

Fenologia das pastagens no bioma Cerrado e sua relação com variáveis meteorológicas

Carline Biasoli Trentin¹
Aline Biasoli Trentin²

¹ Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT/CUA
Av. Valdon Varjão, 6390 - Campus Universitário do Araguaia - Barra do Garças - MT, Brasil.
carlinebtrentin@gmail.com

² Universidade Federal do Pampa
Av. Antônio Trilha, 1847 - Campus de São Gabriel - São Gabriel - RS, Brasil
alinetrentin@unipampa.edu.br

Abstract. The aim of this work was to monitor the changes in the phenology of grassland within the Cerrado biome using vegetation index and evaluating the relationship with these data with the temperature and rainfall during 2006 to 2016. To monitor the changes in phenology of grassland vegetation, were used the vegetation index Enhanced Vegetation Index and Normalized Difference Vegetation Index from product MOD13 EOS-MODIS. We used images of rainfall the Tropical Rainfall Measuring Mission and Land Surface Temperature the product MOD11A2. From spectral reflectance, rainfall and temperature were analyzed through correlation analysis using a spreadsheet software which examined the relations between the spectral reflectance of the vegetation and the meteorological data. The correlation analysis between precipitation and the spectral indexes returned significant coefficients. For the EVI related to rainfall of thirty days prior was found a $r = 0.88$ and $r = 0.78$ when mapped to the NDVI. About to the temperature were found coefficients of $r = -0.89$ for the EVI and $r = -0.85$ for the NDVI for 30 days before. The results show that is possible monitor the beginning of growth season of the grassland of Cerrado biome using the spectral vegetation index, and that this period is related to rainfall.

Palavras-chave: remote sensing, vegetation, temperature, precipitation, sensoriamento remoto, vegetação, temperatura, precipitação.

1. Introdução

O Bioma Cerrado localiza-se no Planalto Central do Brasil, nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e no Distrito Federal ocupando uma área de 2.036.448 km², cerca de 22% do território nacional (MMA, 2016).

As formações vegetais que compõem o Bioma Cerrado encontram-se vulneráveis devido à conversão de áreas deste bioma em atividades agropecuárias, especialmente na região Centro-Oeste do país, incluindo o Estado de Mato Grosso. De acordo com o Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (Imea), as regiões leste e nordeste do Mato Grosso - no Vale do Araguaia, são consideradas como nova fronteira agrícola do Estado, devido à disponibilidade de terras de baixo custo e solos favoráveis ao cultivo da soja, principalmente sobre áreas de pastagens.

O processo de degradação de pastagens é um fenômeno complexo, que envolve causas e consequências que conduzem à gradativa diminuição da capacidade de suporte da pastagem. Assim, destaca-se a importância de estudos sobre a fenologia da vegetação do Cerrado, com o intuito de entender como as mudanças no uso da terra e do clima podem afetar a estrutura e funcionamento da vegetação.

A análise das variações fenológicas em nível regional e sua interligação com os diferentes componentes do meio geográfico torna-se necessária para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas em escala global (Lee et al., 2002; Anderson et al., 2005). Larcher (2000) comenta sobre as relações existentes entre as variáveis climáticas e a fenologia. O autor destaca que esta abordagem é baseada no início e na duração de alterações visíveis no ciclo de vida das plantas e procura correlações estatísticas entre fatores climáticos e períodos definidos

do desenvolvimento de certas espécies. Com isso, mudanças interanuais na temperatura e precipitação podem influenciar diretamente a condição da fenologia, como o período de crescimento e a taxa de acumulação de biomassa (Lee et al., 2002; Anderson et al., 2005).

Jensen (2009) comenta que o monitoramento da biomassa ao longo do tempo pode fornecer importantes informações sobre a estabilidade de um ecossistema natural. Por isso, é crescente a demanda por tecnologias que possam mapear e monitorar as áreas de pastagens e o seu nível de degradação com rapidez, baixo custo e confiabilidade. Neste sentido, a relação entre a produtividade da vegetação e as imagens de satélite tem sido bem documentada, no que se refere à variação temporal e espacial da vegetação, produtividade e degradação dos ecossistemas (Liang e Schwartz, 2009; Paruelo et al., 2001). Por possuir ampla cobertura global os produtos de sensoriamento remoto podem ser usados para prever os efeitos da mudança ambiental em ecossistemas, possibilitando o entendimento dos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente (Pettorelli et al., 2005).

