

Avaliação de desempenho de índices de vegetação na caracterização de classes de cobertura da terra na região do Pantanal nas estações seca e chuvosa

Denilson Ribeiro Viana
Regina Célia dos Santos Alvalá

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Centro de Ciências do Sistema Terrestre – CCST
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos, SP, Brasil
{denilson.ribeiro, regina.alvala}@inpe.br

Resumo. Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho dos índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e LSWI (*Land Surface Water Index*) na região do Pantanal, considerando os principais tipos de cobertura da terra e os aspectos sazonais da precipitação. Para isso, foram utilizados dados do sensor MODIS, produto MOD13Q1, e estimativas mensais de precipitação do satélite TRMM, produto 3B43. As análises foram feitas por meio de transectos ao longo das regiões, utilizando como referência o mapa de cobertura da terra compatibilizado com as classes de vegetação e usos considerada no modelo de superfície SSiB (*Simplified Simple Biosphere Model*). Os resultados mostraram que, na estação seca, o NDVI tende a apresentar os maiores valores, entre 0,4 e 0,8; enquanto o LSWI ficou entre 0,0 e 0,4, exceto para a classe Floresta Perene. O EVI apresentou valores intermediários, entre 0,2 e 0,6. Todos os índices mostraram baixa correlação com a precipitação na estação seca, inferiores a 0,25. Na estação chuvosa, o NDVI registrou os maiores valores em quase toda a extensão dos transectos, variando entre 0,6 e 0,8. Apenas em alguns setores da classe Floresta Perene, os valores de LSWI foram superiores ao NDVI. O EVI, em geral, mostrou os valores mais baixos entre os índices, entre 0,2 a 0,5. O LSWI apresentou valores intermediários entre o NDVI e o EVI, de 0,2 a 0,7. Nas classes Cerrado e Chaco, os índices LSWI e EVI ficaram bastante próximos, alternando-se por vezes. O NDVI e o LSWI mostram correlações significativas com a precipitação ($\alpha = 5\%$) em todas as classes de cobertura. Em relação à amplitude (diferença entre máximos e mínimos), o LSWI apresentou a maior variação em todas as classes e, em ambas as estações. O LSWI mostrou-se mais adequado para estudos na região do Pantanal, por captar melhor as variações da vegetação, especialmente no Cerrado e Caatinga na estação chuvosa; e Floresta Perene na estação seca.

Palavras-chave: Pantanal, NDVI, EVI, LSWI, precipitação, TRMM.

Abstract. This study aims to evaluate the performance of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) and LSWI (Land Surface Water Index) in the Pantanal, considering the main types of land cover and seasonal rainfall aspects. For this, we used data from MODIS (MOD13Q1) and TRMM estimates monthly rainfall, 3B43. Analyses were made by transects across region, using as reference the map of land cover of SSiB (Simplified Simple Biosphere Model). The results showed that, in the dry season, the NDVI showed the higher values, between 0.4 and 0.8, while the LSWI presented values between 0.0 and 0.4, except in Evergreen Forest. The EVI showed intermediate values between 0.2 and 0.6. All indices showed poor correlation with rainfall in the dry season, less than 0.25. In the rainy season, NDVI presented the highest values in almost the entire length of transects, ranging between 0.6 and 0.8. Only in some sectors of Evergreen Forest, LSWI values were higher than the NDVI. The EVI, in general, showed the lowest values of the indices, between 0.2 and 0.5. The LSWI showed intermediate rates between the NDVI and EVI from 0.2 to 0.7. In the Cerrado and Chaco, LSWI and EVI were very close, alternating at times. The NDVI and LSWI showed significant correlations with rainfall ($\alpha = 5\%$) in all classes of land cover. For amplitude, the LSWI showed the greatest variation in all classes and in both seasons. The LSWI was more suitable for studies in the Pantanal, to better capture the changes in vegetation dynamics, especially in the Cerrado and Chaco during the rainy season, and evergreen forest during the dry season.

Key-words: Pantanal, NDVI, EVI, LSWI, rainfall, TRMM.

1. Introdução

Inúmeros estudos têm sido realizados utilizando índices de vegetação derivados de sensores remotos orbitais. Índices como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), o EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e o LSWI (*Land Surface Water Index*) têm sido amplamente utilizados na avaliação de características espaço-temporais dos tipos de cobertura da superfície. De modo geral, estes índices buscam, além de caracterizar as diferentes fitofisionomias, avaliar a resposta sazonal da vegetação em função das condições climáticas.

O NDVI é um dos índices de vegetação mais utilizados em estudos de monitoramento de mudanças sazonais e interanuais da vegetação, em especial associado às avaliações de ambientes agrícolas, florestais e caracterização climática. Conforme ressaltado por Jensen (2009), o NDVI apresenta algumas deficiências, já que pode ser influenciado por ruídos como a radiação da trajetória atmosférica ou pela variação do substrato sob o dossel. Para minimizar estes fatores, Justice *et al.* (1998) propuseram o EVI, incluindo um coeficiente de ajuste para o solo, um fator de ganho e dois coeficientes para o ajuste de efeitos de aerossóis atmosféricos.

Enquanto o NDVI e o EVI baseiam-se na relação entre as reflectâncias nos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo, o LSWI usa a razão entre os infravermelhos próximo e médio. Hardisky *et al.* (1983) obtiveram com este índice, melhores resultados que o NDVI, por ser altamente correlacionado com o conteúdo de água do dossel vegetal, possibilitando o acompanhamento das mudanças na biomassa e umidade das plantas. Outrossim, o LSWI, índice ainda pouco utilizado, é mais sensível ao conteúdo de água em função das regiões de absorção na faixa do infravermelho médio serem menos influenciadas por efeitos atmosféricos. Em função disso, pode indicar a presença de umidade na vegetação e solo, permitindo um maior contraste entre diferentes coberturas (Wilson e Sader, 2002).

