

Avaliação do NDVI de acordo com as fitofisionomias e tipos de solo na bacia hidrográfica do Rio São Marcos/GO-MG

Aline Biasoli Trentin¹
Dejanira Luderitz Saldanha¹
Tatiana Mora Kuplich²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Caixa Postal 15001 – 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil
abtrentin@yahoo.com.br, dejanira.saldaha@ufrgs.br

² Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE
Caixa Postal 5021 – 97105-970 – Santa Maria – RS, Brasil
tmk@dsr.inpe.br

Abstract. The use of remote sensing data and techniques allow land cover dynamics studies including vegetation phenology. The aim of this study was to evaluate the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the São Marcos River basin, with the purpose of analysing the dynamics of cerrado vegetation typologies, considering different soil types. For this, the following steps were performed: (1) combination of vegetation (PROBIO) and soil (MMA/IBAMA) maps using SPRING system functions; (2) vectorization of eighteen classes after the vegetation/soil integration; (3) extraction of averaged NDVI for each of the classes in forty-six MODIS NDVI scenes, for the years 2001 and 2011; and (4) NDVI values assembling and plotting. The results showed a similar seasonal distribution of NDVI values for the classes of grazing/pasture, savanna park and woody-grass savanna, showing mainly the difference between rainy and dry season, in all soil types. Agriculture was the land use/class that presented the greatest difference in NDVI between the summer and winter months, explained by practice of monoculture (periods with crop cultivation and bare soil). Considering the variation between the two years studied, the highest NDVI values occurred for the year of 2011 for all vegetation typologies analysed.

Palavras-chave: NDVI, physiognomies, soils, seasonality, NDVI, fisionomias, solos, sazonalidade.

1. Introdução

A expansão das atividades agrícolas tem se mostrado um dos principais agentes de conversão e de transformação dos ecossistemas. No Brasil, a expansão da fronteira agrícola ocasionou a modificação de grande parte dos biomas, entre eles o cerrado, que se tornou um dos principais e notados biomas convertidos em área agrícola. O bioma cerrado ocupa uma área de aproximadamente 2.039.386 km². De acordo com dados de desmatamento, até o ano de 2002, 43,67% de área de cobertura vegetal nativa foi suprimida, 4,17% entre 2002 e 2008 e 6.469 km² (0,31%) entre os anos 2009 e 2010 (MMA e IBAMA, 2011).

Para uma atualização constante sobre a dinâmica da cobertura da terra, permitindo a determinação de padrões espaciais e temporais, destaca-se a grande utilização dos produtos do sensor MODIS (*MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo das plataformas TERRA e AQUA, que adquire dados gratuitos e com alta periodicidade. Em estudos relacionados a vegetação, o sensor MODIS apresenta entre seus dados um dos produtos mais utilizados nessa temática, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) com resolução espacial de 250 metros (Soares, et. al., 2007).

O NDVI é calculado a partir da relação entre as reflectâncias do infravermelho próximo e vermelho ($NDVI = (p_{IVP} - p_V) / (p_{IVP} + p_V)$), eliminando diferenças sazonais do ângulo de elevação solar e minimizando efeitos da atenuação atmosférica (Jensen, 2009; Latorre, et. al., 2007). Este é um dos índices mais utilizados para o monitoramento da vegetação, uma vez que permite avaliações sazonais e interanuais com a detecção de mudanças fenológicas na vegetação (Ponzoni e Shimabukuro, 2009).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho concentra-se em comparar e avaliar espectros temporais de NDVI na Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos, considerando as fisionomias vegetais e diferentes tipos de solos. A avaliação de espectros temporais em um intervalo de tempo detecta e caracteriza temporalmente variações fenológicas na vegetação.

2. Área de Estudo

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do Rio São Marcos (Figura 1) que possui uma área de aproximadamente 12.000 km² dentro do bioma cerrado e compreende a bacia de captação do reservatório do Aproveitamento Hidrelétrico Serra do Facão com uma área inundada de 214 km² (Biodinâmica, 2000). O clima local é definido como tropical, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (outubro a abril) e outra seca (maio a setembro) (Silva et al., 2006).