Em síntese, a utilização de imagens de satélite auxilia no desenvolvimento de novas pesquisas, permitindo monitorar as mudanças na cobertura vegetal dos ecossistemas naturais. Assim, produtos derivados como os índices espectrais de vegetação, são importantes ferramentas na determinação de padrões espaciais/temporais e monitoramento da vegetação em escalas regionais (Anderson e Shimabukuro, 2007), em registros da distribuição dos tipos de vegetação e de estimativas de suas variáveis biofísicas (biomassa) (Jensen, 2009).

Estudos relacionados a cobertura da terra e fenologia da vegetação demonstram a grande utilização do NDVI. Anderson e Shimabukuro (2007) empregaram o NDVI a fim de registrar a fenologia e a sazonalidade da vegetação para o Estado do Mato Grosso, utilizando correlações com amostras de diferentes formações vegetais e precipitação. Ratana et al. (2005) concluíram que o NDVI é suficientemente estável para comparar variações sazonais, interanuais e a longo prazo da estrutura da vegetação, fenologia e parâmetros biofísicos.

O objetivo deste trabalho é monitorar as variações fenológicas das áreas de pastagens do bioma Cerrado utilizando índices de vegetação do sensor MODIS e avaliar a interferência de variáveis meteorológicas no desenvolvimento da vegetação, nos períodos seco e chuvoso para um intervalo de 10 anos.

2. Metodologia de Trabalho

Para monitorar as variações da vegetação com imagens de sensoriamento remoto, foram utilizados os Índices de Vegetação EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do produto MOD13 do sensor EOS-MODIS, no período de 2006 a 2016. Estas imagens possuem 250 metros de resolução espacial e referem-se a uma composição de 16 dias, resultando em 23 cenas anuais, permitindo a obtenção de um produto livre da influência das nuvens (Latorre et al., 2007).

Foram utilizadas imagens de precipitação do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), com resolução espacial de 30km, disponibilizadas mensalmente. As informações de temperatura de superfície são provenientes do sensor MODIS, produto MOD11A2 (*Land Surface Temperature - LST*) com resolução espacial de 1km. O produto MOD11A2 é uma composição de oito dias, realizada a partir de dados diários de temperatura de superfície que produz imagens termais diurnas e noturnas para toda a superfície da Terra.

A área de estudo desta pesquisa corresponde ao município de Barra do Garças, localizado na região leste do estado do Mato Grosso, considerada a nova fronteira agrícola do Estado. Foram escolhidas oito amostras aleatórias em áreas de pastagem, excluindo-se as matas ciliares e culturas agrícolas. Para auxiliar na escolha das amostras, foi utilizado o mapeamento de áreas de pastagem (Figura 1) disponibilizado pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig/UFG). Este mapeamento foi gerado a partir de

compilação de dados TerraClass Amazon, Funcate, PROBIO, Canasat e TNC (*The Nature Conservancy*).

Os dados MOD13 e MOD11A2 foram agrupados mensalmente com a finalidade de coincidir com as imagens de precipitação do TRMM. A média dos valores de NDVI e EVI, referentes às oito amostras foram analisadas e comparadas com os dados de temperatura e precipitação pluvial, coletados no mesmo período (2006 a 2016).

Posteriormente, foram gerados os gráficos de dispersão e obtido o coeficiente de determinação entre os dados de temperatura e precipitação e os índices espectrais do sensor MODIS para cada mês. Considerou-se para estas relações, os dados meteorológicos do mês anterior a data da imagem, uma vez que a resposta espectral da vegetação apresenta influência das variáveis meteorológicas com atraso de aproximadamente um mês.