Para o bioma Pantanal, uma série de estudos tem sido feita utilizando índices espectrais de vegetação com o intuito de avaliar as características espaço-temporais da cobertura vegetal (Antunes e Esquerdo, 2006; Coelho *et al.*, 2006; Goltz *et al.*, 2006; Lacruz e Sousa Júnior, 2006; Aparício *et al.*, 2009; Cardozo *et al.*, 2009; Ferrari *et al.*, 2009; Nicácio *et al.*, 2009; Victoria *et al.*, 2009). O Pantanal é composto pela interseção

de quatro grandes regiões fitoecológicas, regionalmente conhecidas como Mata Decídua, Mata Semidecídua, Cerrado e Chaco. Além dessas quatro regiões, em várias porções do Pantanal observa-se a ocorrência de contatos florísticos entre as regiões fitoecológicas e vegetação pioneira, influenciadas pelo alagamento dos rios e das baías, formando campos alagados e brejos (Embrapa, 2004).

Em relação às condições climáticas, o Pantanal caracteriza-se por um tipo climático que varia de quente a subquente, com período seco entre 4 e 5 meses, de abril a setembro (Nimer, 1979). Tomando por base a estação meteorológica de Corumbá (MS), o excedente hídrico – precipitações acima de 100 mm – ocorre entre outubro e março. Ainda, de acordo com Nimer (1979), a distribuição anual da precipitação não apresenta grande complexidade. No entanto, o Pantanal localiza-se numa zona que pode ser considerada de ‘tensão climática’, onde atuam tanto sistemas de baixas latitudes, quanto de altas (Alves, 2009).

Nicácio *et al.* (2009), avaliando a precipitação na região da bacia do rio Coxim (MS), identificaram que o período seco ocorre entre os meses de abril e setembro. No período chuvoso, de outubro a março, a precipitação acumulada corresponde a 75% do total anual. Os autores também avaliaram a resposta da vegetação, através do NDVI, em relação à intensidade pluviométrica, que mostrou uma defasagem em torno de 4 meses. As correlações entre NDVI e precipitação melhoram significativamente quando considerada a precipitação acumulada mensal, mostrando que o índice reflete a intensidade pluviométrica registrada nos 4 a 5 meses anteriores. Santos *et al.* (2009) analisaram o EVI para o Pantanal entre 2000 e 2008 e observaram que os maiores índices ocorrem entre outubro e abril, com pico no mês de janeiro. A partir do mês de abril, o EVI começa a decrescer em função da diminuição da precipitação. Os estudos de Nicácio *et al.* (2009) e de Santos *et al.* (2009) mostraram que a resposta dos índices de vegetação na região varia em função tanto das características de cobertura, como também da variabilidade da precipitação. Dessa forma, faz-se necessário identificar o(s) índice(s) mais apropriado(s) para cada tipo de cobertura e estação do ano.

2. Objetivo

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho dos índices de vegetação NDVI, EVI e LSWI, considerando as principais classes de cobertura da terra do bioma Pantanal e a sazonalidade da precipitação da região. A hipótese a ser testada neste estudo é de que diferentes índices podem apresentar desempenhos distintos, em função das características da vegetação e da variabilidade interanual da precipitação. Desse modo, pretende-se investigar quais destes índices apresenta maior separabilidade entre os diferentes tipos de cobertura vegetal da região do Pantanal. Além disso, busca-se ainda avaliar quais destes índices são mais sensíveis à variabilidade da precipitação, tanto em condições úmidas, quanto secas.

3. Material e Métodos

Para este estudo utilizou-se dois conjuntos de dados distintos: 1) estimativas mensais de precipitação do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), produto 3B43; e 2) dados de fator de refletância de superfície e índices de vegetação derivados do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), produto MOD13Q1, a bordo do satélite *Terra*. As estimativas 3B43/TRMM apresentam resolução espacial de 0,25° x

0,25° e correspondem ao acumulado mensal de precipitação estimada, ajustada a partir de dados de uma rede mundial de postos pluviométricos (Simpson *et al.*, 1996). O produto MOD13Q1 inclui índices de vegetação, dados de fator de refletância nos canais visível e infravermelho, parâmetros de órbita e qualidade das imagens, entre outros. Este produto apresenta resolução temporal de 16 dias e espacial de 250 m (Rudorff *et al.*, 2007).

As estimativas mensais de precipitação 3B43/TRMM foram utilizadas para a seleção do período de estudo e avaliação de correlações com os índices de vegetação. Inicialmente, as estimativas entre os anos de 1998 e 2010 foram acumuladas em períodos secos e chuvosos anuais. Foi adotado como período chuvoso na região do Pantanal o semestre de outubro a março, período em que a precipitação média mensal é superior a 100 mm (Nimer, 1979; Santos *et al.*, 2009). O período seco escolhido, conseqüentemente, foi entre abril e setembro. Em seguida, com base nos dados 3B43/TRMM, foi calculada a climatologia para as estações seca e chuvosa na região. A partir desta climatologia, foram identificados dentro do período de estudo, as estações seca e chuvosa em que a precipitação esteve mais próxima da média. Por fim, foram selecionadas duas imagens do produto MOD13Q1 (*tiles* h12v10 e h12v11) referentes ao final das estações identificadas. Desta forma, foi possível avaliar o desempenho dos índices de vegetação baseado no comportamento médio da precipitação na região.

Os índices de vegetação avaliados neste estudo foram derivados do sensor MODIS. O NDVI e EVI foram obtidos diretamente do produto MOD13Q1, enquanto o LSWI foi calculado usando as bandas do infravermelho próximo e médio. O cálculo dos índices NDVI, EVI e LSWI são mostrados nas **Equações 1, 2 e 3**, respectivamente:

$$NDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(\rho_{nir} + \rho_{red})} \quad (1)$$

$$EVI = G \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(\rho_{nir} + C_1 \rho_{red} + C_2 \rho_{blue} + L)} (1 + L) \quad (2)$$

$$LSWI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{mir})}{(\rho_{nir} + \rho_{mir})} \quad (3)$$

em que ρ representa o fator de refletância nas bandas do infravermelho próximo (*nir*), infravermelho médio (*mir*), vermelho (*red*) e azul (*blue*). No cálculo do EVI, as constantes L e G representam os fatores de ajuste para o solo e ganho, respectivamente; enquanto C_1 e C_2 são os fatores de ajuste para o efeito de aerossóis (Jensen, 2009). Os valores destes coeficientes são empiricamente determinados: $L = 1$; $G = 2,5$; $C_1 = 6$; e $C_2 = 7,5$.