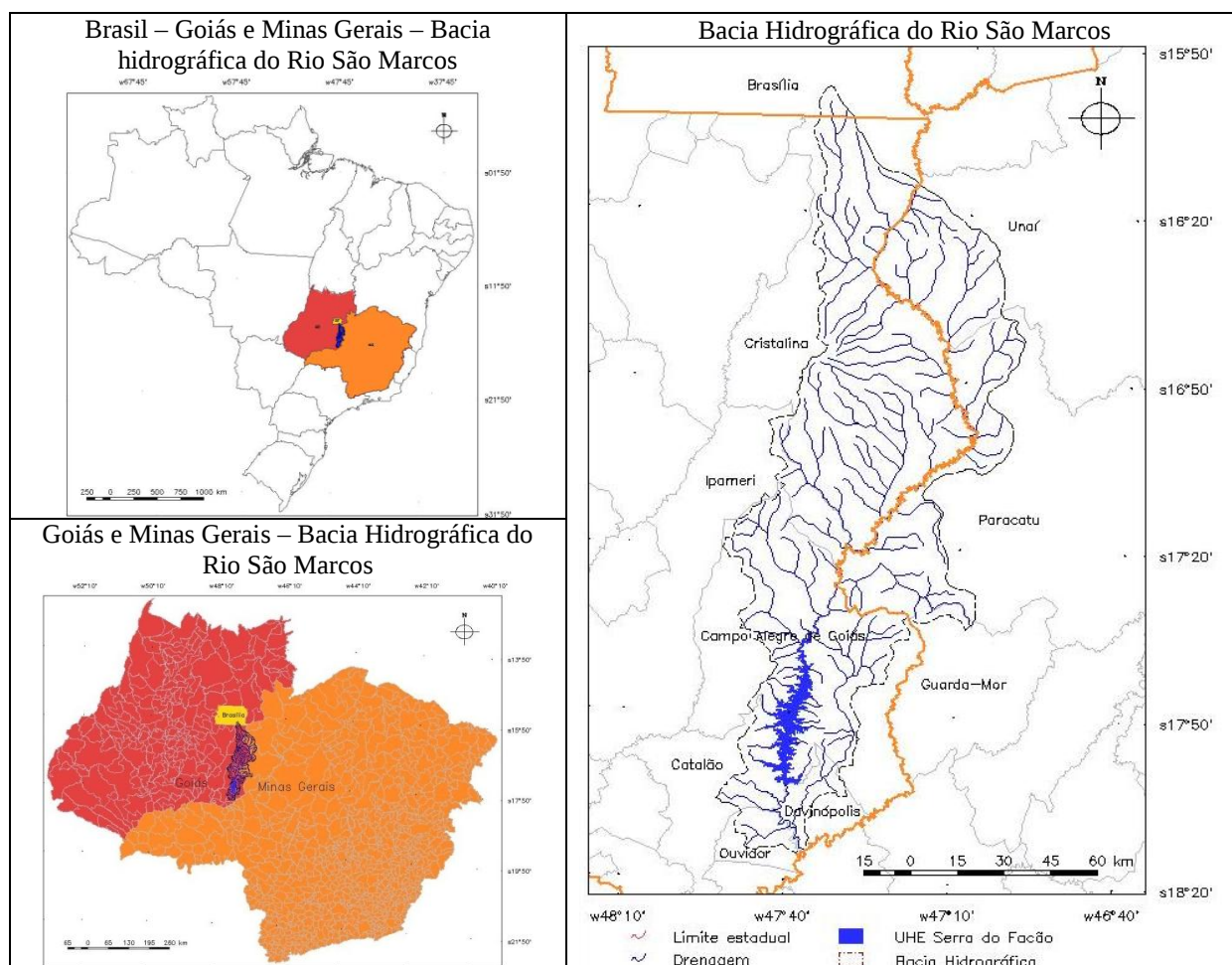


Figura 01: Localização da Bacia hidrográfica do Rio São Marcos.

De acordo com dados geomorfométricos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) – TOPODATA, o relevo na área de estudo apresenta altitudes superiores a 600 metros e declividades que variam de planas a escarpadas. Em relação ao solo, o mapa de solos em escala 1:5.000.000 (MMA e IBGE, 2001) aponta cinco tipos encontrados na bacia hidrográfica: Plintossolo Pétrico; Cambissolo Háplico; Latossolo Vermelho-Amarelo; Latossolo Vermelho e Neossolo Litólico.

