

Discriminação de áreas de pastagens plantadas por meio de séries temporais EVI-2

Gustavo Bayma-Silva¹
Caio Menezes Rosa²
Luiz Eduardo Vicente ¹
Sandra Furlan Nogueira¹
Daniel de Castro Victoria ¹
Daniel Gomes ¹
Ricardo Andrade Guimarães ¹

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite
Av. Soldado Passarinho, 303 - 13070-115- Campinas - SP, Brasil
{gustavo.bayma,luiz.vicente, sandra.nogueira,daniel.victoria, daniel.gomes, ricardo.guimaraes} @embrapa.br

²PUC Campinas
Rodovia D. Pedro I, km 136 -
13086-900 - Campinas – SP, Brasil.
caio.rosa@colaborador.embrapa.br

Resumo. Técnicas envolvendo a análise multitemporal vêm sendo amplamente empregadas em estudos com imagens de sensores ópticos. Alguns alvos possuem comportamento dinâmico no que diz respeito à resposta espectral no decorrer do tempo, como a paisagem agrícola, pastagens e a cobertura vegetal. O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de séries temporais EVI-2 (*Enhanced Vegetation-2*) para discriminar áreas de pastagens plantadas de áreas naturais, incluindo áreas com pastagens naturais. A área de estudo está localizada na região do município de Aquidauana (MS), entre as coordenadas 19° 24' e 19° 58' de latitude sul e 55° 43' e 55° 02' de longitude oeste. As estações do ano, chuvosa e seca, foram definidas a partir dos dados de precipitação mensal acumulada da estação pluviométrica de Taboco (20° 04' 13''S e 55° 38' 43''O). Os perfis temporais de EVI-2 foram derivados de imagens TM/Landsat de 2008 a 2011. A discriminação das classes analisadas foi avaliada por meio do teste não paramétrico Kruskal-Wallis ANOVA e apresentado por meio de dendrogramas. Os resultados indicaram que em ambas as estações a discriminação das áreas de pastagens das áreas de vegetação natural analisadas foi possível. Em 66% e 80% das imagens de EVI-2 as áreas de pastagens plantadas foram discriminadas nas estações chuvosa e seca, respectivamente.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, índice de vegetação, Pantanal, Cerrado, pastagem.

Abstract. Multitemporal analysis techniques have been widely used in imaging studies of optical sensors. Some classes have dynamic behavior with respect to the spectral response over time, such as agricultural landscape, pasture land cover and natural areas. We evaluated the potential of EVI-2 (*Enhanced Vegetation-2*) time series to separate cultivated pasture areas from natural land covers, including natural pastures. The area evaluated is located in Aquidauana (MS) municipality, between latitudes 19° 24' and 19° 58' south and longitude 55° 43' e 55 02' West. We defined the seasons, wet and dry, from monthly precipitation data of Tabocow weather observation (20 04 ' 13 "S and 55 ° 38' 43" W). EVI-2 time series were obtained from a series of Landsat TM images from years 2008 to 2011. EVI-2 time series were obtained from a series of Landsat TM images from years 2008 to 2011. In order to evaluate the separability range into the land use and land cover classes we used the Kruskal-Wallis test and dendrogram plots. The results indicated that in both seasons was possible to discriminate planted pastures from natural areas. Cultivated pastures areas were separated in 66% and 80% images from EVI-2 in wet and dry seasons, respectively.

Key-words: remote sensing, image processing, vegetation index, Pantanal, Cerrado, cultivated pasture.

1. Introdução

O Brasil tem aproximadamente 102,5 milhões de hectares de pastagens plantadas (PP) e, aproximadamente, 57,5 milhões hectares de pastagens naturais de acordo com o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2014). O Estado do Mato Grosso do Sul detém quase 15% das áreas de pastagens do país, sendo que 90% destas pastagens plantadas são consideradas em boas condições. A necessidade de identificar e discriminar coberturas vegetais de PP em ambiente de Cerrado constitui um grande desafio em decorrência da extensão da área, da sazonalidade marcante da vegetação natural e da confusão espectral entre essas classes (Sano et al., 2008)