A avaliação de desempenho dos índices de vegetação foi feita através de transectos, metodologia proposta por Aparício *et al.* (2009) para a região do Pantanal. A definição dos transectos procurou representar as principais classes de cobertura da terra da região. Para representação destas classes foi utilizado como referência o mapa de cobertura da terra do modelo de superfície SSiB (*Simplified Simple Biosphere Model*) compatibilizado por Vieira *et al.* (2006), baseado no mapa do PROBIO (Embrapa, 2004). Após a definição dos transectos, foram extraídos os índices de vegetação das cenas e a precipitação do período selecionado. Os índices foram representados na forma de gráficos, sendo os

transectos segmentados de acordo com as classes de cobertura da terra, e submetidos a um filtro média móvel de tamanho sete. Os índices também foram avaliados por meio de gráficos *box-plots*, agrupando os dados das classes dos transectos, buscando investigar a discriminação entre os diferentes tipos cobertura. Além disso, foi avaliada a correlação entre precipitação e índices de vegetação para cada uma das classes de cobertura. Todos os dados foram reamostrados para resolução espacial de 1 km.

4. Resultados e Discussão

4.1 Análise dos períodos secos e chuvosos

A análise das épocas secas e chuvosas objetivou a seleção dos períodos em que a precipitação ficou mais próxima da média, de modo a representar seu comportamento climatológico a partir da escolha de um ano específico. O período analisado compreende 1998 a 2010.

Em relação ao período seco – abril a setembro –, a precipitação média acumulada na região do Pantanal foi de 239 mm. O ano em que a precipitação ficou mais próxima da média foi 2008, com desvio absoluto de 4 mm. A **Tabela 1** mostra a precipitação média acumulada na estação seca no Pantanal no período de estudo e seus respectivos desvios em módulo.

Tabela 1. Precipitação acumulada (mm) no Pantanal na estação seca (abril a setembro)

Anos	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Média
Prec. média	298	158	272	290	182	271	319	198	210	162	235	267	239
Desv Média	59	80	34	51	56	33	81	41	29	77	4	28	

A **Figura 1** mostra a climatologia da precipitação na estação seca, bem como os dados observados em 2008. A partir da análise da **Figura 1**, é possível notar que, além da precipitação em 2008 ter ficado muito próxima à média, o padrão espacial (**Figura 1b**) assemelha-se muito à média acumulada no período de estudo (**Figura 1a**).

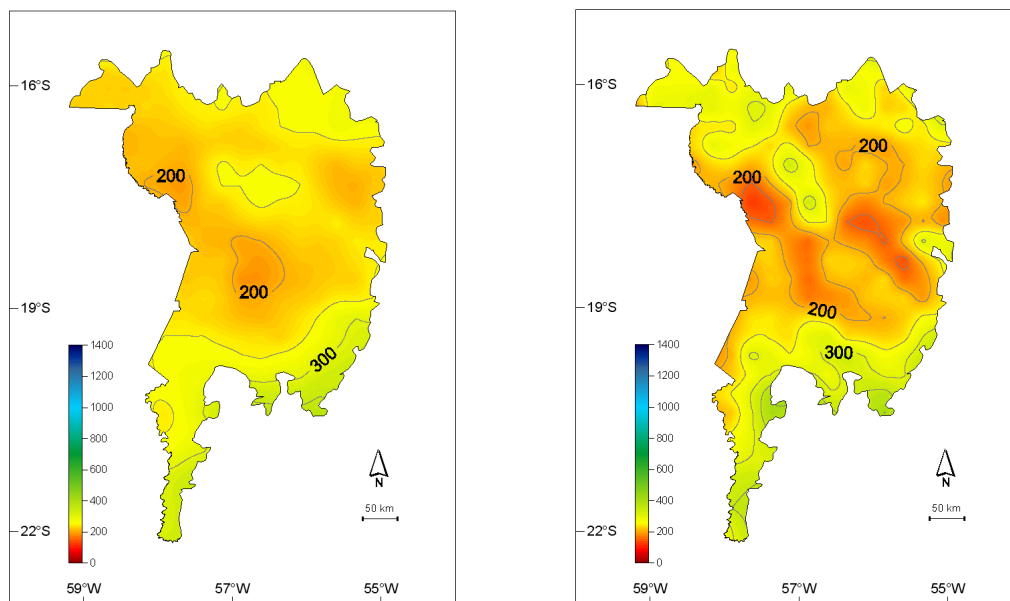


Figura 1. Precipitação média acumulada (mm) na estação seca (a) e observada em 2008 (b).

No período chuvoso – outubro a março –, a precipitação média acumulada foi 1002 mm, sendo o ano de 2009 (outubro de 2008 a março de 2009), o período com menor desvio absoluto, 19 mm. A precipitação média acumulada observada nos demais anos na estação chuvosa, juntamente com seus respectivos desvios em módulo, podem ser vistos na **Tabela 2**.

Tabela 2. Precipitação acumulada (mm) no Pantanal na estação chuvosa (outubro a março)

Anos	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Média
<i>Prec. média</i>	962	972	940	943	977	890	1161	979	1107	1048	983	1062	1002
<i> Desv. Média </i>	40	30	62	60	25	112	159	23	105	46	19	60	

Na **Figura 2** é possível observar a precipitação média acumulada na estação chuvosa, bem como os volumes observados em 2009. Assim como foi verificado para a estação seca, a precipitação observada na estação chuvosa de 2009 (**Figura 2b**) apresenta um padrão muito semelhante à precipitação média acumulada entre 1999 e 2010 (**Figura 2a**). Sendo assim, a estação seca de 2008 (abril a setembro de 2008) e a estação chuvosa de 2009 (outubro de 2008 a março de 2009) foram selecionadas como as estações de referência para a análise dos índices de vegetação na região do Pantanal.

