

## **Padronização do índice de vegetação do Pantanal a partir de imagens do SPOT Vegetation**

Janice Freitas Leivas<sup>1</sup>  
Ricardo Guimarães Andrade<sup>1</sup>  
Daniel de Castro Victória<sup>1</sup>  
Thiago Renato de Barros<sup>1</sup>  
Fabio Enrique Torresan<sup>1</sup>  
Édson Luis Bolfe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Monitoramento por Satélite  
Av. Soldado Passarinho, 303  
13070-115 - Campinas, SP, Brasil  
{janice, ricardo, daniel, thiago, torresan, bolfe}@cnpm.embrapa.br

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) obtido a partir do produto NDVI decenal do satélite SPOT-Vegetation, para o bioma Pantanal. Para subsidiar os resultados foi realizada a padronização dos dados de precipitação obtidos do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). Os resultados são satisfatórios, mostrando que o IVP apresentou variabilidade entre o período seco e chuvoso e defasagem na resposta da vegetação à precipitação estimada a partir do TRMM. A análise das imagens resultantes de anomalia de NDVI e de precipitação permitiu verificar a resposta da vegetação no período chuvoso de 2011/2012, apresentando IVP acima do normal. Isto ocorre devido à anomalia negativa de precipitação, acarretando menor lâmina de água e, conseqüentemente, causando aumento NDVI. As análises comprovam que o IVP mostrou-se eficaz no monitoramento das cheias no Pantanal.

**Palavras-chaves:** Índice de Vegetação Padronizado, SPOT-Vegetation, TRMM, Índice de Precipitacao Padronizado, Pantanal.

**Abstract:** The purpose of this study was to evaluate the behavior of Standardized Vegetation Index (SVI) obtained from the product of ten days NDVI satellite SPOT-Vegetation, for the Pantanal. To support the results were carried out to standardize the precipitation data obtained from the TRMM satellite (Tropical Rainfall Measuring Mission). The results are satisfactory, showing that the SVI showed variability between the rainy and dry period delay in the response of vegetation to rainfall estimated from the TRMM. The analysis of the resulting images anomaly NDVI and rainfall allowed us to verify the response of vegetation in the rainy season of 2011/2012, with above normal SVI. This occurs due to precipitation of anomaly, resulting in less water level and consequently causing an increase NDVI. The analyzes demonstrate that the SVI was effective in monitoring flood in the Pantanal.

**Key Words:** Standard Vegetation Index, SPOT Vegetation, TRMM, Standard Precipitation Index, Pantanal.

## 1. Introdução

O bioma Pantanal é a maior área úmida tropical do planeta, onde ocorrem inundações sazonais pelo Rio Paraguai e seus afluentes. Por ser uma planície sazonalmente inundável, o Pantanal se caracteriza pelo ciclo de seca e cheia (pulso de inundação). A estação seca compreende o período de abril a setembro, com baixos valores de precipitação. O período chuvoso ocorre entre outubro e março. De maneira geral, o período de seca no Pantanal favorece o uso de diversas áreas de pastagens que são inundadas sazonalmente.

Como o Pantanal é uma área de difícil acesso, o sensoriamento remoto é uma ferramenta extremamente útil para obtenção de informações em escala regional, sendo possível monitorar a cobertura da superfície. Um dos mais utilizados índices de vegetação para análise de cobertura é o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, proposto por Rouse et al. (1973) que explora o contraste nos valores de refletância dos canais do vermelho e infravermelho próximo, por refletirem o estado da vegetação. Os Índices de Vegetação podem ser utilizados para estudos que caracterizam sua dinâmica, auxiliando na identificação de coberturas vegetais (Victoria et al., 2009), e no mapeamento e estudo da expansão de áreas agrícolas (Morton et al, 2006; Victoria et al., 2010).

O produto decenal de NDVI do sensor Vegetation (VGT), a bordo da plataforma do satélite SPOT, tem a finalidade específica de imageamento da vegetação. Apesar de possuir baixa resolução espacial (1km), o sensor possui bandas espectrais concebidas especificamente para o monitoramento de vegetação em grandes áreas, atuando nas faixas dos comprimentos de onda: 0,43-0,47 $\mu$ m (azul), 0,61-0,69 $\mu$ m (vermelho), 0,78-0,89  $\mu$ m e 1,58-1,68  $\mu$ m (infravermelho próximo).