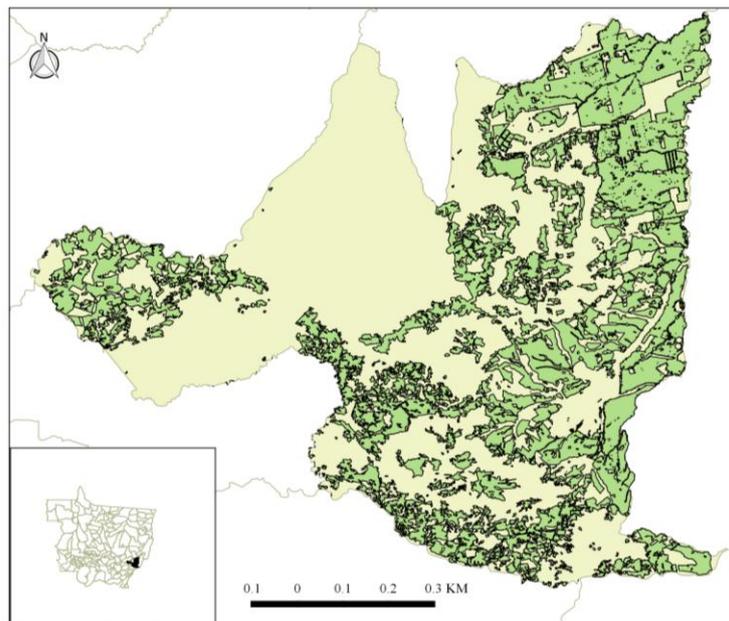


Figura 1: Mapa de localização das áreas de pastagem no município de Barra do Garças/MT
Fonte: Adaptado de LAPIG/UFG

3. Resultados e Discussão

O Estado de Mato Grosso apresenta um clima tropical, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (outubro a abril) e outra seca (maio a setembro). A média anual da pluviometria está em torno de 1621,98 mm, sendo que 95% das chuvas ocorrem na estação chuvosa. A temperatura de superfície apresentou maiores índices térmicos nos meses de agosto (37,42°C) e setembro (34,74 °C), enquanto as temperaturas mínimas ocorrem nos meses de novembro (12,15°C) e dezembro (12,59°C) (Figura 2).

Analisando a distribuição da temperatura do bioma Cerrado a partir de dados de satélite, Santos et al (2011) verificaram que a temperatura de superfície atingiu valores elevados no período considerado seco, nos meses de setembro e outubro e, os meses de maio e junho os menores valores de temperatura de superfície.

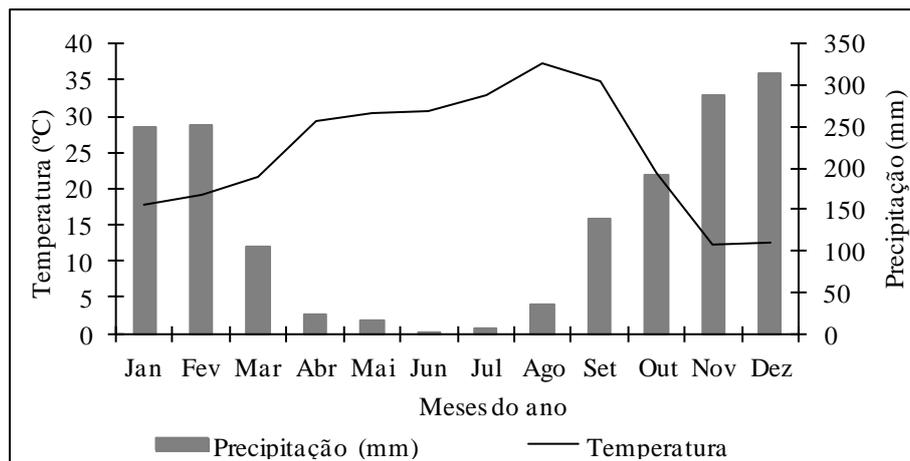


Figura 2. Variação média da temperatura mensal e precipitação pluvial ao longo do ano no bioma Cerrado no período de estudo

Observando o perfil temporal dos índices de vegetação (IVs) EVI e NDVI, verificou-se um comportamento esperado, com maiores valores durante a estação chuvosa e menores na estação seca (Figura 3). Esse padrão ocorre porque os índices são proporcionais à atividade fotossintética, apresentando valores superiores quando a atividade fotossintética é maior e há mais biomassa verde (Carvalho et al, 2008).

