

Relação entre variáveis meteorológicas e o NDVI de produtos MOD13Q1 em áreas cafeeiras do município de Três Pontas, MG, anos 2008 e 2009

Margerete Marin Lordelo Volpato¹
Helena Maria Ramos Alves²
Tatiana Grossi Chquiloff Vieira³
Walbert Júnior Reis dos Santos⁴
Claudio Henrique Mesquita Jr.⁵
Vanessa Cristina Oliveira de Souza⁶

^{1,3}Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG
Caixa Postal 176 – 37200-000 – Lavras - MG, Brasil
{margarete, tatiana}@epamig.ufla.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA CAFÉ
Caixa Postal 40315 – 70770-901 – Brasília - DF, Brasil
helena@epamig.ufla.br

^{4,5}Universidade Federal de Lavras - UFLA
Caixa Postal 3037 - 37200-000 – Lavras - MG, Brasil
geosolos@epamig.ufla.br

⁶Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI
Caixa Postal 50 - 37500 903 - Itajubá - MG
vanessa@epamig.ufla.br.

Abstract. Remote sensing and geographic information systems (GIS) are powerful tools which can be combined and used for various agricultural and environmental purposes. The NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), derived from images of the MODIS sensor of the TERRA satellite, is used to estimate vegetative vigor. The aim of this study was to evaluate the average NDVI values of coffee areas, in 2008 and 2009 and its relation to phenology and meteorological variables. The study demonstrated the great potential of the MOD13Q1 for monitoring agrometeorological of coffee areas of the region of Três Pontas, Minas Gerais, Brazil.

Palavras-chave: agrometeorology, coffee crop, remote sensing, MODIS, NDVI.

1. Introdução

Atualmente eventos e variações climáticas estão sendo intensamente discutidos e por este motivo é de fundamental importância a realização de estudos microrregionais visando o monitoramento do desenvolvimento de lavouras cafeeiras e a compreensão da dinâmica da produtividade associada às variações meteorológicas. Convencionalmente o monitoramento agrometeorológico da cafeicultura tem sido realizado em campo, porém estudos mais recentes utilizam imagens de satélite, que permitem avaliar grandes áreas a custos menores e com maior frequência de imageamento. Neste sentido, o sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) do satélite TERRA oferece gratuitamente imagens com alta resolução temporal e produtos voltados especialmente para vegetação como o MOD13Q1 que contém o índice de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Rosa (2007) avaliou o comportamento do índice de vegetação NDVI oriundo do produto MOD13Q1 para lavouras cafeeiras e observou que o NDVI apresentou relação com a fenologia e o manejo da cultura. Assad et al. (1988) estudaram a correlação entre dados de imagens de satélite e meteorológicos e observaram que a pluviometria é um dos fatores mais limitantes do desenvolvimento da vegetação. Volpato et al. 2009 observaram boa correlação entre NDVI de produtos MOD13Q1 e o déficit hídrico em áreas cafeeiras na região do cerrado mineiro. O

objetivo deste trabalho foi avaliar a variação temporal dos valores de NDVI de áreas cafeeiras, fornecidos pelo produto MOD13Q1 do sensor MODIS/TERRA e associá-los as variáveis meteorológicas e fenológicas de cafeeiros, medidas em campo, nos anos de 2008 e 2009, no município de Três Pontas, região sul de Minas Gerais.

2. Metodologia de Trabalho

O estudo foi realizado no município de Três Pontas, região sul de Minas Gerais. A região estudada caracteriza-se por altitude média de 905 m, predominância de relevo plano a ondulado e de Latossolos, o clima é ameno, tropical de altitude, com temperaturas moderadas, verão quente e chuvoso, classificado por Köppen como Cwa. Para o desenvolvimento do trabalho foram coletados dados de precipitação e temperaturas máximas e mínimas, devidamente registrados pela COCATREL (Cooperativa Agrícola de Três Pontas), no período de janeiro 2008 a dezembro de 2009.

Posteriormente foram calculados (Programa Moretti, 2010) os valores mensais do balanço hídrico climático pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), considerando-se a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, a qual representa a maioria dos solos encontrados nas regiões cafeeiras (Camargo e Pereira, 1994).

Foram realizadas as correlações de Pearson entre os valores de NDVI médio mensal da área de estudo e as variáveis meteorológicas, com o intuito de estimar a intensidade da associação entre as variáveis.

Utilizou-se imagens do produto MODIS/TERRA MOD13Q1 com resolução espacial de 250 metros visando a observar a variação do índice de vegetação (NDVI) dos cafeeiros. Este produto é gerado a partir de várias imagens adquiridas em um período de 16 dias. Este processo de composição seleciona o melhor pixel da imagem para compor o produto MOD13Q1, minimizando eventuais distorções espaciais e ruídos radiométricos (Van Leeuwen et al., 1999). Para o período de tempo estudado foram analisados 48 produtos MOD13Q1.

