

Análise de perfis temporais a partir de produtos do índice de vegetação NDVI e suas relações com o coeficiente de cultura (K_c) em áreas de soja irrigada, em Planura-MG

Thálita Carrijo de Oliveira ¹
Elizabeth Ferreira ¹
Antônio Augusto Aguilar Dantas ¹

¹ Universidade Federal de Lavras - UFLA
Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras - MG, Brasil
thalitacarrijo@gmail.com
bethf@deg.ufla.br
auau@deg.ufla.br

Abstract. The estimation of crop coefficient (K_c) is an important application of the analysis of vegetation indexes in monitoring agricultural areas. Thus the aim of this study was to analyze the temporal profiles of the products from the vegetation index NDVI (MOD13Q1 and VGT-S10) and their relationship in getting the crop coefficient (K_c) from the comparison between the profiles tabulated K_c (K_c FAO) and calculated (K_{cNDVI}) and analysis of the growing stages of irrigated soybeans in the Municipality of Planura/MG, season 2010/2011. The identification of areas planted with irrigated soybean was made through fieldwork. Temporal series of MOD13Q1 and VGT-S10 products were used to analyse NDVI, allowing the extraction of NDVI values for all points in the period studied. In the analysis, per crop, the NDVI temporal profiles, both MOD13Q1 product as the VGT-S10, it was found that there is little variation from the average profile of the harvest and the time profiles showed a similar pattern as the seasonality. Similarly, when comparing the profiles of K_c FAO and K_{cNDVI} a similar pattern was observed in the analyzes of both products. Thus NDVI may be used as an alternative for obtaining crop coefficient (K_c).

Palavras-chave: NDVI, coeficiente de cultura, crop coefficient.

1. Introdução

Os levantamentos agrícolas têm sido realizados principalmente através de métodos convencionais e informações de órgãos governamentais, porém com a crescente disponibilização de dados de sensoriamento remoto já é fato que o monitoramento das áreas agrícolas pode ser realizado por meio de produtos de sensoriamento remoto.

Com a finalidade de facilitar e disseminar o uso de produtos MODIS/TERRA, a Embrapa disponibiliza o produto índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), proveniente de dados já existentes que foram processados antes de serem disponibilizados aos usuários (ESQUERDO et al., 2010).

A disponibilização dos produtos SPOT/VGT é feita por um sistema de transmissão via satélite para dados ambientais e produtos de informação, denominado GEONETCast, operado pelos GEONETCast Networking Centres (GNC) (VITO, 2013).

Nos dias atuais, os produtos de índices de vegetação são disponibilizados com diversas resoluções espacial e temporal. Para aplicações na agricultura a alta periodicidade fornecida por estes produtos são de importância fundamental para análises e acompanhamento do desenvolvimento de culturas em áreas extensas, como a soja (RUDORFF et al. 2007; EPIPHANIO et al. 2010). Entretanto, pelo fato de existirem imagens e produtos com diferentes resoluções espaciais e temporais torna-se necessário a realização de estudos que avaliem a influência destas resoluções no comportamento destes índices ao longo do tempo, ou seja, da fase de plantio até a colheita da cultura.

Uma importante aplicação da análise dos índices de vegetação está relacionada à estimação do coeficiente de cultura (K_c). Como a atribuição dos valores de K_c está relacionada ao ciclo fenológico da cultura, existem estudos que sugerem que os perfis

temporais de índices de vegetação podem ser utilizados na obtenção dos valores de K_c (SINGH e IRMAK, 2009; KAMBLE et al. 2013).

Neste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar os perfis temporais a partir dos produtos do índice de vegetação NDVI (MOD13Q1 e VGT-S10) e sua relação na obtenção do coeficiente de cultura (K_c) a partir da comparação entre os perfis de K_c tabelados (K_c FAO) e calculados (K_{cNDVI}) e da análise dos estádios fenológicos da cultura de soja irrigada, no Município de Planura/MG, safra 2010/2011.