No levantamento da fitofisionomia vegetal do PROBIO (MMA, 2007) em escala 1:5.000.000, predominam na bacia hidrográfica do Rio São Marcos vegetação de Savana (Parque e Gramíneo-Lenhosa), ocupando área de aproximadamente 5.333 km², Agricultura

(3.189 km²) e Pecuária (3.522 km²). A vegetação de savana inclui áreas abertas ou com pouca vegetação caracterizada por um estrato arbustivo distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso (IBGE, 2006). Nas áreas de agricultura destaca-se a produção de grãos principalmente da soja, cultivada em grande parte em lavouras com pivô central de irrigação (Matos e Pessôa, 2012). A atividade pecuária é desenvolvida sobre pastagem cultivada e nativa, esta última muitas vezes incluída nos remanescentes do cerrado (Sano e Ferreira, 2005).

3. Coleta e Processamento dos Dados

As cenas do sensor MODIS – produto MOD13Q1 foram adquiridas no *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP DAAC)/NASA onde são disponibilizadas gratuitamente. Utilizou-se quarenta e seis cenas correspondentes ao NDVI, distribuídas nos anos de 2001 (23 cenas) e 2011 (23 cenas), com o propósito de analisar a temporalidade dos dados.

As imagens NDVI têm resolução espacial de 250 metros e resultam de um mosaico de pixels escolhidos entre as imagens diárias em um tempo de dezesseis dias, objetivando extrair pixels com melhor qualidade (sem interferência de nuvens, ruídos) (Latorre, et. al., 2007). Com o propósito de modificar o formato dos arquivos (*.hdf para *.tif) e atribuir a uma projeção cartográfica, as imagens foram pré-processadas no *software MRTTools* e posteriormente incorporadas em um banco de dados no aplicativo Spring 5.1.8.

No banco de dados do aplicativo Spring foram incorporados os mapas de solos e da vegetação, disponibilizados pelo PROBIO. Com estes dados foi realizado o cruzamento das informações que resultaram em um mapa síntese, representando todos os tipos de solos em relação às diferentes fitofisionomias da vegetação. A partir disso, se determinou locais de amostragem para os dados de NDVI em todos os grupos resultantes da integração vegetação/solo (dezoito amostras), com área de aproximadamente 165 ha cada uma. Para a adequação das amostras selecionadas utilizou-se um mosaico de imagens do satélite Landsat 5 TM do ano 2000.

4. Resultados e Discussão

Para a interpretação dos dados NDVI de acordo com as características da vegetação/uso da terra e tipo de solo, utilizou-se o mapa de integração obtido através de dados do PROBIO. Os resultados destacaram algumas classes com ocorrência preferencial, como agricultura em latossolo vermelho-amarelo (41,26%), pecuária em latossolo vermelho (45,17%) e savana em solo cambissolo háplico (68,09%) (Quadro 01).