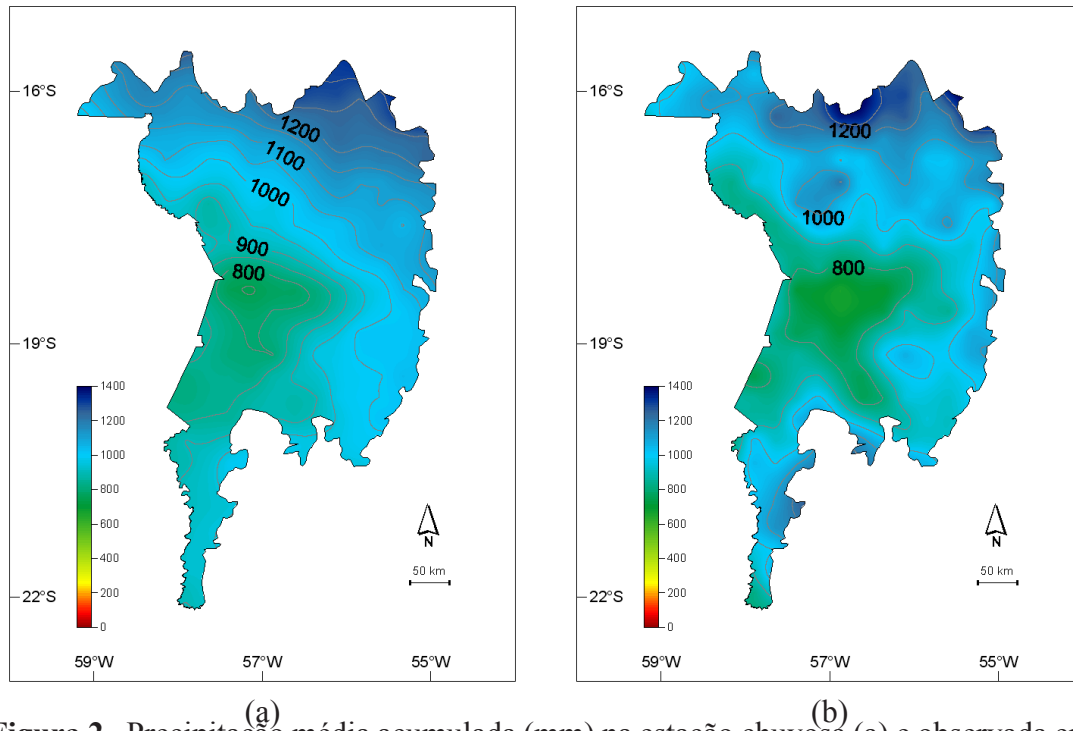


Figura 2. Precipitação média acumulada (mm) na estação chuvosa (a) e observada em 2009 (b).

4.2 Avaliação dos índices de vegetação

Após a seleção das estações de referência, foram adquiridas duas cenas MOD13Q1 referentes ao final das estações seca (29/09/2008) e chuvosa (07/04/2009). Em seguida, foram definidos os transectos para a análise dos índices de vegetação. A **Figura 3** mostra o mapa de cobertura da terra compatibilizado por Vieira *et al.* (2006) para o modelo SSiB e os transectos traçados.

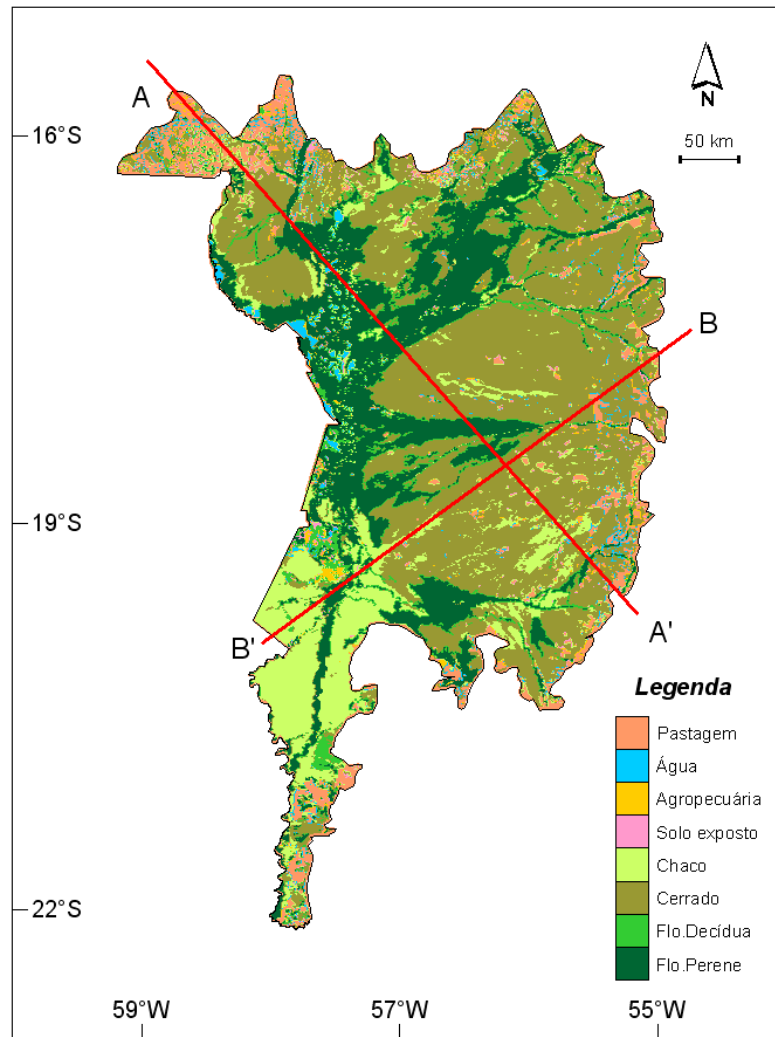


Figura 3. Classes de cobertura da terra e transectos traçados.

Fonte: Adaptado de Vieira *et al.* (2006).