2. Metodologia de trabalho

2.1 Área de estudo

O município de Planura está localizado na região do Triângulo Mineiro, entre as coordenadas $19^{\circ}57'22''$ e $20^{\circ}10'10''$ de latitude Sul, $48^{\circ}44'39''$ e $48^{\circ}30'45''$ de longitude Oeste de Greenwich, com área total de 318 km². Apresenta relevo típico de chapada, cobertura vegetal tipicamente de cerrado e na agricultura é comum o uso da irrigação (Figura 1).

O clima é caracterizado úmido (B2), de acordo com o índice de umidade da classificação climática de Thornthwaite, sendo que a temperatura e a precipitação total acumulada, em médias anuais, são da ordem de 19 a 20°C e 1500 a 1600 mm, respectivamente (CARVALHO et al. 2008).

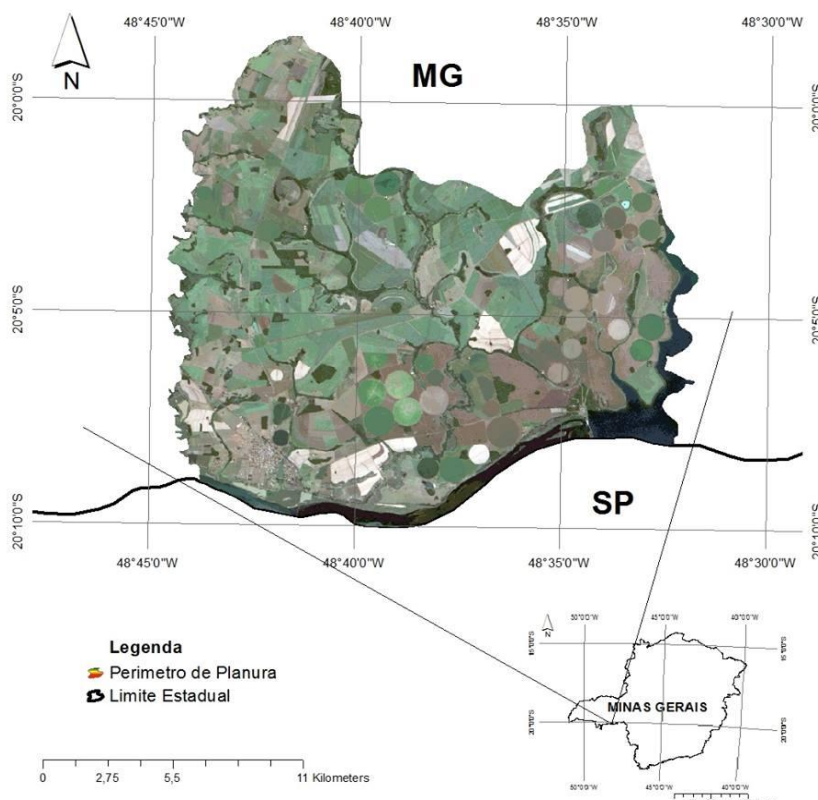


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2 Identificação das áreas cultivadas com soja irrigada

Pereira et al. (2011) realizaram um trabalho de campo para a identificação e coleta de pontos com GPS, referentes às áreas cultivadas com soja irrigada por pivô central em

fazendas localizadas no município de Planura - MG. Foram coletados 11 pontos de soja irrigada.

2.3 Obtenção e processamento dos dados TERRA/MODIS e SPOT/VGT

Os produtos MOD13Q1 e VGT-S10 foram obtidos para o período de setembro de 2010 a abril de 2011, abrangendo a safra 2010/2011.

Os produtos MOD13Q1 foram obtidos do Banco de Produtos MODIS na base estadual brasileira, para o estado de Minas Gerais (ESQUERDO et al. 2010). Os produtos SPOT/VGT-S10 foram obtidos no portal: <http://www.devcoast.eu/>. Para importação dos produtos foram utilizados os softwares ENVI (*Environment for Visualizing Images*) e ILWIS (Integrated Land and Water Information System). O ENVI, versão 4.8 (*VISUAL INFORMATION SOLUTIONS, 2008*) foi utilizado para importar os produtos MOD13Q1. Utilizou-se o módulo “GEONETCast toolbox” do ILWIS para importação e recorte dos produtos SPOT/VGT-S10. O módulo “GEONETCast toolbox” foi desenvolvido por Maathuis et al. (2011).