Com a finalidade de quantificar as anomalias em forma de desvio padrão em relação à média, obteve-se o Índice de Vegetação Padronizado (IVP). Essa estimativa, proposta por Park et al. (2008) permite verificar o quanto a cobertura vegetal ficou acima ou abaixo do comportamento normal da vegetação, possibilitando realizar comparações entre diferentes regiões, devido à padronização dos dados. O monitoramento do IVP para o bioma Pantanal foi obtido a partir de séries temporais do SPOT Vegetation, através da padronização do Índice de Vegetação (NDVI) decenal da série histórica de 1998 a 2012.

Diante da falta de uma densa rede de pluviômetros na região do Pantanal, o satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) é uma boa alternativa para obtenção de estimativas de precipitação. O satélite TRMM é um projeto em parceria entre a NASA e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA), e foi lançado em 27 de novembro de 1997 com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos, além

de verificar como a mesma influencia o clima global. O projeto TRMM gera diversos produtos (estimativas) de acordo com a combinação de instrumentos usada no algoritmo de cálculo. Collischonn et al. (2006) mostraram que a estimativa de precipitação do satélite TRMM é bastante precisa quando comparada com dados de solo na bacia do Alto Paraguai.

## 2. Objetivo

O objetivo do trabalho foi verificar o comportamento da cobertura vegetal no Pantanal através da análise do Índice de Vegetação em relação ao padrão histórico para cada pixel e decêndio do produto NDVI do SPOT-Vegetation e comparar com as estimativas de precipitação padronizada do TRMM, dos períodos seco e chuvoso.

## 3. Material e Métodos

O bioma Pantanal foi a área de estudo deste trabalho. O Pantanal ocupa uma área de 150.355 Km<sup>2</sup>, ocupando 1,76% do território brasileiro, segundo dados do IBGE (**Figura 1**). Foi analisado o período seco, compreendido entre abril e setembro de 2011, e chuvoso, entre outubro de 2011 e março de 2012, em relação à série histórica de NDVI do Spot-Vegetation, de 1998 a 2012.



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

Para a realização do trabalho, foram utilizados os produtos V2KRNS10 do sensor SPOT Vegetation (VGT) que fornece a síntese decendial do NDVI. Este produto é obtido a partir do valor máximo do índice de vegetação observado durante o período da composta temporal (10 dias) para da pixel da imagem, o *Maximum Value Composite* (MVC). Como o produto é decendial, ocorre seleção dos pixels com maior valor de NDVI durante o período, reduzindo a contaminação por nuvens. O V2KRNS10 possui resolução radiométrica de 8 bits e resolução espacial de 1km. A conversão dos valores digitais da imagem para valores de NDVI é feita a partir da regressão linear:

$$NDVI = (0,004 \times NC) - 0,1$$

Onde, NC é o nível de cinza de cada pixel.

A partir do produto V2KRNS10 foi obtido o Índice de Vegetação Padronizado (IVP) ao aplicar a metodologia proposta por Park et al. (2008), o que permitiu quantificar o quanto o índice de vegetação de um determinado decêndio difere do valor médio de longo prazo para o mesmo decêndio.

Para cada decêndio, foi calculada a imagem anomalia de vegetação. Este cálculo foi realizado pixel a pixel e foi obtido através da subtração da média do decêndio e a média da imagem do decêndio, dividido pelo desvio padrão da imagem do referido decêndio. Com isso, foi obtido o valor da anomalia de vegetação para cada decêndio do período seco e chuvoso, no Pantanal.

A partir da imagem anomalia de vegetação, ou seja, o quanto o IVP ficou acima ou abaixo da média do NDVI para o decêndio, pode-se identificar a variabilidade da vegetação. Esses resultados foram comparados com os dados de precipitação padronizados do TRMM. As anomalias de precipitação foram comparadas com os desvios do Índice de Vegetação, em relação à média climatológica.

Para obtenção do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) foi necessário gerar as imagens médias de NDVI de cada decêndio, do período de abril de 1998 a 2012. A partir daí, foram obtidas as anomalias da cobertura vegetal em relação ao padrão histórico para o período analisado, ou seja, o quanto o vigor vegetativo ficou acima ou abaixo da média para o decêndio referido. O Índice de Vegetação Padronizado (IVP) foi obtido conforme a expressão:

$$IVP_{dec} = \frac{NDVI_{dec} - NDVI_{med dec}}{\sigma_{dec}}$$

Onde,  $IVP_{dec}$  é o Índice de Vegetação Padronizado do decêndio referido;  $NDVI_{dec}$  é o Índice de Vegetação do decêndio referido;  $NDVI_{med dec}$  é a média do Índice de Vegetação para diversos anos, no decêndio referido;  $\sigma_{dec}$  é o desvio padrão dos índices de vegetação de vários anos no decêndio referido. Os valores de IVP foram categorizados de acordo com a **Tabela 1**, que representam valores do índice de vegetação muito abaixo do normal ( $IVP < -2$ ) até muito acima do normal ( $IVP > 2$ ).