A definição dos transectos foi feita de modo a contemplar as principais classes de cobertura da terra da região do Pantanal. Das oito classes de cobertura, quatro correspondem a 97% do total da área de estudo: Cerrado, 48%; Floresta Perene, 25%; Chaco, 13%; e Pastagem, 11%. Desse modo, foram definidos dois transectos ao longo da região: A-A', no sentido NW-SE; e B-B', no sentido NE-SW (**Figura 3**).

4.2.1 Estação seca

O comportamento dos índices de vegetação ao longo dos transectos, no final da estação seca de 2008, é mostrado na **Figura 4**. A segmentação dos índices por tipo de cobertura revela que o NDVI apresentou sempre os maiores valores em ambos os transectos, quando comparado aos demais, variando, em média, entre 0,4 e 0,8. O LSWI apresentou valores entre 0,0 e 0,4, exceto para a classe Floresta Perene, em que este índice ultrapassou o EVI. Nas classes Pastagem, Cerrado e Chaco, o LWSI variou, em média, entre 0,0 e 0,2. O EVI apresentou valores intermediários, entre 0,2 e 0,4; exceto para classe Floresta Perene, conforme já discutido. Na classe Vários (**Figura 4a**), não foi possível uma avaliação efetiva em função desta apresentar uma mistura de diferentes tipos de cobertura.

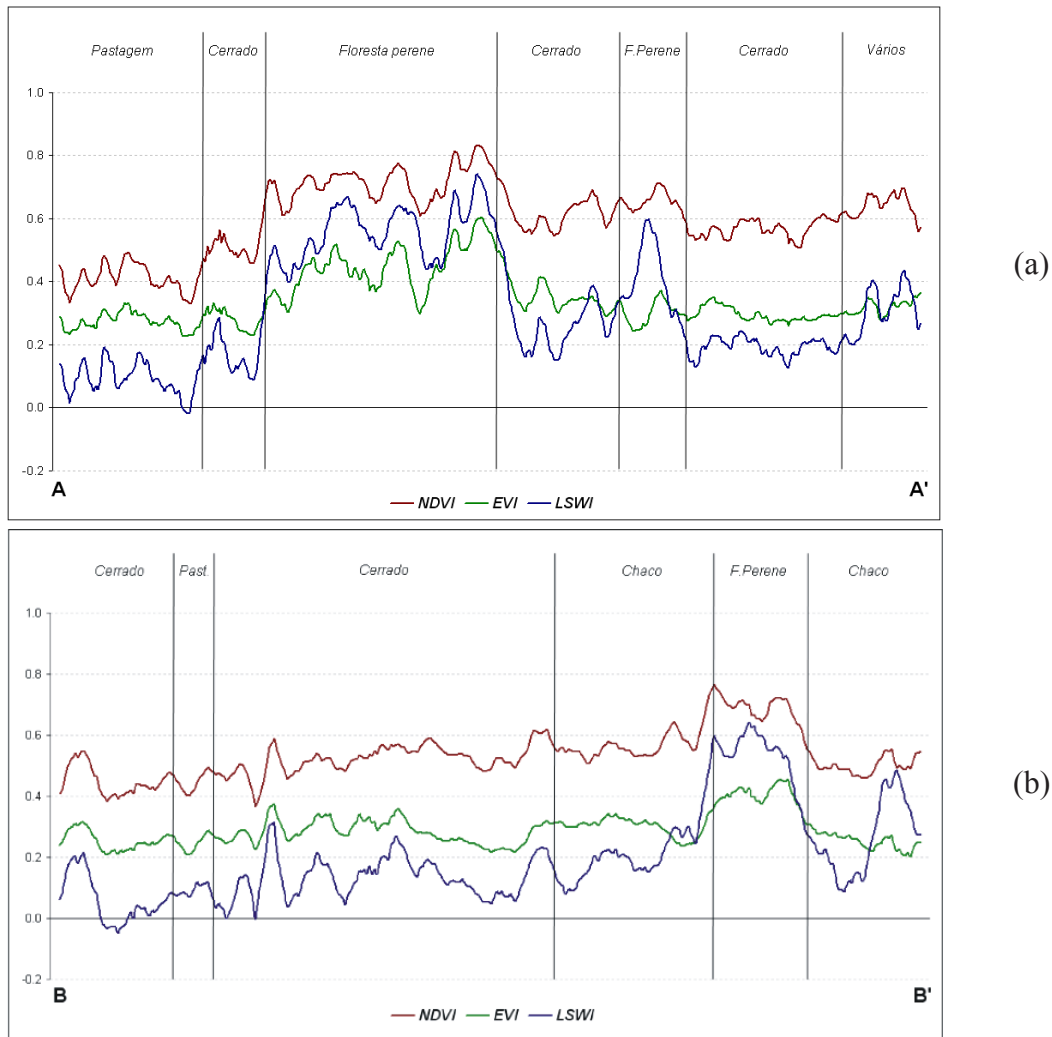


Figura 4. Índices de vegetação derivados do sensor MODIS no final da estação seca de 2008 (cena de 29/09/2008) nos transectos A-A' (a) e B-B' (b).

A análise dos índices de vegetação por meio de *box-plots* (**Figura 5**) mostrou que, para os tipos de cobertura avaliados neste estudo, o LSWI apresentou a maior amplitude em todas as classes. O NDVI revelou uma condição intermediária, enquanto o EVI mostrou a menor amplitude. Este resultado indica que, entre os índices analisados, o LSWI apresenta uma maior discriminação intraclasses na estação seca.