Para realizar a descrição e análise dos índices de vegetação foi construída uma série temporal dos produtos MOD13Q1 e VGT-S10, de acordo com as datas que foram obtidos. Este procedimento permitiu a extração dos valores de NDVI para todos os pontos no período estudado. Posteriormente, transferiu-se os pontos para uma planilha eletrônica para a manipulação dos dados e elaboração dos gráficos.

2.4 Relação entre K_c e NDVI

A relação entre os valores de K_c e o NDVI foi feita através da análise dos perfis de K_{cNDVI} e K_c FAO para a cultura de soja irrigada. Dessa forma, a partir do modelo de regressão linear simples (Equação 1) criado por Kamble et al. (2013) foram construídos os perfis de K_{cNDVI} , que posteriormente, foram comparados aos dados de K_c FAO na análise dos estádios fenológicos da cultura de soja irrigada.

$$K_{cNDVI} = 1,457 \text{ NDVI} - 0,1725 \quad (1)$$

3. Resultados e Discussão

Antes de iniciar a análise dos perfis temporais do índice de vegetação NDVI foi feita uma análise exploratória dos dados. Nesta análise procurou-se separar os pontos em que as culturas apresentaram padrões semelhantes, principalmente, quanto à época do plantio, o desenvolvimento da cultura e a época da colheita.

3.1 Análise do NDVI para a cultura de soja irrigada

3.1.1 NDVI do produto MOD13Q1

Na Figura 2 estão representados os perfis temporais de NDVI do produto MOD13Q1 para a cultura de soja irrigada, safra 2010/2011, separados em função da duração do ciclo da cultura. Na Figura 2 pode ser observado que o plantio da soja ocorreu no início da segunda quinzena de outubro (16/10/2010) para todos os pontos analisados. No entanto, a colheita ocorreu em datas diferentes (02/02/2011, 18/02/2011 e 06/03/2011), em função do ciclo da cultura.

Os valores de NDVI do produto MOD13Q1 foram 0,30, 0,23 e 0,18, respectivamente, para as datas de colheita de 02/02/2011, 18/02/2011 e 06/03/2011. O período de

desenvolvimento da soja ocorreu até 17/11 para as safras 02/02/2011 e 18/02/2011, apresentando valores médios de NDVI de 0,77 e 0,84, respectivamente. Já para a safra de 06/03/2011 o valor médio de NDVI no período de desenvolvimento da cultura foi de 0,85, na data de 03/12/2010. O período de máximo desenvolvimento ocorreu entre meados de novembro e meados de janeiro, dependendo da data que ocorreu o período de desenvolvimento. A safra 02/02/2011 iniciou a maturação por volta de 01/01/2011. O período da maturação teve início em 17/01/2011 para as safras 18/02/2011 e 06/03/2011. O valor máximo de NDVI atingido foi de 0,93, independente do ciclo.

Com base na análise de NDVI do produto MOD13Q1, ainda sobre a Figura 2, pode-se concluir que a duração do ciclo da soja foi de 109, 125 e 141 dias, respectivamente, para as safras 02/02/2011, 18/02/2011 e 06/03/2011. A duração do ciclo da soja pode variar de 75 a 210 dias dependendo da cultivar (GARCIA et al. 2007).

