Brasil: Paisagens de Exceção**. O litoral e o Pantanal Mato-Grossense, Patrimônio Básico. São Paulo: Ateliê Editorial, 182 p., 2006.

AMBIENTE BRASIL. **Pantanal - Clima e Hidrografia**. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/natural/biomas/pantanal_-_clima_e_hidrografia.html>. Acesso em 14 de agosto de 2009.

ARINE, J. 40% do Pantanal já foi embora. **Revista Época**. Ed. 576, 30.05.2009. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI75158-15224,00-DO+PANTANAL+JA+FOI+EMBORA.html>>. Acesso em 20 de junho de 2009.

GOLTZ, E.; BRANDÃO, D; TOMÁS, L.; MANTELLI, L. R.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R. Utilização de índices espectrais de vegetação do sensor MODIS na determinação de áreas suscetíveis a alagamento no Pantanal Matogrossense. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 50, n. 1, p. 35-44, 2007.

HUETE, A.; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. J. D. A. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, p. 440-451, 1997.

RODRIGUEZ, P. C.; BRANCO, J. A. **A análise de componentes principais sobre dados dependentes**. Disponível em: <http://www.spe2006.ubi.pt/Files/apres/A%20an%C3%A1lise%20de%20componentes%20principais%20sobre%20dados%20dependentes.pdf>. Acesso em 14 de agosto de 2009.

SILVA, J. DOS S.V. DA; ABDON, M. DE M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1703-1711, 1998.