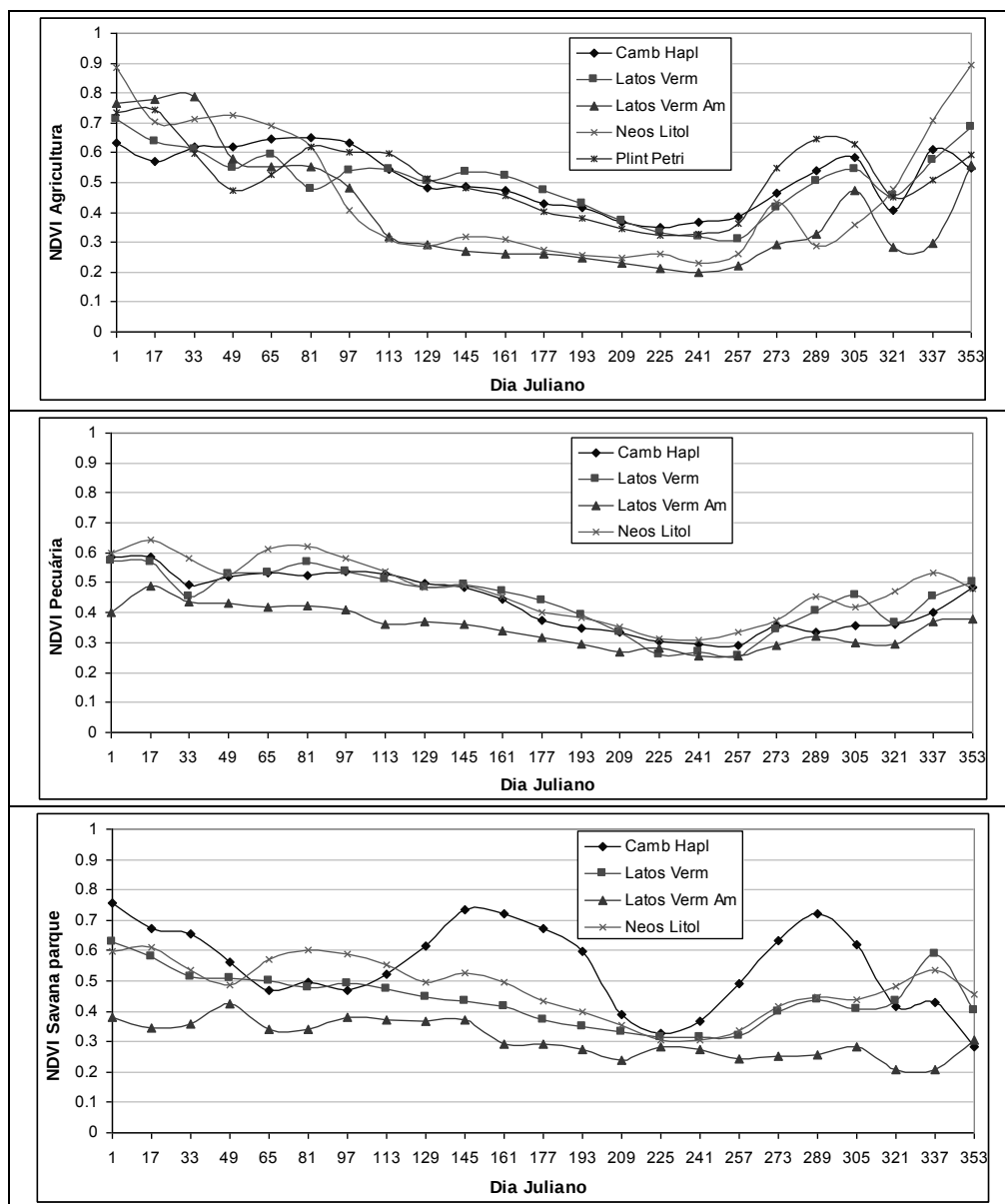
Quadro 01: Área das classes (km²) correspondentes a integração dos tipos de vegetação e solo.

Solos \ Vegetação	Agricultura		Pecuária		Savana	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Cambissolo Háplico	739,81	23,20	1250,56	35,55	3630,69	68,09
Latossolo Vermelho	275,56	8,64	1589,19	45,17	293,13	5,50
Latossolo Vermelho-Amarelo	1316,13	41,26	639,94	18,19	1034,56	19,40
Neossolo Litólico	88,06	2,76	38,56	1,10	22,69	0,43
Plintossolo Pétrico	769,94	24,14	0,00	0,00	351,50	6,59
<i>Total</i>	<i>3189,50</i>	<i>100,00</i>	<i>3518,25</i>	<i>100,00</i>	<i>5332,56</i>	<i>100,00</i>

Em relação aos perfis temporais de NDVI no ano de 2001 (Figura 02), os gráficos mostraram um padrão semelhante entre as fitofisionomias quando considerados sazonalmente,

onde se observam maiores valores de NDVI nos primeiros meses do ano e menores valores em agosto (dias julianos 225/241). Quando comparado o NDVI aos tipos de solos, os menores valores foram encontrados em latossolo vermelho-amarelo, com exceção a área de savana gramíneo-lenhosa, onde os menores valores correspondem ao solo plintossolo pétrico.