O sensoriamento remoto (SR) tem sido importante ferramenta no fornecimento de informações pertinentes da avaliação das condições da vegetação, devido sua alta disponibilidade de dados sinópticos, abrangência espacial, relativo baixo custo e a disponibilidade de dados quase em tempo real. O uso do SR é indicado no que se diz respeito a percorrer extensas áreas, ou áreas de difícil acesso, e a disponibilidade de dados é pequena. O monitoramento da vegetação por SR pode ser realizado a partir de índices de vegetação (IVs) (Ferreira et al., 2004); (Lasaponara, 2006). Os IVs começaram a ser desenvolvidos no começo dos anos 60 para quantificar e qualificar a vegetação de interesse através de combinações de razões matemáticas e algoritmos que sintetizam os valores da refletância (Jensen, 2009). Um dos produtos de imagens de SR são os índices de vegetação (IV), como o *Enhanced Vegetation Index 2* (EVI-2), proposto por Jiang et al. (2008), que aperfeiçoou o sinal da vegetação e é relacionado com a densidade de biomassa (Ponzoni et al., 2012)

As técnicas envolvendo a análise multitemporal vêm sendo amplamente empregadas em estudos com imagens de sensores ópticos (Pirce et al., 1998). Alguns alvos possuem comportamento dinâmico no que diz respeito à resposta espectral no decorrer do tempo, como a paisagem agrícola e a cobertura vegetal. Desta maneira, o monitoramento destes cenários se torna bastante complexo, acarretando na necessidade da utilização de mais de uma imagem de datas diferentes, para que ocorra uma análise representativa do cenário. A escala de análise multitemporal ajuda a compreensão do comportamento dos alvos como vegetação natural, pastagem e agricultura, no que diz respeito a sua estrutura de funcionamento e papel ecológico. Torna-se uma alternativa viável para evitar o efeito da presença de nuvens na região de estudo (Pax-Lenney e Woodcock, 1997).

No que diz respeito a séries temporais para discriminação de alvos podem ser citados alguns trabalhos. Adami et al. (2008) avaliaram, por meio de séries temporais EVI de imagens MODIS, a dinâmica espaço-temporal da região da Nhecolândia e Paiaguás no bioma Pantanal. Silva

et al. (2010) avaliaram o potencial do modelo linear de mistura espectral (MLME) aplicado em imagens MODIS para discriminar as classes de vegetação natural e antropogênica do Cerrado matogrossense. Vicente et al. (2012) avaliaram o mapeamento da cana-de-açúcar por meio de série temporal do índice de vegetação por diferença normalizada IV (NDVI) e algoritmo SAM aplicados em imagens SPOT. Victoria et al. (2012) avaliaram um método semi-automático para mapeamento de áreas agrícolas no Estado do Mato Grosso por meio da aplicação da transformada de Fourier em séries temporais NDVI.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de séries temporais EVI-2 para discriminar áreas de pastagens plantadas de áreas naturais de Cerrado, incluindo as pastagens naturais.

3. Material e Métodos

A área de estudo está localizada na região do município de Aquidauana (**Figura 1**), Mato Grosso do Sul, entre as coordenadas 19° 24' e 19° 58' de latitude sul e 55° 43' e 55° 02' de longitude oeste. Esta região foi escolhida por ser área experimental de diversos projetos da Embrapa e, portanto, apresenta levantamentos de campo que permitiram o conhecimento *in loco*. Além disso, a área apresenta grande diversidade de uso e cobertura da terra, com áreas campestres naturais e antropogênicas.

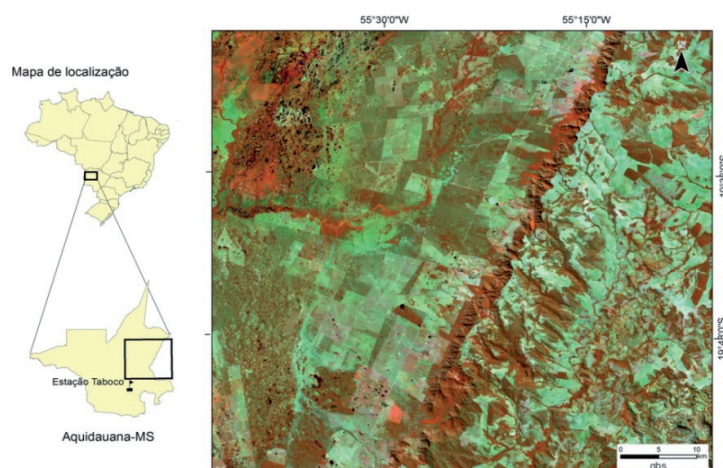


Figura 1. Imagem TM/Landsat R(4)G(5)B(3) de julho de 2011 da área de estudo.