**Tabela 1.** Intervalos de classes dos valores do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) e da precipitação estimada pelo TRMM e sua correspondente categorização indicativa.

Valores de IVP	Categorização	Legenda
$\leq -2,0$	Muito abaixo do normal	Vermelho escuro
$-2,0 < IVP \leq -1,5$	Abaixo do normal	Vermelho
$-1,5 < IVP \leq -1,0$	Ligeiramente abaixo do normal	Laranja
$-1,0 < IVP \leq 1,0$	Normal	Amarelo
$1,0 < IVP \leq 1,5$	Ligeiramente acima do normal	Verde claro
$1,5 < IVP < 2,0$	Acima do normal	Verde
$\geq 2,0$	Muito acima do normal	Verde escuro

Com a obtenção do Índice de Vegetação Padronizado (IVP), foi possível avaliar o vigor vegetativo em relação aos padrões históricos (1998/2012) para cada pixel e decêndio do período seco, entre abril e setembro de 2011, e chuvoso, entre outubro de 2011 e março

de 2012.

Os resultados foram expressos em desvios padrão em relação à média, ou seja, anomalia de vegetação em relação à média, possibilitando avaliar a distribuição espacial dos Índices de Vegetação Padronizado (IVP). A escala em tons de verde corresponde aos valores de NDVI ligeiramente acima do normal, acima do normal e muito acima do normal, respectivamente, ou seja, pode-se afirmar que o NDVI está acima do que era esperado para o local e decêndio analisado. As áreas em amarelo correspondem ao Índice de Vegetação (NDVI) normal, ou seja, NDVI da área assemelha-se à média do período 1998/2012, para o referido pixel. Os tons laranja, vermelho e vermelho escuro correspondem às áreas com NDVI ligeiramente abaixo do normal, abaixo do normal e muito abaixo do normal, respectivamente. Nas áreas em tom de cinza não foram obtidos dados. Isto se deve à presença de nuvens ou pixels ruidosos, eliminados na fase de pré-processamento.

Em cada decêndio, foi determinada a variação média do IVP ao longo do tempo. Para tanto, associando-se as imagens decendiais do SPOT Vegetation ao mapa de referência, foi possível determinar o IVP em cada local (*pixel*). Foi analisado o IVP em relação à precipitação estimada pelo TRMM.

A estimativa dos desvios temporais na precipitação foi estimada a partir do Índice Padronizado de Precipitação (IPP). De forma análoga ao Índice de Vegetação Padronizado, este índice avalia a diferença da precipitação em um determinado período em relação à precipitação média do período, normalizado pelo desvio padrão:

$$IPP = \left( \frac{P_{mi} - P_i}{\sigma_{P_i}} \right)$$

Onde,  $P_{mi}$  é a precipitação de um determinado ano no período  $i$ ;  $P_i$  é a precipitação média de longo prazo do período  $i$  e  $\sigma_{P_i}$  é o desvio padrão da precipitação do período  $i$ .

Os dados de precipitação utilizados no cálculo do IPP foram obtidos das estimativas mensais de precipitação do satélite TRMM, produto 3B43, obtidos via ftp em <http://daac.gsfc.nasa.gov/data/>.