O gráfico de NDVI correspondente a fitofisionomia agricultura apresenta comportamento que condiz com uma das principais culturas presentes na área de estudo, a soja, que está localizada principalmente nas lavouras que utilizam pivô central de irrigação (Matos e Pessoa, 2012). A cultura da soja tem seu primeiro estágio de crescimento na primavera - quando é plantada, apresentando ápice no verão e colheita no outono.



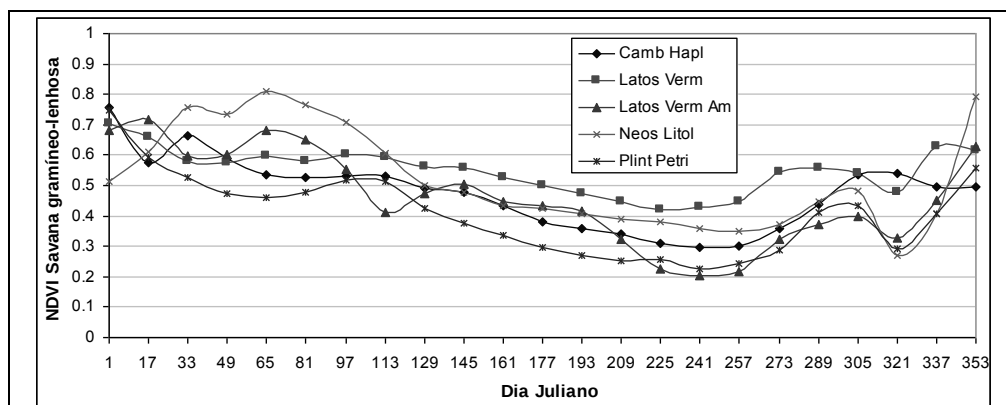
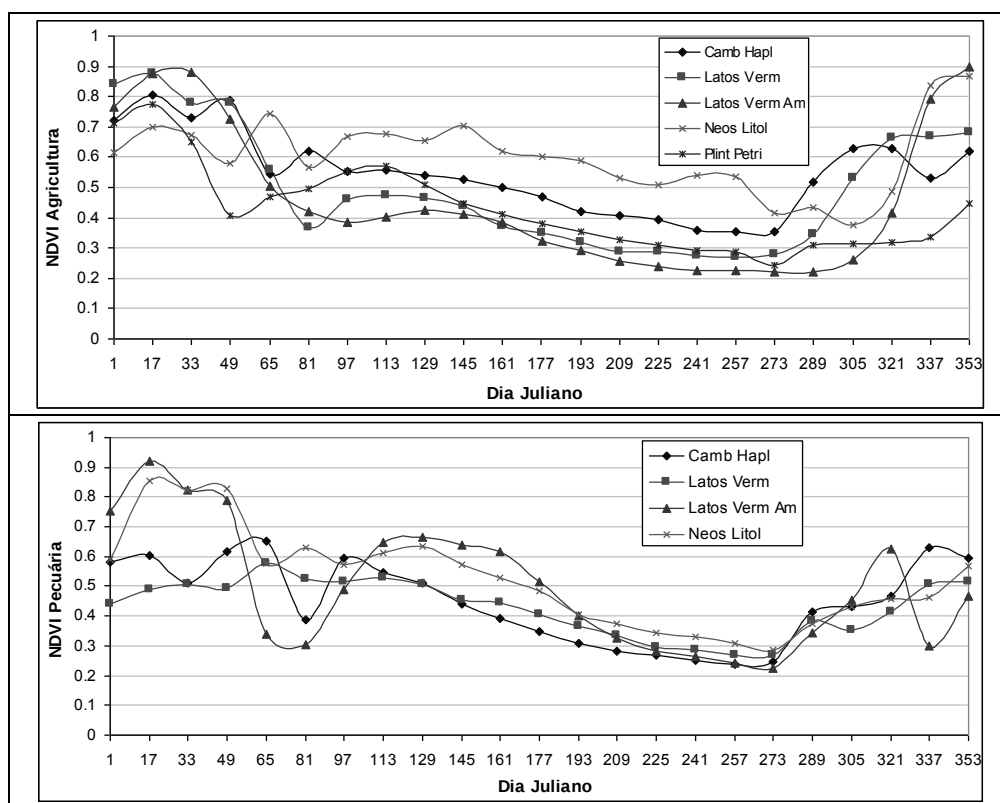


Figura 02: Distribuição do NDVI no ano de 2001 em cada tipologia de uso da terra e vegetação, considerando o tipo de solo.