A caracterização sazonal da precipitação na área de estudo foi obtida utilizando dados da estação pluviométrica Taboco (20° 04' 13''S e 55° 38' 43''O) localizada no município de Aquidauana (indicada na **Figura 1**) e de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA). (**Figura 2**). A definição do período chuvoso e do seco neste trabalho foi realizada a partir da análise dos dados da precipitação mensal acumulada. A definição dos períodos levou em conta dois critérios: chuva acumulada mensal inferior a 50 mm e chuva acumulada no mês anterior inferior a 100 mm. Desta forma, foram considerados os períodos de seca (em realce na **Figura 1**): junho a setembro, em 2008; maio e junho, em 2009; julho a agosto, em 2010; e maio a setembro, em 2011. Cabe ressaltar que as imagens livres de nuvens, porém com áreas alagadas, foram descartadas por influenciarem na resposta espectral dos alvos (**Figura 3a**).

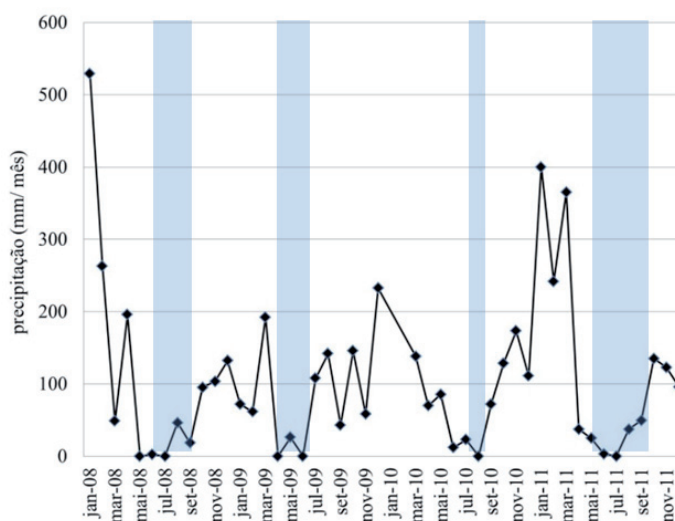


Figura 2. Precipitação mensal acumulada estação pluviométrica Taboco, de 2008 a 2011.
Fonte: HidroWeb - ANA

A caracterização das classes de vegetação da área de estudo baseou-se nos trabalhos de Silva et. al (2007) e Sano et. al (2008), e seus dados foram obtidos no servidor de Mapas da Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros, do Ministério do Meio Ambiente. (<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/>). As classes de vegetação selecionadas para análise discriminatória foram a Savana Arborizada (Sa) (**Figura 3b**), caracterizada por apresentar fisionomia monofanerofítica rala e graminóide contínua, Savana Gramíneo-lenhosa (Sg) (**Figura 3c**), onde prevalecem os gramados entremeados por plantas lenhosas raquíticas (IBGE, 2012) e as pastagens plantadas (PP). Estas classes de savana foram selecionadas por apresentarem em sua composição florística a presença de campos naturais. Não foram selecionadas áreas de Savana Parque (Sp), que também é uma classe que apresenta extrato de gramíneas significativo, pela pouca ocorrência na área de estudo.

Para seleção das amostras, as classes de vegetação do ano de 2002 foram analisadas anualmente entre 2002 e 2011, por meio de imagens TM/Landsat-5, com vistas a detectar áreas não alteradas. Com base desta análise, foram selecionados três conjuntos de amostras, um por classe, a saber: Sa, Sg e PP. Cada conjunto foi composto por 100 amostras. A elaboração dos perfis temporais constou de cinco imagens livre de nuvem em meses caracterizados por baixa precipitação e 12 imagens em meses caracterizados por alta precipitação, entre 2008 e 2011 (**Tabela 1 e Tabela 2**), com 30 metros de resolução espacial. Para a correta aplicação multitemporal de índices de vegetação se faz necessário a conversão dos dados para reflectância de superfície e correção atmosférica, sendo que essa última foi realizada através de modelo de transferência radiativa (MODTRANS) (Gomes et. al., 2013). O modelo MODTRANS é altamente recomendado para procedimentos de correção atmosférica por utilizar parâmetros físicos.