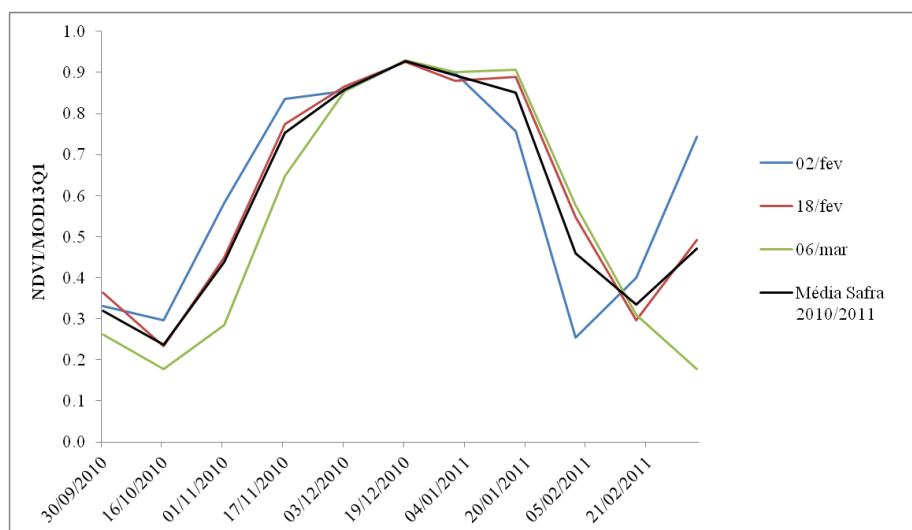


Figura 2. Perfis temporais de NDVI do produto MOD13Q1 de soja irrigada em função das datas de colheita (02/02/2011, 18/02/2011 e 06/03/2011), safra 2010/2011.

Na análise dos perfis temporais de NDVI do produto MOD13Q1 para as três safras (Figura 2) verificou-se que existe pouca variação em relação ao perfil médio (Média Safra 2010/2011), demonstrando que, mesmo com a diferença entre as datas da colheita de soja e diferentes cultivares adotados, os perfis temporais apresentaram um padrão semelhante.

3.1.2 NDVI do produto VGT-S10

Na Figura 3 estão representados os perfis temporais de NDVI do produto VGT-S10 para a cultura de soja irrigada, safra 2010/2011, separados em função da duração do ciclo da cultura. Na Figura 3 pode ser observado que o plantio e a colheita da soja ocorreram em datas diferentes (11/10/2010 a 01/02/2011, 01/11/2010 a 21/02/2011 e 11/11/2010 a 21/02/2011).

Os valores de NDVI do produto VGT-S10 foram 0,30, 0,40 e 0,39, respectivamente, para as safras de 11/10/2010 a 01/02/2011, 01/11/2010 a 21/02/2011 e 11/11/2010 a 21/02/2011. O período de desenvolvimento da soja ocorreu até 11/12/2010 para as safras de 01/11/2010 a 21/02/2011 e 11/11/2010 a 21/02/2011, apresentando o valor médio de NDVI de 0,85, em ambas as safras. Já para a safra de 11/10/2010 a 01/02/2011 o valor médio de NDVI no período de desenvolvimento da cultura foi de 0,74, na data de 21/11/2010. O período de máximo desenvolvimento ocorreu entre meados de novembro e meados de janeiro, dependendo da data que ocorreu o período de desenvolvimento. A safra de 01/11/2010 a 21/02/2011 iniciou a maturação após 21/01/2011. Já para as safras de 11/10/2010 a

01/02/2011 e 11/11/2010 a 21/02/2011 o período da maturação teve início em 01/01/2011 e 21/01/2011, respectivamente. O valor máximo de NDVI atingido foi de 0,87, independente do ciclo.

Com base na análise de NDVI do produto VGT-S10, ainda sobre a Figura 3, pode-se concluir que a duração do ciclo da soja foi de 102, 112 e 113 dias, respectivamente, para as safras de 11/11/2010 a 21/02/2011, 01/11/2010 a 21/02/2011 e 11/10/2010 a 01/02/2011.