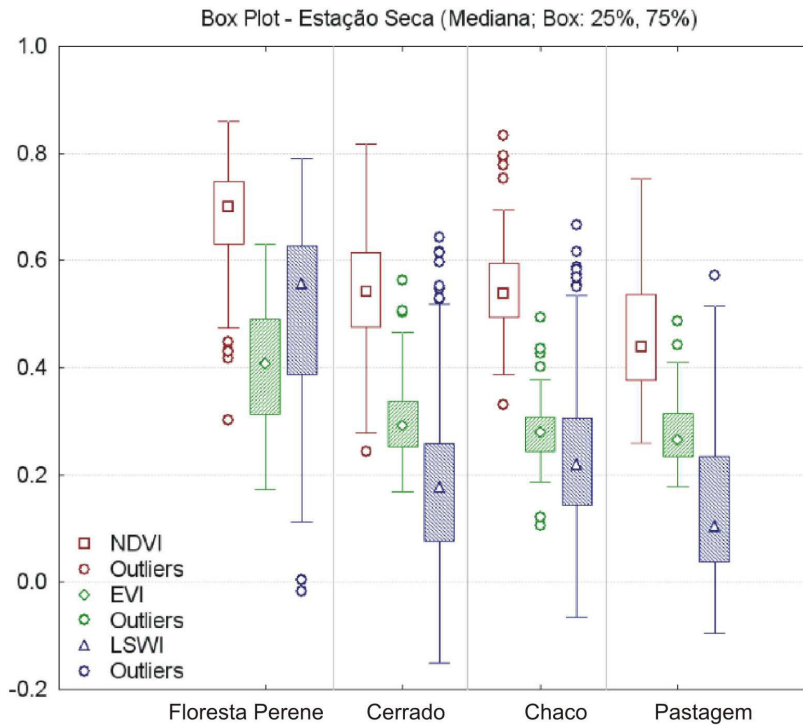


Figura 5. Box-plots dos índices de vegetação agrupados por tipo de cobertura da terra no final da estação seca de 2008.

A correlação entre os índices de vegetação e a precipitação na estação seca foi inferior a 0,25 em todas as classes (**Figura 6**). Apenas o Cerrado apresentou correlação significativa a 5%, com os três índices (NDVI: 0,12; EVI: 0,22; LSWI: 0,23). No Chaco, somente o NDVI obteve correlação com a precipitação (0,25), enquanto a Pastagem apenas com o EVI (0,23). A classe Floresta Perene não apresentou correlação com nenhum dos três índices analisados.

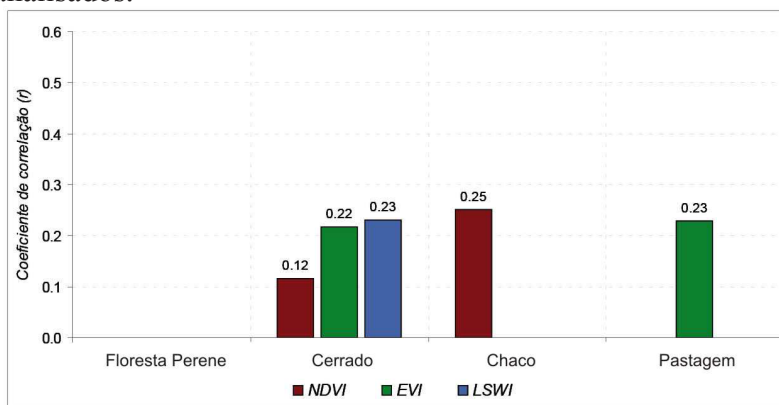


Figura 6. Coeficientes de correlação entre precipitação e índices de vegetação por classes de cobertura no final da estação seca de 2008.

4.2.2 Estação chuvosa

A **Figura 7** mostra o comportamento dos índices de vegetação ao longo dos transectos A-A' e B-B', no final da estação chuvosa de 2009. A análise dos índices por tipo de cobertura indica que o NDVI registrou os maiores valores em quase toda a extensão dos transectos, variando em média, entre 0,6 e 0,8. Apenas no transecto A-A' (**Figura 7a**), na

classe Floresta Perene, os valores de LSWI foram superiores ao NDVI em alguns setores. O LSWI apresentou índices intermediários entre o NDVI e o EVI, de 0,2 a 0,7. O EVI, em geral, mostrou os valores mais baixos entre os índices, variando de 0,2 a 0,5. Nas classes Cerrado e Chaco, os índices LSWI e EVI ficaram bastante próximos, alternando-se por vezes.