Entretanto, a dificuldade em obter dados atmosféricos locais de forma precisa limitava seu uso para séries extensas de imagens multiespectrais. Tal dificuldade foi superada através da utilização do Sistema de Calibração e Correção Atmosférica Multissensor (SCCAM-<http://mapas.cnpm.embrapa.br/labspec/sccam>). Dessa forma, foi possível a efetiva redução de anomalias ou possíveis artefatos nas imagens associados de fato a valores intrínsecos dos alvos de superfície, e não a aspectos sazonais da atmosfera, aumentando, por sua vez, a confiabilidade dos resultados. Através desta série de imagens foi derivado o índice de vegetação EVI-2 (**Equação 1**).

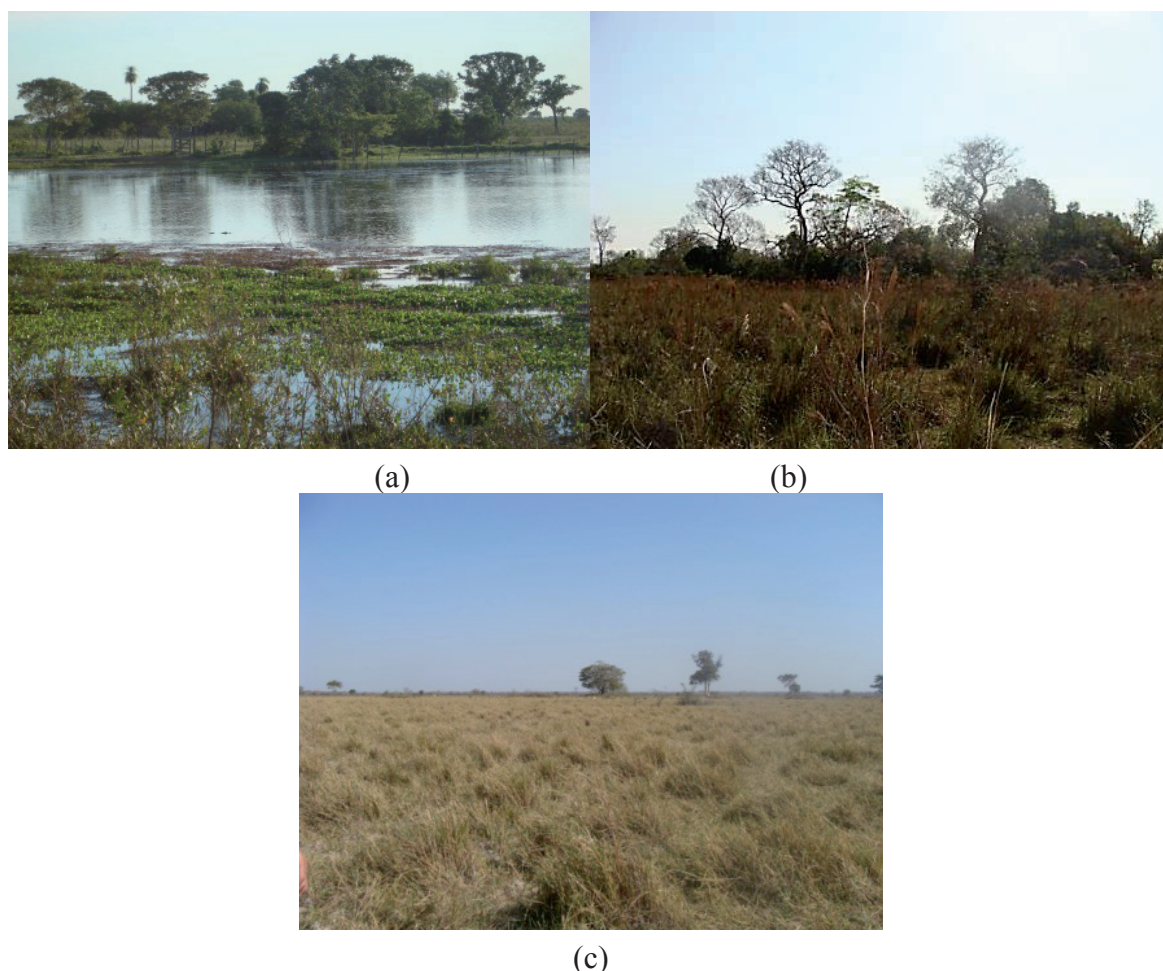


Figura 3. Em a) áreas alagadas, efeito da época chuvosa na vegetação; b) área de savana arborizada (ao fundo); e c) área de pastagem plantada no município de Aquidauana.

Tabela 1. Datas das imagens TM/Landsat do período chuvoso, livre de nuvens.

Ano	Período Chuvoso						
2008	(1) 15/out	(2) 12/dez					
2009	(3) 04/fev	(4) 25/abr	(5) 14/jul	(6) 30/jul	(7) 31/ago	(8) 02/out	(9) 19/nov
2010	(10) 15/jun	(11) 05/out	(12) 21/out				

Tabela 2. Datas das imagens TM/Landsat do período seco, livre de nuvens.

Ano	Período Seco		
2009	(1) 11/mai	(2) 28/jun	