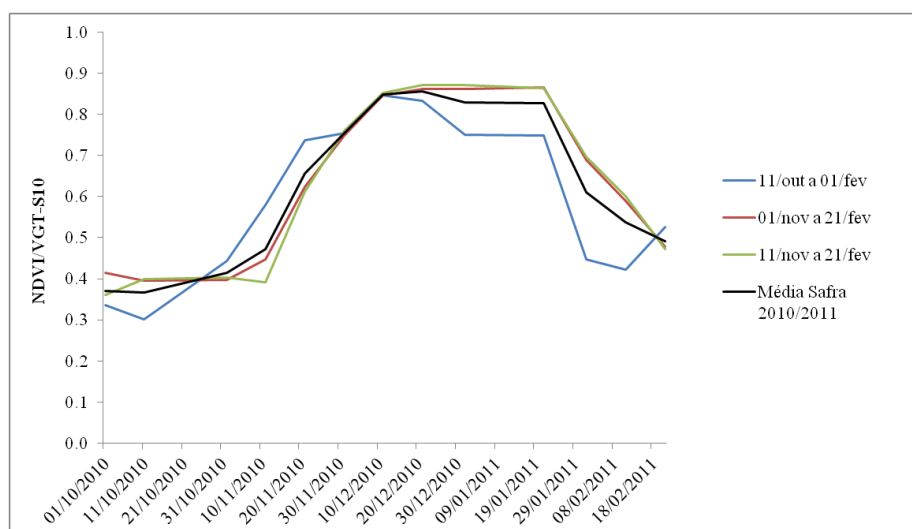


Figura 3. Perfis temporais de NDVI do produto VGT-S10 de soja irrigada em função da duração do ciclo (11/10/2010 a 01/02/2011, 01/11/2010 a 21/02/2011 e 11/11/2010 a 21/02/2011), safra 2010/2011.

Na análise dos perfis temporais de NDVI do produto VGT-S10 para as três safras (Figura 3) verificou-se que existe pouca variação em relação ao perfil médio (Média Safra 2010/2011), demonstrando que, mesmo com a diferença entre as datas de plantio e colheita de soja e diferentes cultivares adotados, os perfis temporais apresentaram um padrão semelhante. Este fato foi observado por Esquerdo e Zullo (2007) na análise dos perfis temporais de NDVI, gerados a partir de dados de sensoriamento remoto, entre eles, o produto VGT-S10, para a cultura de soja no oeste do Paraná.

3.2 Comparação entre os perfis de K_{cNDVI} e K_c FAO a partir da análise dos estádios fenológicos da cultura de soja irrigada

3.2.1 NDVI do produto MOD13Q1

Na Tabela 1 estão associados os valores de K_c FAO aos respectivos estádios fenológicos da cultura de soja irrigada a partir da análise do perfil temporal para a safra de 16/10/2010 a 02/02/2011 (Figura 2).

Tabela 1. Estádios fenológicos da soja irrigada e os respectivos valores de K_c FAO para a safra de 16/10/2010 a 02/02/2011.

	Estádios	Início	Final	K_c FAO
I	Plantio	16/out		0.3
II	10 a 80%	01/nov	17/nov	0.7
III	80 a 100%	03/dez	19/dez	1
IV	Maturação	01/jan	17/jan	0.7
V	Colheita		02/fev	0.4

Os valores referentes aos estádios II e IV não são constantes e, por isso, foram excluídos, obtendo um melhor ajuste dos dados. Na Tabela 2 estão representados os valores de K_{cNDVI} e K_c FAO referentes ao melhor ajuste dos dados, para a safra de 16/10/2010 a 02/02/2011.

Tabela 2. K_{cNDVI} e K_c FAO referentes ao melhor ajuste dos dados para safra de 16/10/2010 a 02/02/2011.

DATAS	K_{cNDVI}	K_c FAO
16/10/2010	0.26	0.3
01/11/2010	0.68	0.7
03/12/2010	1.07	1
19/12/2010	1.18	1
17/01/2011	0.93	0.7
02/02/2011	0.20	0.4

Na comparação entre os perfis de K_{cNDVI} e K_c FAO (Figura 4) verificou-se que eles apresentaram um padrão semelhante, porém os valores de K_{cNDVI} foram maiores que os valores de K_c FAO.