Comparando os dados de NDVI em todas as fitofisionomias em 2001, se observa a semelhança entre o comportamento da vegetação campestre que é utilizada para a prática da pecuária com o comportamento da fitofisionomia de savana gramíneo-lenhosa. Ocorre, no entanto, diferenças quando estas são comparadas à fitofisionomia de savana parque, que apresenta valores mais dispersos.

No ano de 2011 os perfis temporais de NDVI (Figura 03) também mostraram semelhanças entre as fitofisionomias quando considerados sazonalmente. Da mesma forma que no ano de 2001, em 2011 se observam maiores valores de NDVI nos primeiros meses do ano e menores valores em agosto (dias julianos 225/241). Comparando-se aos dados observados em 2001, o ano de 2011 apresentou dados NDVI com maior amplitude em todas as fitofisionomias. Com isso, quando comparado o NDVI aos tipos de solos, não houve predomínio de maiores ou menores valores para um tipo de solo específico.



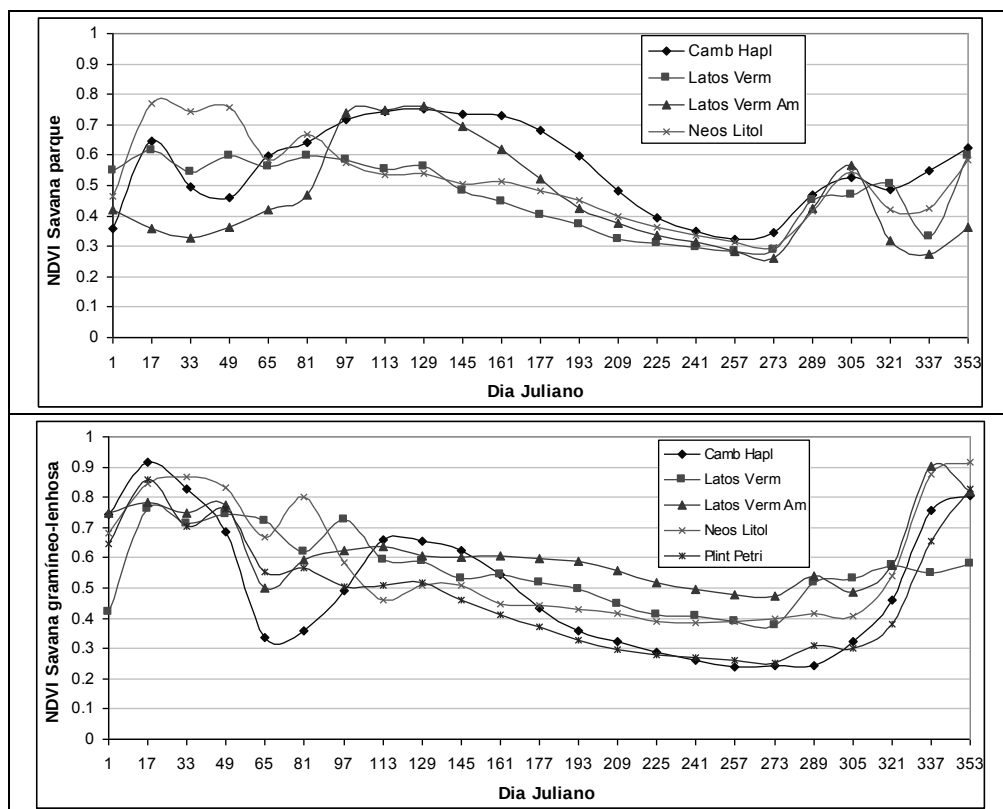
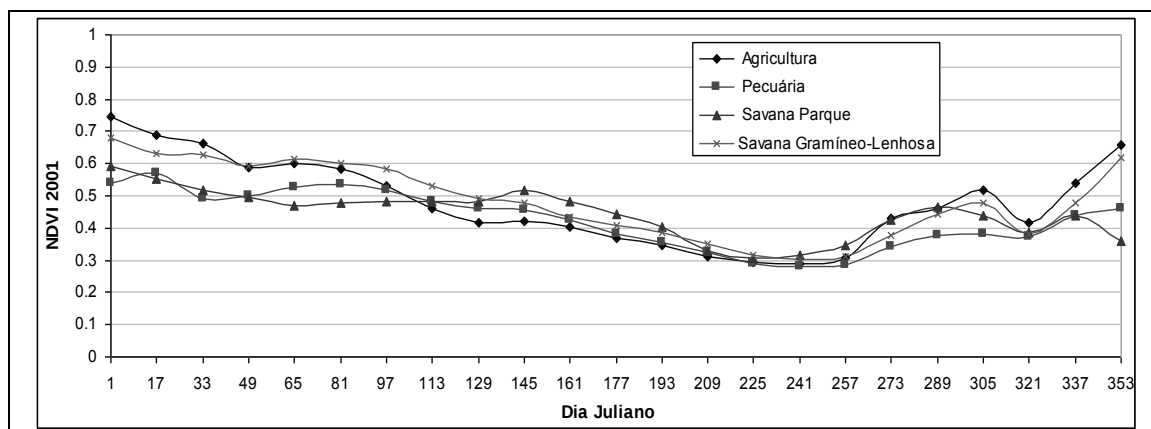