2011	(3) 20/jul	(4) 06/set	(5) 22/set

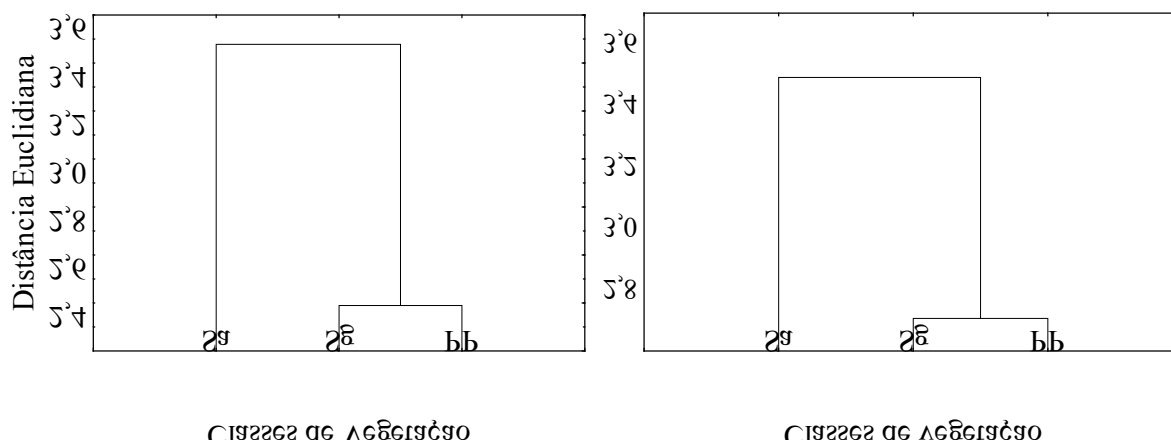
$$EVI2 = \frac{B_{NIR} - B_{RED}}{B_{NIR} + 2,4 * B_{RED} + 1} \quad (1)$$

Onde B_{NIR} refere-se à banda do infravermelho próximo (banda 4 do TM/Landsat 5) e B_{RED} (banda 3 do TM/Landsat 5), à banda do vermelho.

Os perfis temporais de EVI-2 foram analisados graficamente. Para verificar a possibilidade de discriminar as classes, foi calculada a distância Euclidiana entre as médias de cada conjunto amostral. A apresentação das distâncias entre as médias dos conjuntos amostrais foi realizada por meio de dendrogramas, utilizando o método de Ward para formar os agrupamentos. Foi aplicado o teste Kruskal-Wallis ANOVA para verificar se havia diferenças entre os grupos de dados de EVI-2. Depois de verificada a diferença entre os grupos, um teste de comparação múltipla foi utilizado para avaliar diferenças entre as classes, em cada data. O teste de Kruskal-Wallis ANOVA foi utilizado porque, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk, não foi observada normalidade dos dados. As diferenças significativas ($p < 0,05$) foram agrupadas, e também foi apresentado o número de datas em que foi possível a discriminação dos conjuntos amostrais das classes de interesse.