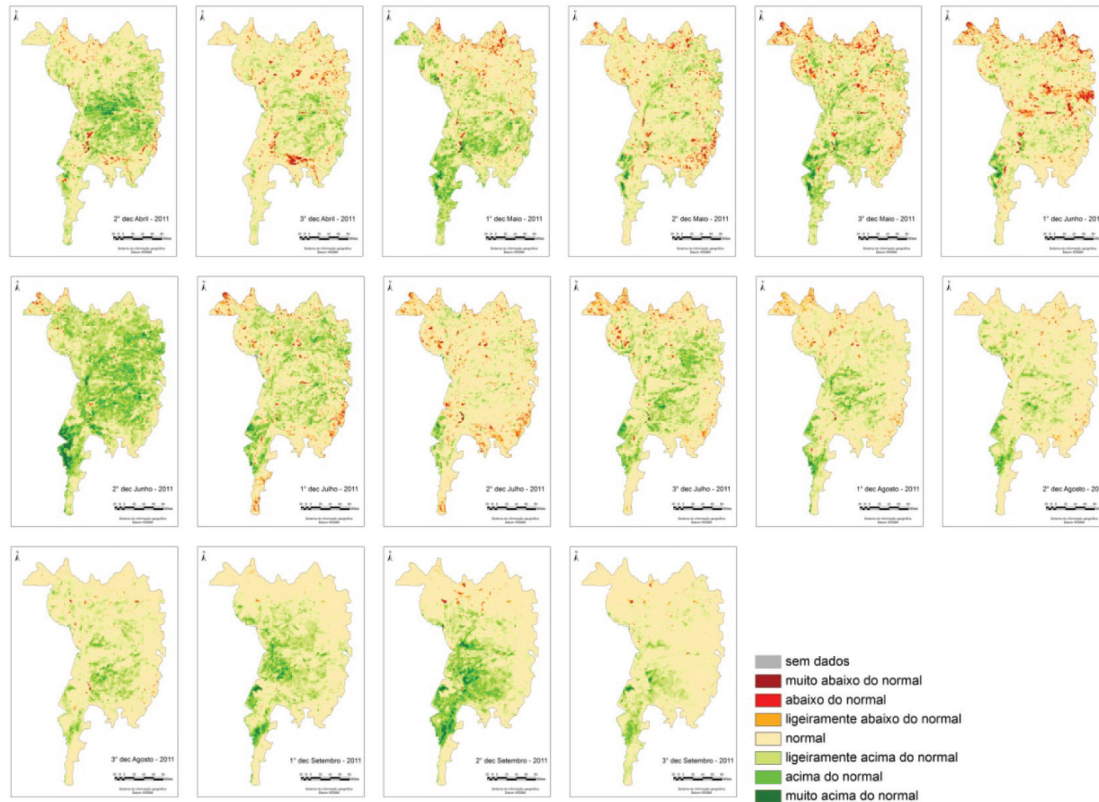
Estes apresentam resolução espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  (aproximadamente 25 km) e correspondem ao acumulado mensal de precipitação estimada, ajustada a partir de dados de uma rede mundial de postos pluviométricos.

#### 4. Resultados e Discussão

Na **Figura 2**, é apresentada a distribuição espacial do IVP do Pantanal para a estação seca. Observa-se que o IVP variou entre normal e acima do normal na metade sul do Pantanal entre abril e maio de 2011. De junho a setembro de 2011, o IVP ficou em torno do que era esperado para o período com áreas acima do normal no sudoeste do Pantanal. Nas estimativas de precipitação do TRMM (**Figura 3**), observa-se que no início da estação seca, a precipitação estimada pelo TRMM ficou em torno da normal climatológica. Em maio observou-se anomalia negativa de precipitação em grande área do Pantanal. No trimestre junho-julho-agosto, houve predominância de áreas com precipitação normal.

No início da estação chuvosa, a precipitação ficou acima do normal, em novembro e dezembro, houve predomínio de áreas com anomalias negativas e no restante, a precipitação ficou em torno da normal no Pantanal. O IVP respondeu à precipitação abaixo do normal entre outubro a janeiro. A partir de fevereiro, o IVP ficou acima do normal principalmente no último decêndio de março, apresentando NDVI acima do normal, ou seja, vegetação do Pantanal com verdor mais acentuado que era esperado para período. A variabilidade