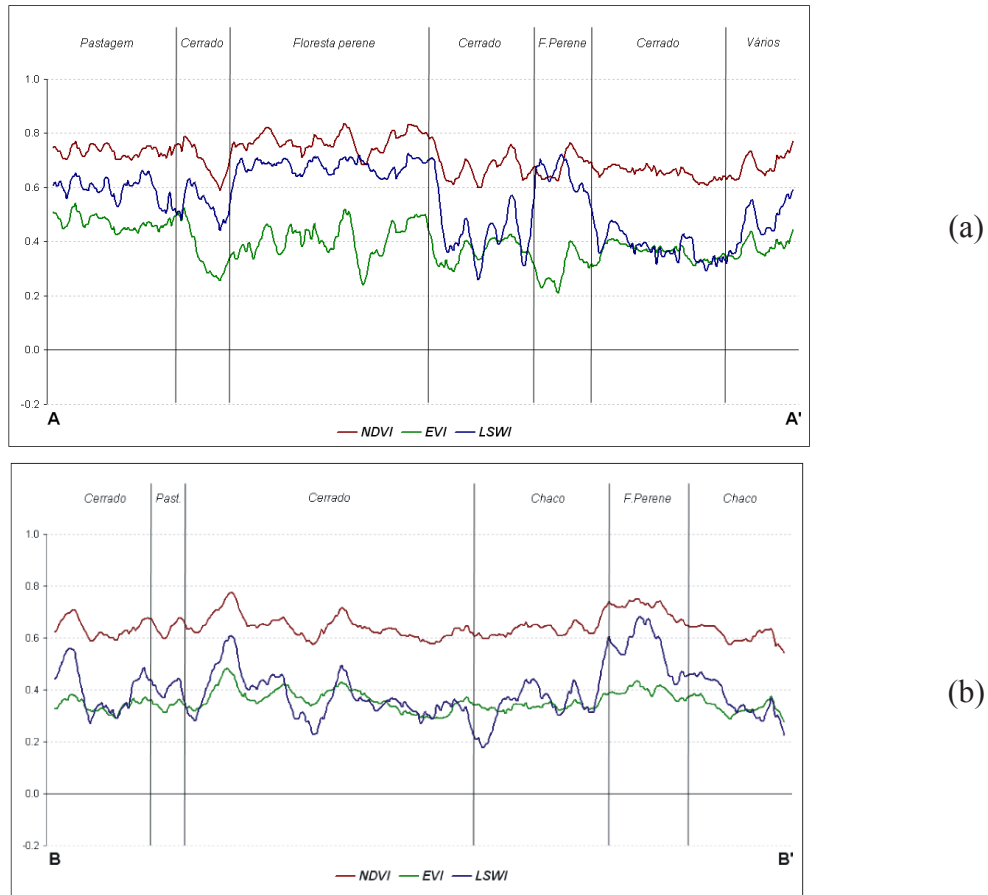


Figura 7. Índices de vegetação derivados do sensor MODIS no final da estação chuvosa de 2009 (cena de 07/04/2009) nos transectos A-A' (a) e B-B' (b).

É possível observar, a partir da análise das **Figuras 7a e 7b**, que os índices EVI e LSWI mostraram comportamento oposto na classe Floresta Perene. Nas classes Cerrado e Chaco, apesar do comportamento semelhante, nota-se que o LSWI apresenta maior amplitude que o EVI, tanto nos valores máximos, quanto mínimos. Como o LSWI é mais sensível ao conteúdo de umidade da vegetação, este índice parece ser o mais apropriado para as classes Cerrado e Chaco, revelando detalhes não observados em outros índices.

Os *box-plots* dos índices de vegetação por classe de cobertura (**Figura 8**) revelam que o LSWI na estação chuvosa apresentou comportamento semelhante ao da estação seca, mostrando uma maior amplitude em relação aos demais. O NDVI, em geral, apresentou a menor distribuição e valores mais altos, com máximos em torno de 0,9. O EVI revelou uma distribuição intermediária, especialmente nas classes Floresta Perene e Pastagem.

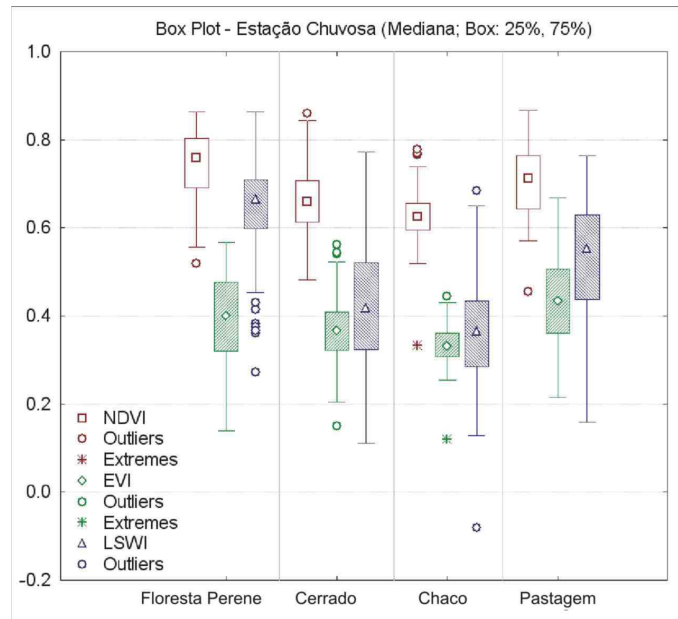


Figura 8. Box-plots dos índices de vegetação agrupados por tipo de cobertura da terra no final da estação chuvosa de 2009.

A análise entre a precipitação e os índices de vegetação na estação chuvosa indica que o NDVI e o LSWI mostram correlações significativas a 5%, em todas as classes (**Figura 9**). O EVI correlaciona-se com a precipitação apenas nas classes Pastagem e Floresta Perene. As maiores correlações foram do NDVI e EVI na Floresta Perene (0,5 e 0,41, respectivamente), seguidos do LSWI e EVI na classe Pastagem (0,39 e 0,34, respectivamente).

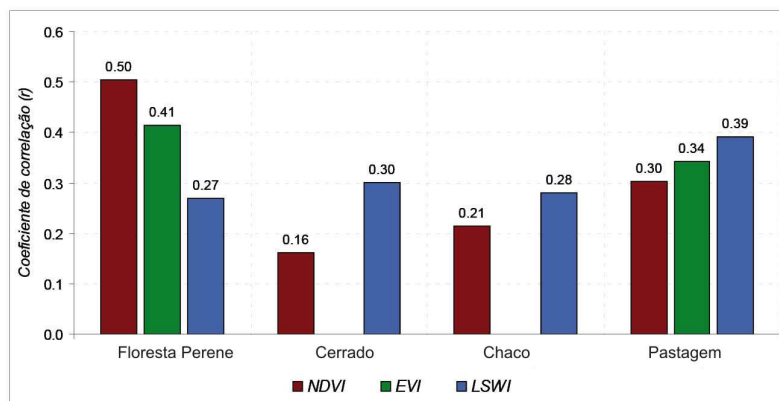


Figura 9. Coeficientes de correlação entre precipitação e índices de vegetação por classes de cobertura no final da estação chuvosa de 2009.

5. Conclusões

A análise dos índices de vegetação NDVI, EVI e LSWI nas estações seca e chuvosa revelou algumas características importantes na região do Pantanal. De maneira geral, o NDVI apresentou os maiores valores em ambas as estações. Em função disso, este índice tende a saturar as imagens, o que caracteriza uma de suas deficiências. O NDVI também mostrou uma baixa amplitude na estação chuvosa, revelando baixo poder de discriminação da vegetação nesta estação.

O EVI mostrou-se mais sensível que o LSWI na estação seca, exceto na classe Floresta Perene. Na estação chuvosa, o LSWI apresentou maiores valores e maior amplitude, comparado ao EVI, mostrando uma melhor discriminação das variações intraclases da vegetação.