4. Resultados e Discussão

Na **Figura 4** pode ser observado o agrupamento das classes de vegetal natural e PP no período chuvoso e seco. Como esperado as classes agrupadas foram Sg e PP, classes estas que apresentam composição florística semelhante. Os valores da distância euclidiana das estações do ano apresentaram-se com valores próximos, sendo o período chuvoso com maior distância euclidiana. As classes com menor distância euclidiana (ou maior similaridade), como esperado, foram entre Sg e PP, sendo de 2,6 e 2,8 no período chuvoso e seco, respectivamente. Estes valores sugerem que no período seco estas classes apresentam-se mais distantes do que no chuvoso, facilitando a discriminação entre si. A influência da restrição hídrica no período seco diminuiu a distância entre as classes Sg e PP da classe Sa, de 1,1 para 0,8.



(a)(b)

Figura 4. Dendrogramas com as distâncias entre as classes de vegetação de savana e pastagens plantadas na época chuvosa (a) e seca (b).

De uma forma geral, as áreas de Sa apresentaram valores médios de EVI-2 maiores do que as classes Sg e PP. Por sua vez, a resposta média dos valores de EVI-2 da classe Sg foi superior à classe PP, sendo que este comportamento pode ser explicado pelo fato de que algumas áreas de Sg apresentarem associação com outras classes de vegetação, considerando que o mapeamento da vegetação foi realizado na escala de 1:250.000. Os dados de Silva et. al (2007) indicam a associação desta classe com Sa (Sg+Sa). Sendo assim, o extrato herbáceo-arbustivo provavelmente contribuiu para valores de EVI-2 de Sg mais altos do que a classe PP. Outro fator que contribuiu para menores valores de EVI-2 nas pastagens plantadas é a maior taxa de lotação

animal apresentada nestas áreas, e consequente diminuição da disponibilidade de forragem, e maior presença de matéria seca remanescente de pisoteio.

Na **Figura 5** e **Tabela 3** são apresentadas as médias de EVI-2 para cada classe avaliada no período chuvoso. Nas datas de dezembro de 2008, abril, outubro e novembro de 2009, as classes PP e Sg não foram discriminadas. Em agosto de 2009 houve confusão entre Sa e Sg. A ausência de separação entre os valores médios de EVI-2 para PP e Sg, nos meses acima citados, pode ter ocorrido em virtude da resposta positiva das pastagens plantadas à disponibilidade de **água, ou seja**, as pastagens plantadas apresentaram maior produção de biomassa. Nas demais datas houve diferença estatística significativa entre as médias de EVI-2 para as três classes, sendo possível sua discriminação. Levando em consideração todas as datas do período chuvoso, os valores médios de EVI-2 para as classes PP, Sa e Sg, foram 0,92; 1,25 e 1,02, respectivamente.

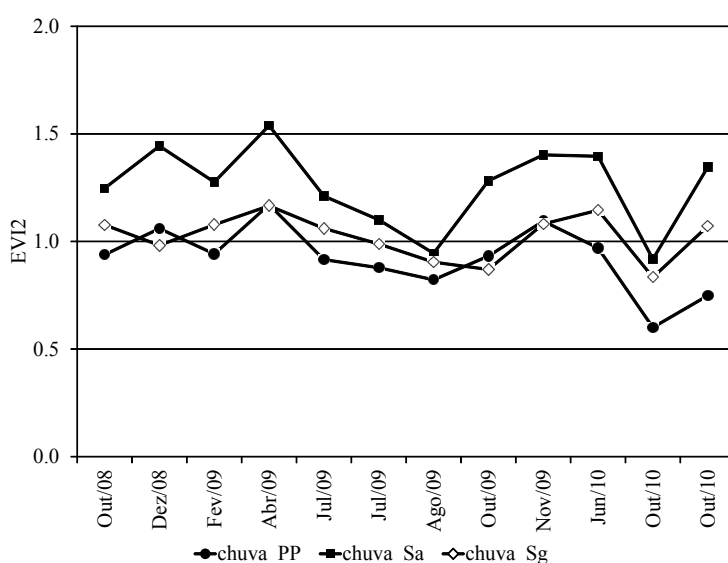


Figura 5. Série temporal de EVI-2 das classes PP, Sa e Sg no período chuvoso entre janeiro de 2008 e dezembro de 2011.