Assim, o comportamento observado pode ser atribuído à variabilidade climática intra-anual, relacionada principalmente a precipitação pluvial. Da mesma forma, Ferreira e Huete (2004), comparando os índices de vegetação NDVI e SAVI em três formações no bioma cerrado (áreas convertidas, formação florestal e formação de cerrado), mostraram que em época chuvosa ocorre o pico verde da vegetação, com alta atividade fotossintética e acumulação de biomassa, enquanto no final do período seco ocorre o pico decíduo, com déficit hídrico e baixa biomassa verde.

De acordo com Becerra et al. (2009), o perfil sazonal da dinâmica da vegetação usando os índices EVI e NDVI mostrou alta atividade fotossintética e fitomassa foliar na estação chuvosa (de outubro a março), com diminuição gradual na época seca (maio a setembro, com precipitação inferior a 100 mm), destacando uma maior relação entre a fenologia da vegetação e a precipitação.

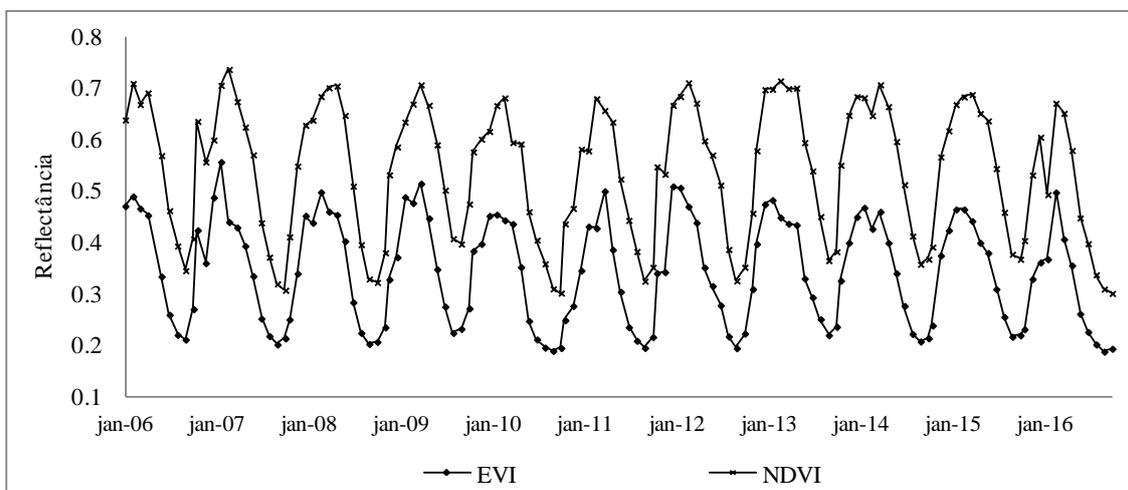


Figura 3. Perfil temporal dos índices de vegetação EVI e NDVI no bioma Cerrado no período de 2006 a 2016

A análise de correlação entre a precipitação pluvial e os índices espectrais retornou coeficientes significativos. Para o EVI relacionado à precipitação acumulada de trinta dias anteriores foi encontrado um $r = 0,88$ e $r = 0,78$ quando correlacionado ao NDVI. Em relação à temperatura foram encontrados coeficientes de $r = 0,89$ para o EVI e $r = 0,85$ para o NDVI para 30 dias anteriores.