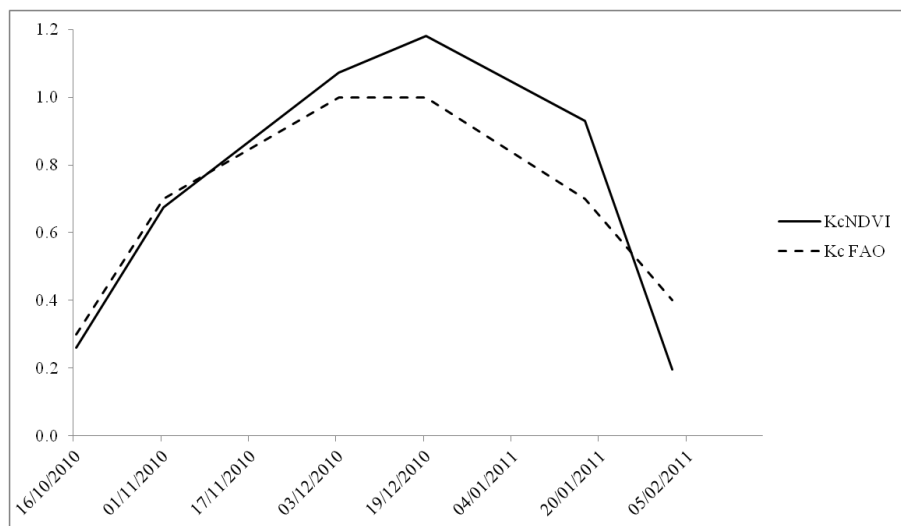


Figura 4. Perfis temporais de K_{cNDVI} e K_c FAO referentes ao melhor ajuste dos dados para safra de 16/10/2010 a 02/02/2011 de soja irrigada.

3.2.2 NDVI do produto VGT-S10

Na Tabela 3 estão associados os valores de K_c FAO aos respectivos estádios fenológicos da cultura de soja irrigada a partir da análise do perfil temporal para a safra de 11/10/2010 a 01/02/2011 (Figura 3).

Tabela 3. Estádios fenológicos da soja irrigada e os respectivos valores de K_c FAO para a safra de 11/10/2010 a 01/02/2011.

	Estádios	Início	Final	K_c FAO
I	Plantio	11/out		0.3
II	10 a 80%	01/nov	21/nov	0.7
III	80 a 100%	01/dez	21/dez	1
IV	Maturação	01/jan	21/jan	0.7
V	Colheita		01/fev	0.4

Os valores referentes aos estádios II e IV não são constantes e, por isso, foram excluídos, obtendo um melhor ajuste dos dados. Na Tabela 4 estão representados os valores de K_{cNDVI} e K_c FAO referentes ao melhor ajuste dos dados, para a safra de 11/10/2010 a 01/02/2011.

Tabela 4. K_{cNDVI} e K_c FAO referentes ao melhor ajuste dos dados para safra de 11/10/2010 a 01/02/2011.

DATAS	K_{cNDVI}	K_c FAO
11/10/2010	0.27	0.3
01/11/2010	0.47	0.7
01/12/2010	0.93	1.0
11/12/2010	1.06	1.0
21/12/2010	1.04	1.0
21/01/2011	0.92	0.7
01/02/2011	0.48	0.4

Na comparação entre os perfis de K_{cNDVI} e K_c FAO (Figura 5) verificou-se que eles apresentaram um padrão semelhante, entretanto o estágio III apresentou uma maior duração no perfil de K_{cNDVI} em relação ao perfil de K_c FAO.

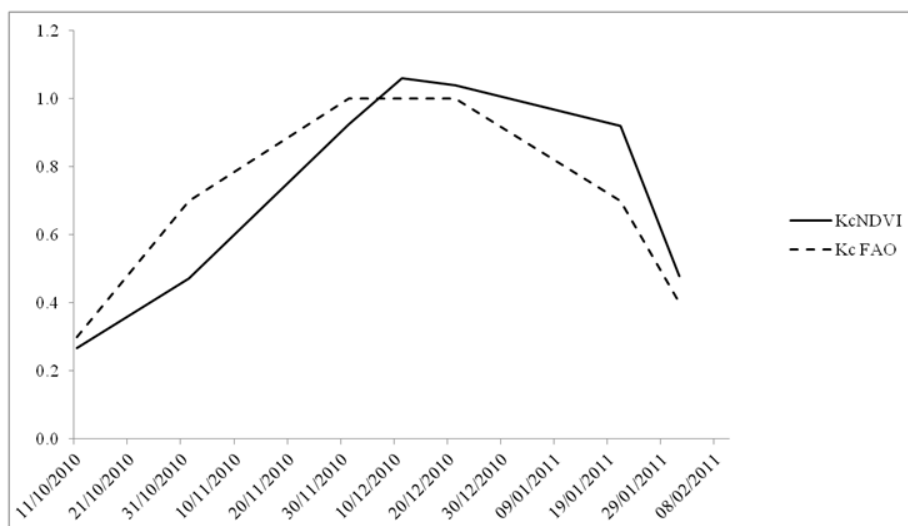


Figura 5. Perfis temporais de K_{cNDVI} e K_c FAO referentes ao melhor ajuste dos dados para safra de 11/10/2010 a 01/02/2011.