Figura 03: Distribuição do NDVI no ano de 2011 em cada tipologia de uso da terra e vegetação, considerando o tipo de solo.

O comportamento apresentado nos perfis temporais do NDVI na área da bacia hidrográfica do Rio São Marcos (Figura 04) segue uma tendência de acordo com as épocas do ano (estação chuvosa ou seca). No ano de 2001, a média do NDVI na estação chuvosa foi de 0,52 e 0,37 na estação seca. Em 2011, observou-se semelhança na estação chuvosa (0,57) e valor superior ao ano de 2001 na estação seca (0,41).

Em pesquisa realizada no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Carvalho Jr. et. al. (2008) observaram o comportamento do NDVI em áreas campestres e de cerrado ralo e rupestre (correspondentes a savana gramíneo-lenhosa e savana parque, respectivamente). Os resultados obtidos mostraram valores de NDVI de 0,60 em épocas de chuva e 0,35 em época de seca para ambiente campestre, e para cerrado ralo e rupestre 0,60 na época da chuva e 0,40 na época seca (Carvalho Jr. et. al., 2008).



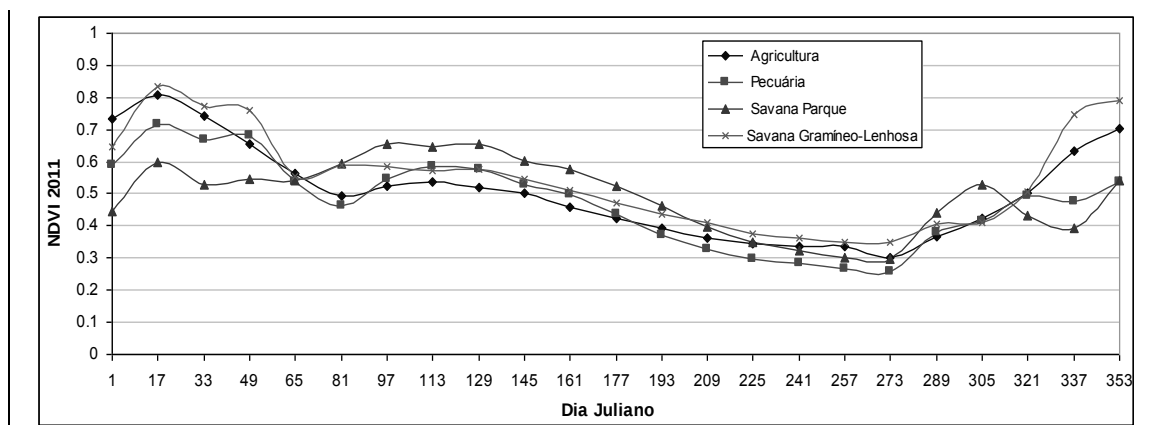


Figura 04: Síntese do NDVI para o ano de 2001 e 2011 em cada tipologia de uso da terra e vegetação.