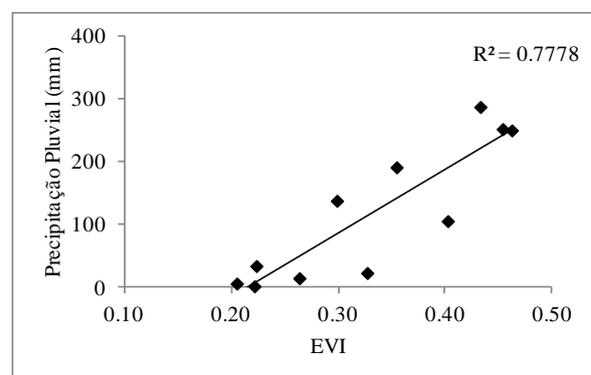
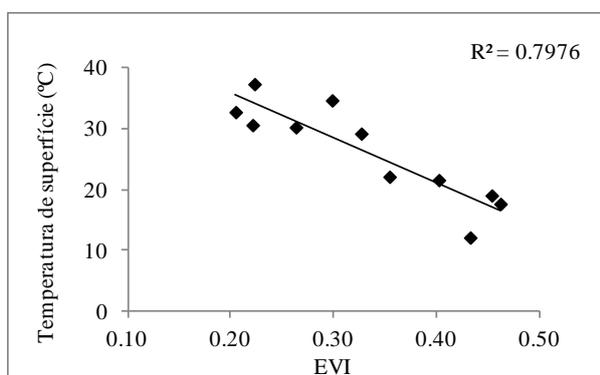
Para este trabalho foi esperada a existência de correlação entre a resposta espectral e a precipitação, considerando que outros estudos desenvolvidos para o bioma Cerrado relacionando dados espectrais, principalmente o NDVI, com a precipitação pluvial, demonstraram que a vegetação correlaciona-se positivamente com a precipitação. Esta relação indica que um possível aumento na quantidade de chuva pode evidenciar um aumento da atividade fotossintética e da reflectância da vegetação, ou diminuição da reflectância quando a precipitação é baixa (Verona et al., 2005).

Estudo desenvolvido por Ratana et al. (2005) em áreas com períodos sazonais de precipitação bem definidos, destacam que o NDVI permite comparações significativas entre as variações sazonais e a vegetação. Os autores destacam que os perfis de NDVI e EVI apresentam altos valores na estação chuvosa e menores valores na estação seca, seguindo os padrões da precipitação, com um atraso na resposta da vegetação de cerca de um mês.

A distribuição dos pontos nos gráficos (Figura 4) apresentou uma tendência linear e decrescente entre os Índices de Vegetação EVI e NDVI e a temperatura, enquanto apresentaram uma tendência linear e crescente para a precipitação. Estudos demonstram que mudanças interanuais na temperatura e precipitação podem influenciar diretamente a condição da fenologia, como o período de crescimento e a taxa de acumulação de biomassa (Lee et al., 2002; Anderson et al., 2005).

Conforme o coeficiente de determinação (significativo para $\alpha = 1\%$), 74% da variação observada para o NDVI e 80% para o EVI é explicada pelo fato de que a resposta espectral da vegetação varia em relação a temperatura de superfície, sendo observada uma relação de dependência entre essas duas variáveis. Da mesma forma, a proporção da variabilidade dos dados espectrais NDVI (61%) e EVI (78%) pode ser explicada estatisticamente pela precipitação pluvial.

Apesar dos altos valores (acima de 70%) do coeficiente de correlação encontrados para a temperatura e os Índices de vegetação EVI e NDVI, estes podem ser um indicativo de falsa correlação entre os dados, considerando que o período de crescimento da vegetação coincide com o início da estação chuvosa, independente da diminuição da temperatura.