4. Conclusão

Os resultados deste trabalho mostraram que, apesar da baixa resolução espacial dos sensores MODIS (250 m) e SPOT (1 km), a alta periodicidade das imagens torna possível a sua utilização na identificação de áreas cultivadas com soja irrigada, a partir da análise dos perfis temporais dos índices de vegetação. Nesse sentido, em ambas as análises, os perfis temporais de NDVI dos produtos MOD13Q1 e VGT-S10 apresentaram um padrão semelhante quanto à sazonalidade.

Na relação entre NDVI e o coeficiente de cultura (K_c) verificou-se que, na comparação entre os perfis de K_{cNDVI} e K_c FAO foi observado um padrão semelhante, em ambas as análises. Dessa forma, o NDVI pode ser utilizado como uma alternativa na obtenção do coeficiente de cultura (K_c).

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), processo CAG-APQ 01560-12.

Referências Bibliográficas

CARVALHO, L. G. DE, OLIVEIRA, M. S. DE, ALVES, M. DE C., VIANELLO, R. L., SEDIYAMA, G. C., CASTRO NETO, P., DANTAS, A. A. A. Clima. In: Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais: componente socioeconômico. Ed.: José Roberto Soares Scolforo, Antônio Donizette de Oliveira e Luís Marcelo Tavares de Carvalho. Lavras: Editora UFLA, 2008. Capítulo 4, 14 p. Disponível em <http://www.zee.mg.gov.br/pdf/componentes_geofisico_biotico/4clima.pdf> ISBN: 978-85-87692-58-0. Acesso em 23 Out. 2013.

EPIPHANIO, R.D.V.; FORMAGGIO, A.R.; RUDORFF, B.F.T.; MAEDA, E.E.; LUIZ, A.J.B. Estimating soybean crop areas using spectral- temporal surfaces derived from MODIS images in Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.72-80, 2010.

ESQUERDO, J. e ZULLO JÚNIOR, J. Geração automática de perfis temporais de NDVI a partir de imagens AVHRR/NOAA e SPOT/Vegetation. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: INPE, 2007.

ESQUERDO, J.; ANTUNES, J.; ANDRADE, J. Desenvolvimento do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2010. 7 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado Técnico, 100).

FREITAS, R.M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; SOUZA, A.F.; SATO, F.Y.; SHIMABUKURO, Y.E.; ROSA, R.R.; ANDERSON, L.O.; RUDORFF, B.F.T. Virtual laboratory of remote sensing series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, 2:57-64. 2011.

GARCIA, A.; PÍPOLO, A. E.; LOPES, I. O. N.; PORTUGAL, F. A. F. Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2007. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 51).

KAMBLE, B.; IRMAK, A.; HUBBARD, K. Estimating crop coefficients using remote sensing-based vegetation index. **Remote Sens.**, v. 5, p. 1588-1602, 2013.

Maathuis, B., Mannaerts, C.; Retsios, B., Schouwenburg, M.; Lemmens, R. GEONETCast Toolbox: Installation, configuration and user guide of the GEONETCast Toolbox plug-in for ILWIS 3.7, XML version 1.2. Enschede: ITC, 2011, 151. Available online: <http://52north.org/downloads/earth-observation/geonetcast/geonetcast-toolbox> (accessed on 04 May 2012).

PEREIRA, R. M. **Validação de mapas de uso e cobertura do solo do município de Planura/MG**. 2011. 47p. Monografia. (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

RUDORFF, C. de M.; RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T.; SUGAWARA, L.M.; VIEIRA, C.A.O. Superfícies de resposta espectro-temporal de imagens do sensor MODIS para classificação de área de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.37, p.118-125, 2007.

SINGH, R. e IRMAK, A. Estimation of crop coefficients using satellite remote sensing. **J. Irrig. Drain Eng.**, v.135, n.5, p.597-608, 2009.

VITO, 2013. Disponível em: <http://www.devcoast.eu> Acesso em: 01 Dez. 2013.