Comparando aos dados obtidos neste trabalho, no ano de 2001 o NDVI em época chuvosa foi de 0,55 e em época de seca de 0,38 para savana gramíneo-lenhosa, enquanto para savana parque resultaram em 0,47 (época chuvosa) e 0,40 em época seca. No ano de 2011 os valores se mostraram mais elevados, de 0,62 (época chuvosa) e 0,43 (época seca) para a formação de savana gramíneo-lenhosa e 0,52 (época chuvosa) e 0,44 (época seca) para savana parque. Nesse contexto, observa-se a similaridade dos dados e uma tendência do NDVI a ter dependência em função das épocas do ano.

Em estudos anuais como a pesquisa realizada por Anderson e Shimabukuro (2007) no Estado do Mato Grosso, o NDVI foi de 0,67 para savana gramíneo-lenhosa e 0,73 na savana parque. Neste trabalho, na área da bacia hidrográfica do Rio São Marcos, as amostras selecionadas retornaram uma média anual (considerando todos os tipos de solos) de 0,48 (savana gramíneo-lenhosa) e 0,44 (savana parque) em 2001 e 0,55 (savana gramíneo-lenhosa) e 0,49 (savana parque) em 2011. Ainda com as diferenças observadas nos valores, os gráficos anuais demonstraram a mesma tendência nos dois trabalhos, apresentando maiores valores nos primeiros meses do ano e os menores principalmente no mês de agosto.

5. Considerações Finais

De acordo com o objetivo proposto, a avaliação das médias de NDVI permitiu diferenciar a sazonalidade da vegetação. Também, para as datas avaliadas aqui, a cobertura da terra na área de estudo não apresentou mudanças notáveis, considerando o comportamento semelhante dos dados NDVI em intervalo de 10 anos.

Os dados mostraram a variação do comportamento espectral da vegetação de acordo com a época do ano, que na área de estudo apresenta-se bem definida com uma estação seca e outra chuvosa. Ao comparar os tipos de solos observou-se que não há uma tendência predominante entre eles quando relacionados ao tipo de fitofisionomia e a média de NDVI encontrada.

A metodologia utilizada para este trabalho demonstrou o potencial dos dados do sensor MODIS, mesmo apresentando média resolução espacial, em fornecer dados para estudos de dinâmica temporal e espacial da cobertura da terra e vegetação. Para estudos futuros a utilização de dados de sensores de maior resolução espacial e a realização de trabalhos de campo vão possibilitar o aprofundamento das questões apresentadas aqui.

6. Referências Bibliográficas

ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Monitoramento da cobertura terrestre: fenologia e alterações antrópicas. 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, 2007. p. 185-206.

BIODINÂMICA. **EIA AHE Serra do Facão**. 2000. Disponível em <http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Hidreletricas/>. Acesso em 30 de julho de 2012.

CARVALHO JR. et. al.. Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 4, p. 505-517, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 91 p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: Epiphany, J. C. N. et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LATORRE, M. L., et al.. 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, 2007. p. 23-35.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S.. O agronegócio no cerrado do Sudeste Goiano: uma leitura sobre Campo Alegre de Goiás, Catalão e Ipameri. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 24 n. 1, 2012. p.37-50.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Projeto de Conservação e Uso Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) – Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado**. Brasília: MMA, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de solos do Brasil 1:5.000.000**. Brasília: MMA/IBGE, 2001. Disponível em <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em 23 de abril de 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Monitoramento do Bioma Cerrado 2009-2010**. Brasília: MMA/IBAMA, 2011. 65 p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

SANO, E. E.; FERREIRA, L. G. Monitoramento semidetalhado (escala de 1:250.000) de ocupação de solos do Cerrado: considerações e proposta metodológica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3309-3316. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.09.12.11/doc/3309.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2012.

SILVA, S. C. da, et. al.. **Caracterização Climática do Estado de Goiás**. Goiânia: Secretaria de Indústria e Comércio, Superintendência de Geologia e Mineração – Goiás, 2006. 133 p.

SOARES, J. V., et. al.. Histórico e Descrição. 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, 2007. p. 3-21.

TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em 26 de março de 2012.