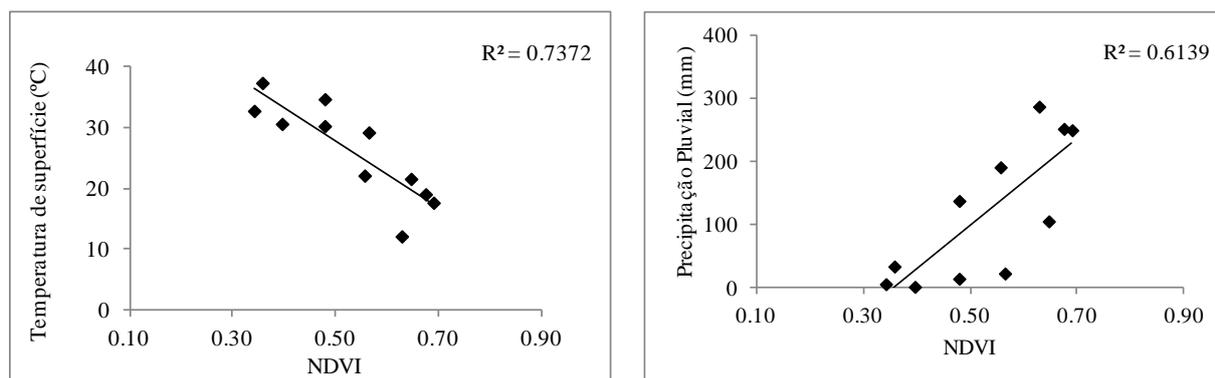


Figura 4. Gráfico de dispersão e análise de regressão demonstrando a relação entre os dados meteorológicos e a resposta espectral do sensor MODIS no bioma Cerrado.

4. Conclusões

- A variação anual da resposta espectral da vegetação está associada principalmente com a precipitação pluvial;
- Os índices de vegetação EVI e NDVI, são adequados para monitorar o início da estação de crescimento da vegetação de pastagem no Cerrado, e esse período está relacionado com um aumento na precipitação e diminuição da temperatura de superfície.

Referências Bibliográficas

- Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E.; Aragão, L. E. O. C. de; Valeriano, D. de M. Monitoramento da resposta fenológica através da utilização de imagens fração derivadas do sensor MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2811-2818. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.13.48>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E. Monitoramento da cobertura terrestre: fenologia e alterações antrópicas. In: B. F. T. Rudorff; Y. E. Shimabukuro; J. C. Ceballos. (Org.). **Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 185-206.
- Becerra, J. A. B.; Shimabukuro, Y. E.; Alvalá, R. C. dos S. Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região de cerrado da Amazônia Legal, usando índices espectrais de vegetação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p.125-134, 2009.
- Carvalho, F. M. V. de; Ferreira, L. G.; Lobo, F. C.; Diniz-Filho, J. A. F.; Bini, L. M. Padrões de autocorrelação espacial de índices de vegetação MODIS no bioma cerrado. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 279-290, 2008.
- Ferreira, L. G.; Huete, A. R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 10. p. 1837-1860, 2004.
- Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E.P.; Gao, X.; Ferreira, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83. p. 195-213, 2002.
- Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.
- Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima artes e textos, 2000. 531p.
- Latorre, M. L., Shimabukuro, Y.E.; Anderson, L. O. Produtos para ecossistemas terrestres – MOD-LAND. In: Rudorff B. F. T.; Shimabukuro Y. E.; Ceballos J. C. (Org.). **Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Editora Parêntese, p. 23-35, 2007.
- Lee, R.; Yu, F.; Price, K.P. Evaluating vegetation phenological patterns in Inner Mongolia using NDVI time-series analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 12, p. 2505-2512, 2002.

Liang, L.; Schwartz M.D. Landscape phenology: an integrative approach to seasonal vegetation dynamics. **Landscape Ecology**, v. 24, n. 4, p. 465-472, 2009.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 20 set. 2016.

Paruelo, J.M.; Jobbágy, E.G.; Sala, O.E. Current distribution of ecosystem functional types in temperate South America. **Ecosystems**, v. 4, n. 7, p. 683-698, 2001.

Pettorelli, N.; Vik, J. O.; Mysterud, A.; Gaillard, J. M.; Tucker, C. J.; Stenseth, N. C. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. **Ecology and Evolution**, v.20, n.9. p. 1-8, 2005.

Ratana, P.; Huete, A. R.; Ferreira, L. Analysis of Cerrado Physiognomies and Conversion in the MODIS Seasonal-Temporal Domain. **Earth Interactions**, v. 9, n. 3. p. 1-22, 2005.

Santos N. B F. dos; Ferreira Júnior, L. G.; Ferreira, N. C. Análise espacial da temperatura de superfície no cerrado: uma análise sazonal a partir de dados orbitais de resolução moderada, para o período de 2003 a 2008. **Ciência e Cultura**, v. 63, n. 3, p. 30-33, 2011.

Verona, J. D.; Shimabukuro, Y. E.; Santos, J. R. Potencialidade das imagens-fração multitemporais TM/Landsat na caracterização de variações fenológicas em área de floresta tropical na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 713-720. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.11.22.57/doc/713.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2016.