Em relação à correlação com a precipitação, os índices mostraram baixos valores na estação seca, o que já era esperado. Na estação chuvosa, apenas o EVI não apresentou correlação significativa nas classes Cerrado e Chaco.

Os resultados apresentados, especialmente para a estação seca, corroboram outros estudos sobre o LSWI, mostrando que o índice é um bom indicador do conteúdo de umidade da vegetação, já que a classe Floresta Perene, vegetação mais resistente à sazonalidade da precipitação, apresentou valores de LSWI superiores ao EVI.

Sendo assim, entre os índices analisados, o LSWI mostrou-se mais adequado para a região do Pantanal, por captar melhor as variações da vegetação, especialmente das classes de Cerrado e Chaco na estação chuvosa; e Floresta Perene na estação seca. Este índice apresentou a maior amplitude em todas as classes de cobertura analisadas e, em ambas as estações, revelando, portanto, maior poder de discriminação da vegetação.

A hipótese levantada neste estudo foi confirmada, mostrando que os diferentes índices apresentam comportamentos distintos em função do tipo de cobertura e da sazonalidade da precipitação. A metodologia dos transectos mostrou-se adequada, representando os principais tipos de cobertura da região e reduzindo significativamente o número de amostras.

6. Referências

Alves, L. M. Climatologia da Região Centro-Oeste. In: Cavalcanti, I. A. F.; Ferreira, N. J.; Silva Dias, M. A. F.; Silva, M. G. A. J. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009

Antunes, J. F. G.; Esquerdo, J. C. D. M. Geração automática de produtos derivados de imagens AVHRR-NOAA para monitoramento de áreas inundáveis do Pantanal. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1. (GEOPANTANAL), 2006. Campo Grande. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. CD-ROM.

Aparício, C.; Alvalá, R. C. S.; Becerra, J. A. B. Metodologia de avaliação espaço-temporal da transição Pantanal-Cerrado-Amazônia. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2. (GEOPANTANAL), 2009. Corumbá. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2009.

Cardozo, F. S.; Pereira, G.; Silva, G. B. S.; Silva, F. B.; Shimabukuro, Y. E.; Moraes, E. C. Discriminação de áreas alagadas no Pantanal sul-matogrossense a partir de imagens orbitais. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2. (GEOPANTANAL), 2009. Corumbá. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2009. CD-ROM.

Coelho, F. A.; Paranhos Filho, A. C.; Albuquerque, L. M. M. Comportamento sazonal da cobertura do vegetal no estado de Mato Grosso do Sul. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1. (GEOPANTANAL), 2006. Campo Grande. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006.

Embrapa. **Levantamento e mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Pantanal, período de 2002 na escala de 1:250.000**. Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP. 2004. 43 p.

Ferrari, D. L.; Silva, J. S. V.; Abdon, M. M. Avaliação do uso de NDVI em imagens CBERS-2B/CCD na caracterização de pastagens degradadas no município de Camapuã, MS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2. (GEOPANTANAL), 2009. Corumbá. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2009. CD-ROM.

Goltz, E.; Brandão, D.; Tomás, L. R.; Mantelli, L. R.; Adami, M.; Shimabukuro, Y. E.; Formaggio, A. R. Utilização de índices espectrais de vegetação (MODIS) na determinação de áreas suscetíveis a alagamento no Pantanal Sul-matogrossense. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1. (GEOPANTANAL), 2006. Campo Grande. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São

José dos Campos: INPE, 2006. CD-ROM.

Hardisky, M.A., Klemas, V., Smart, R.M. The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 49 (1), pp. 77-83, 1983.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em Recursos Terrestre**. 2ª ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

Justice, C.O.; Vermote, E.; Townshend, J. R. G.; DeFries, R.; Roy, P. D.; Hall, D. K.; Salomonson, V.; Privette, J. L.; Riggs, G.; Strahler, A.; Lucht, W.; Myneni, B.; Knyazikhin, Y.; Running, W. S.; Nemani, R. R.; Wan, Z.; Huete, A. R.; Leeuwen, W. V.; Wolfe, R. E.; Giglio, L.; Muller, J. P.; Lewis, P.; Barnsley, M. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, n. 4, pp.1228-1247, 1998.

Lacruz, M. S. P.; Sousa Júnior, M. A. Uso de series temporais EVI/MODIS e análise harmônica para o estudo da bacia do rio Taquari. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1. (GEOPANTANAL), 2006. Campo Grande. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. CD-ROM.

Nicácio, R. M.; Araujo, L. L.; Gonzaga, E. P.; Libos, M.; Oliveira, L. M. T. Relação NDVI e precipitação na bacia do rio Coxim – MS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2. (GEOPANTANAL), 2009. Corumbá. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2009. CD-ROM.

Nimer, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE. 1979. 422 p.

Rudorff, B. F. T.; Shimabukuro, Y. E.; Ceballos, J. C. (Coord.). **Sensor MODIS e suas Aplicações Ambientais no Brasil**. 1.ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. 425 p.

Santos, J. S.; Pereira, G.; Shimabukuro, Y. E.; Rudorff, B. F. T. Identificação de áreas alagadas no bioma Pantanal – Brasil – utilizando dados multitemporais Terra/ MODIS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2. (GEOPANTANAL), 2009. Corumbá. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2009. CD-ROM.

Simpson, J., Kummerow, C., Tao, W.-K., Adler, R.F. On the tropical rainfall measuring mission (TRMM) **Meteorology and Atmospheric Physics**, 60 (1-3), pp. 19-36, 1996.

Victoria, D. C.; Andrade, R. G.; Paz, A. R. Série temporal de imagens EVI/MODIS para discriminação de formações vegetais do Pantanal. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2. (GEOPANTANAL), 2009. Corumbá. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2009.

Vieira, R. M. S. P.; Alvalá, R. C. S.; Ferraz Neto, S.; Mello, E. M. K. Metodologia para mapeamento da vegetação e uso da terra da região do Mato Grosso do Sul para utilização em modelagem meteorológica. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1. (GEOPANTANAL), 2006. Campo Grande. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. CD-ROM.

Wilson, E. H.; Sader, S. A. Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, p. 385-396, 2002.