Tabela 3. Média dos valores de EVI-2 das classes PP, Sa e Sg no período chuvoso

Classe	Out/08	Dez/08	Fev/09	Abr/09	Jul/09	Jul/09	Ago/09	Out/09	Nov/09	Jun/10	Out/10	Out/10
PP	0,94 ^a	1,06 ^a	0,94 ^a	1,17 ^a	0,92 ^a	0,88 ^a	0,82 ^a	0,93 ^a	1,09 ^a	0,97 ^a	0,60 ^a	0,75 ^a
Sa	1,25 ^b	1,44 ^b	1,28 ^b	1,54 ^b	1,21 ^b	1,10 ^b	0,94 ^b	1,28 ^b	1,40 ^b	1,40 ^b	0,92 ^b	1,35 ^b
Sg	1,08 ^c	0,98 ^a	1,08 ^c	1,17 ^a	1,06 ^c	0,99 ^c	0,90 ^b	0,87 ^a	1,08 ^a	1,14 ^c	0,83 ^c	1,07 ^c

PP: pastagem plantada; Sa: Savana arborizada; Sg: Savana gramíneo-lenhosa. Médias com a mesma letra não são estatisticamente diferentes para cada data de amostragem (coluna) ($p < 0,05$).

Nas datas relativas aos meses do período de seca, os testes estatísticos não apresentaram diferença entre os valores médios de EVI-2 para as classes apenas para maio de 2009 (**Figura 6 e Tabela 4**). Os valores médios de todas as datas de EVI-2 foram 0,74; 1,10 e 0,90 para as classes PP, Sa e Sg, respectivamente.

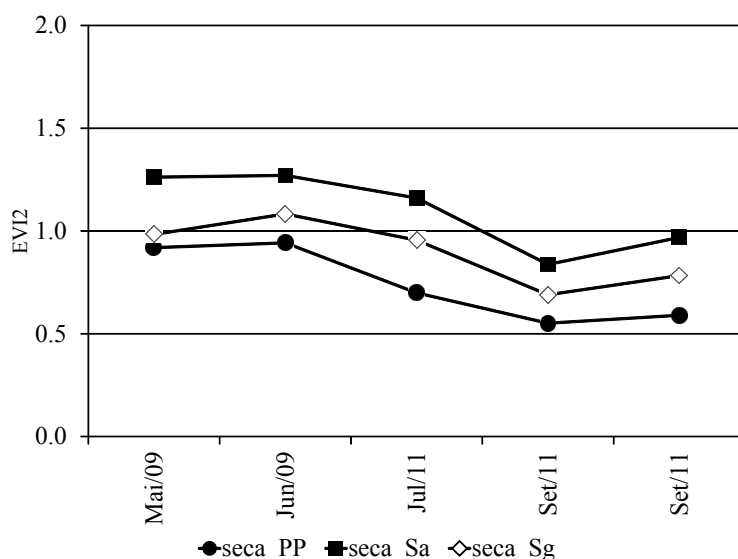


Figura 6. Série temporal de EVI-2 das classes PP, Sa e Sg no período secoentre janeiro de 2008 e dezembro de 2011.

Tabela 4. Média dos valores de EVI-2 das classes PP, Sa e Sg no período seco.

Classe	Mai/09	Jun/09	Jul/11	Set/11	Set/11
PP	0,92 ^a	0,94 ^a	0,70 ^a	0,55 ^a	0,59 ^a
Sa	1,26 ^b	1,27 ^b	1,16 ^b	0,84 ^b	0,97 ^b
Sg	0,98 ^a	1,08 ^c	0,96 ^c	0,69 ^c	0,78 ^c

PP: pastagem plantada; Sa: Savana arborizada; Sg: Savana gramíneo-lenhosa. Médias com a mesma letra não são estatisticamente diferentes para cada data de amostragem (coluna) ($p < 0,05$).