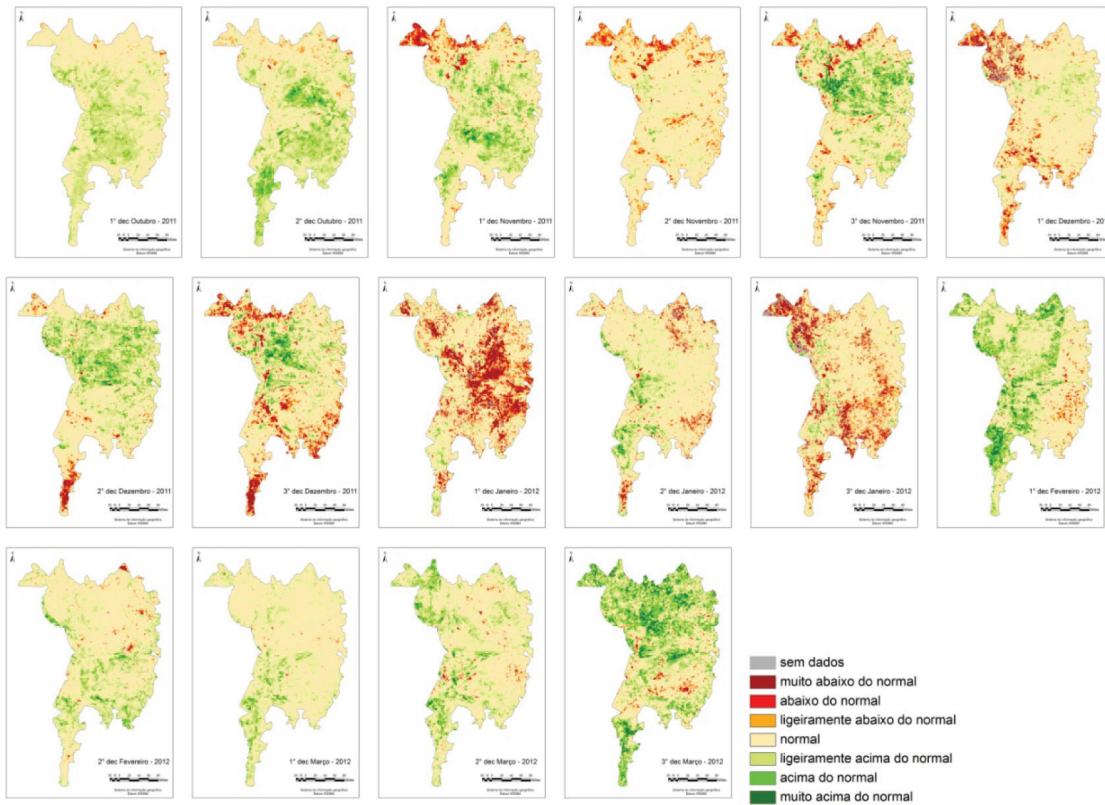
do IVP no período chuvoso (**Figura 3**) pode ser explicada pela anomalia de precipitação negativa obtida do TRMM (**Figura 4**). Com a diminuição da lâmina de água em relação ao normal para o período, ocorreu aumento dos valores de NDVI, em relação ao que era esperado.



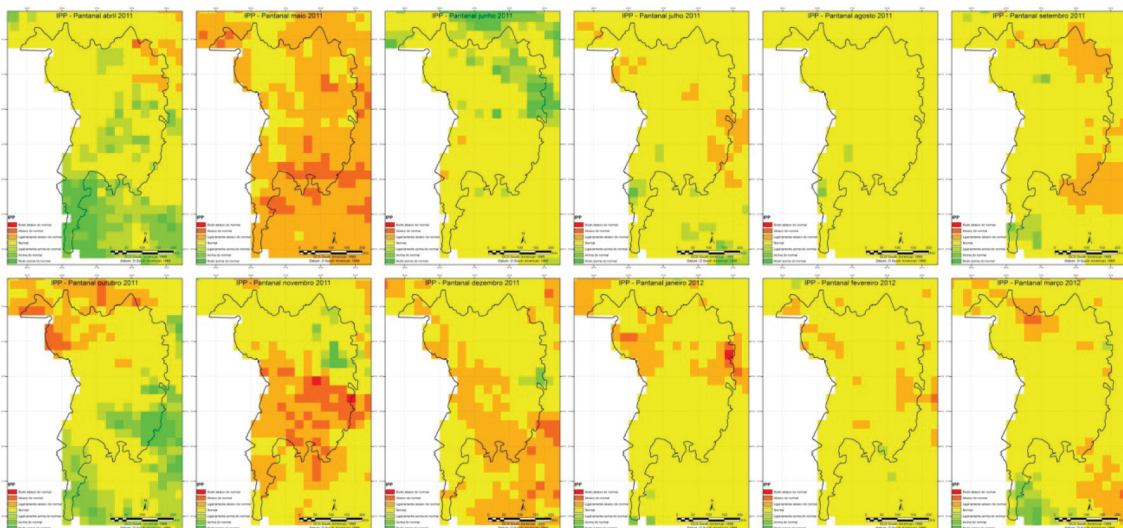
**Figura 2.** Distribuição espacial do Índice de Vegetação Padronizado na estação seca, de abril a setembro de 2011.