5. Conclusões e sugestões.

Os resultados deste estudo indicaram que os valores de EVI-2 são viáveis e práticos na discriminação de áreas de pastagens de classes de vegetação natural de savana. Em 66% das datas analisadas no período chuvoso as áreas de pastagem apresentaram diferenças estatísticas significativas, sendo que em 58% foi possível discriminar as três classes entre si. No período seco, em 80% das datas da série temporal foi possível discriminar PP de Sa e Sg. O conhecimento sazonal do comportamento da pastagem é fundamental para o aumento da acurácia de mapeamentos e deve ser levado em consideração em estudos futuros.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem aos projetos: “Desenvolvimento de geotecnologias para identificação e monitoramento de níveis de degradação em pastagens – Geodegrade” (SEG Embrapa - 02.10.06.011.00.00) e “Integração de dados multisensor e espectroscopia de reflectância aplicados ao mapeamento de alvos estratégicos da agricultura tropical – Agspec” (SEG Embrapa - 02.11.01.019.00.00).

7. Referências

Adami, M.; Freitas, R.M; Padovani, C.R.; Shimabukuro, Y.E.; Moreira, M. Estudo da dinâmica espaço-temporal do bioma Pantanal por meio de imagens MODIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n.10, p. 1371-1378, 2008.

Agência Nacional de Águas (Ana). **HidroWeb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul.

2014.

Ferreira, L. G. e 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.

Gomes, D.; Vicente, L. E.; Silva, R. F. B.; Paula, S. C.; Maçorano, R. P.; Victoria, D.C.; Batistella, M. Uso de dados MODIS e AIRS para obtenção de parâmetros de correção atmosférica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2013. p. 8019-8026. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1536.pdf>> .Acessoem: 22 abr. 2014

Green, A. A., Berman, M., Switzer, P., and Craig, M. D.A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal.**IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 26, n. 1, p. 65-74, 1998.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.

Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604p.

Jiang, Z.; Huete, A. R.; Didan, K.; Miura, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band.**Remote sensing of Environment**, v. 112, p. 3833-3845, 2008.

Lasaponara, R. Estimating interannual variations in vegetated areas of Sardinia island using SPOT/VEGETATION NDVI temporal series. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 3, n. 4, p. 481-483, 2006.

Pax-Lenney, M; Woodcok, C.E. Monitoring agricultural lands in Egypt withmultitemporal Landsat TM imagery: How many images are needed? **Remote SensingofEnvironment**, v. 59, p. 522-529, 1997.

Ponzoni, F.J.; Shimbukuro, Y.E.; Kuplich, T.M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. São José dos Campos: Oficina de Textos, 2012. 176 p.

Pirce, L.E.; Bergen, K.M.; Dobson, M.C.; Ulaby, F.T. Multitemporal Land-Cover Classification Using SIR-C/X-SAR Imagery.**Remote Sensing of Environment**,v. 64, p. 20–33, 1998.

Richards, J.A.**Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction**, Berlin: Springer-Verlag, 1999, 240p.

Sano, E. E.; Rosa, R.; Brito, J. L. S.; Ferreira, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

Silva, G.B.S.; Formaggio, A.R.; Shimabukuro, Y.E.; Sano, E.E.; Adami, M. Discriminação da cobertura vegetal do Cerrado matogrossense por meio de imagens MODIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 186-194, 2010.

Silva, J. S. V; Abdon, M. M; Pott, A. Cobertura vegetal do Bioma Pantanal em 2002. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 23, 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 2007. p.1030 -1038. (CD – ROM).

Vicente, L.E.; Gomes, D; Victoria, D.C;Garçon, E.; Bolfe, E.L.; Andrade, R.G.; Silva, G.B.S. Séries temporais de NDVI do sensor SPOT Vegetation e algoritmo SAM aplicados ao mapeamento de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1337-1345, 2012.

Victoria, D.C.; Paz, A.R.; Coutinho, A.C.; Kastens, J.; Brown, J.C. Cropland area estimates using Modis NDVI time series in the state of Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1270-1278, 2012.