Observa-se defasagem entre o IVP e a precipitação padronizada do TRMM (**Figura 3**). O comportamento do NDVI está fortemente influenciado pela precipitação, bem como o tempo da defasagem entre a precipitação e o NDVI, conforme já constatado em estudos anteriores como o realizado por Campos et al. (2009) e Wang et al. (2003), bem como o tempo da defasagem entre a precipitação e o NDVI. Ávila et al. (2009) observaram defasagem de dois meses entre a resposta do NDVI e a precipitação, detectando ainda que neste processo outras variáveis além da precipitação devem estar envolvidas para determinar o comportamento do NDVI.

As estimativas de precipitação obtidas do satélite TRMM apresentam a variabilidade sazonal (**Figura 4**). Há uma tendência dos dados do satélite superestimarem a precipitação total. Essa diferença é da mesma ordem das verificadas em trabalhos anteriores (Ramage et al., 2003, Collischonn et al., 2006), e os resultados podem ser considerados satisfatórios. Collischonn et al. (2006) verificaram que o TRMM estima de forma bastante razoável a precipitação sobre a bacia do Alto Paraguai. Em alguns picos, o satélite superestimou a precipitação, em outros subestimou. Outra característica importante é que o satélite TRMM estima corretamente a ausência de chuva. Assim, a alternância entre estações úmidas e secas, característica da região, é bem representada.



**Figura 3.** Distribuição espacial do Índice de Vegetação Padronizado na estação chuvosa, outubro de 2011 a março de 2012.



**Figura 4.** Distribuição espacial do Índice de Precipitação Padronizado (IPP) obtido a partir do TRMM, de abril de 2011 a março de 2012.

## 5. Conclusões

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a análise integrada das imagens resultantes de anomalia de precipitação e índice de vegetação possibilitaram verificar a defasagem da resposta do Índice de Vegetação Padronizada em relação à anomalia negativa de precipitação do TRMM.

A variabilidade do IVP no período chuvoso pode ser explicada pela anomalia negativa de precipitação. Com a diminuição da lâmina d'água em relação ao normal para o período, ocorreu aumento dos valores de NDVI, em relação ao que era esperado.

Apesar da baixa resolução espacial das imagens de NDVI do SPOT-Vegetation, os resultados obtidos foram satisfatórios para monitoramento decenal das áreas alagadas e não inundáveis do Pantanal brasileiro.

## 6. Referências

Ávila, A.M.H; Goncalves, R.R.V.; Pinto, H.S.; Zullo, J.J. Relação entre a precipitação e o NDVI em imagens AVHRR/NOAA para a cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 14., 2009, Natal. **Anais...**, São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos: p. 553-560. On-line. ISBN:978-85-17-00044-7.

Collischonn, B; Collischonn, W; Allasia, D. Tucci, C. Estimativa de precipitação por sensoriamento remoto passivo: desempenho do satélite TRMM sobre a Bacia do Alto Paraguai até Descalvados. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 01, 2007.

Morton, D. C. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p. 14637–14641, set. 2006.

Park J. S.; Kim, K. T.; Choi, Y. S. Application of Vegetation Condition Index and Standartized Vegetation Index for assessment of spring drought in South Korea. In: Geoscience and remote Sensing Symposium, 2008. IGARSS 2008, Boston, Massachusetts, U.S.A. **Proceedings...** IEEE International, vol. 3, p. III-774 July 2008.

Ramage, K.; Jobard, I.; Lebel, T.; Desbois, M. **Satellite estimation of 1-day to 10-day cumulated precipitation: comparison and validation over tropical Africa of TRMM, METEOSAT and GPCP products.** The 2003 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, 29 de setembro a 3 de outubro de 2003, Weimar, Alemanha.

Victoria, D. C.; Andrade, R. G.; Paz, A. R. Série temporal de imagens EVI/MODIS para discriminação de formações vegetais do Pantanal. **Geografia**, Número especial: Geopantanal. v. 34, p. 721–729, dez. 2009.

Victoria, D. C.; Coutinho, A. C.; Paz, A. R. **Soy Production Area Estimates In Mato Grosso, Brazil, Using MODIS NDVI Time Series.** Eos Transactions. AGU. Anais... In: AGU 2010 Meeting of the Americas. 2010.

Wang, J.; Price, K. P.; Rich, P. M. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the Central Great Plains. **International Journal of Remote Sensing**, v.24, n.11, p.2345-2364, 2003.