Para o mapeamento das lavouras cafeeiras adultas (mais de 5 anos de idade), foi criado um banco de dados geográfico no SIG Spring 5.0 (Câmara et al., 2006) com as coordenadas planas limitrofes UTM/WGS84, 439261, 459261; 7626678, 7646678, Fuso 23, Hemisfério Sul, que corresponde à distância de 10 km da estação meteorológica da COCATREL. O mapeamento das lavouras foi feito por interpretação visual de uma imagem Landsat 5 TM, órbita/ponto 219/75, do dia 16/07/2008 com resolução espacial de 30 m, restaurada para 10 m. Desse mapeamento foram selecionadas áreas maiores que 10 ha (Figura 1). Esta escolha baseou-se na baixa resolução espacial do produto MOD13Q1, com resolução de 250 m, ou seja, um pixel da imagem equivale a 6,25 ha. Para cada imagem foram adquiridos valores do índice de vegetação NDVI de dois pixels, escolhidos aleatoriamente dentro do limite das lavouras selecionadas. Foram escolhidas 10 lavouras aleatoriamente, perfazendo o total de 20 pixels por imagem. As imagens NDVI foram convertidas para GeoTiff utilizando-se o software MRT (DAAC, 2005). Analisou-se a relação entre as variáveis meteorológicas coletadas e estimadas, os valores de NDVI e as fases fenológicas de cafeeiros descritas por Camargo e Camargo (2001) e que podem ser resumidas em: fase I - vegetação e formação de gemas florais; fase II – indução e maturação das gemas florais; fase – III – floração e expansão dos frutos; fase IV – granação dos frutos; fase V – maturação dos frutos; fase VI – repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários.

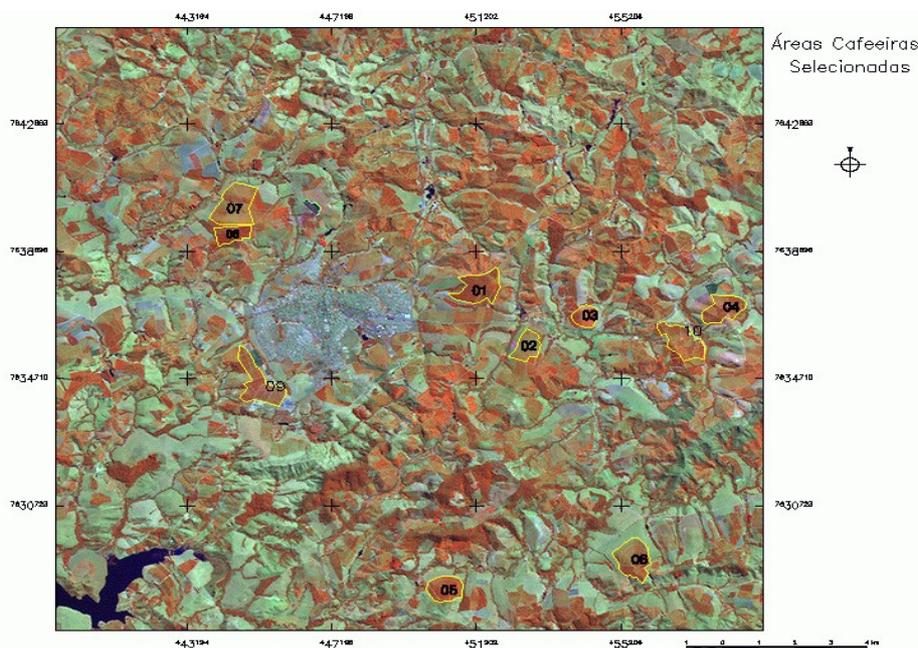


Figura 1: Imagem Landsat 5 TM da região de Três Pontas, MG e as 10 lavouras cafeeiras (contorno amarelo) delimitadas para o cálculo do NDVI médio.

3. Resultados e Discussão

No presente estudo realizado no município de Três Pontas, região sul de Minas Gerais constatou-se que, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2009, a temperatura média do ar foi de 20,6 °C. No caso do cafeeiro da espécie arábica, a temperaturas médias anuais ótimas situam-se entre 18 e 22 °C. A precipitação acumulada no ano de 2008 foi de 1616 mm e no ano de 2009 de 1989 mm, com redução de chuvas de maio a agosto. De acordo com Matiello (2002) a exigência de chuvas de cafeeiros é bastante variável, de acordo com a fase fenológica da planta. No período de vegetação e frutificação, que vai de outubro a maio, o cafeeiro precisa de água disponível no solo. No período de colheita e repouso, junho a setembro, a necessidade de água é pequena e a estiagem não prejudica a produção. De acordo com Camargo e Camargo (2001) o ciclo fenológico dos cafeeiros da espécie *Coffea arabica* L. apresenta uma sucessão de fases vegetativas e reprodutivas que ocorrem em aproximadamente dois anos, diferentemente da maioria das plantas que emitem as inflorescências na primavera e frutificam no mesmo ano fenológico.

O Figura 2 apresenta a variação da precipitação mensal, do déficit hídrico climatológico mensal e o índice de vegetação (NDVI) médio mensal para os anos de 2008 e 2009 e as fases fenológicas dos cafeeiros (Camargo e Camargo, 2001) observadas em campo. O NDVI médio mensal variou de 62%, final do período seco de 2008, a 82% final do período chuvoso de 2008. Os menores valores de NDVI ocorreram em meses precedidos de períodos de baixa precipitação. Segundo Braga et al. (2003) a vegetação demora de 30 a 60 dias para responder as variações do regime de precipitação pluvial. A partir do acúmulo das chuvas os valores de NDVI voltaram a subir.

Ocorreu déficit hídrico no solo nos meses de agosto e setembro de 2008, contabilizando 55 mm, porém como o café estava na fase II e VI correspondentes a indução e maturação das gemas florais e senescência dos ramos terciários e quaternários, não ocorreu prejuízo para produção e qualidade da bebida. O ano de 2009 não apresentou déficit hídrico. Observa-se

que para o período estudado valores de NDVI menores de 67% podem caracterizar déficit hídrico em áreas cafeeiras formadas por plantas adultas.

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de correlação entre o NDVI e variáveis meteorológicas, nos anos de 2008 e 2009. Observou-se correlação fraca entre o NDVI e as variáveis meteorológicas estudadas.

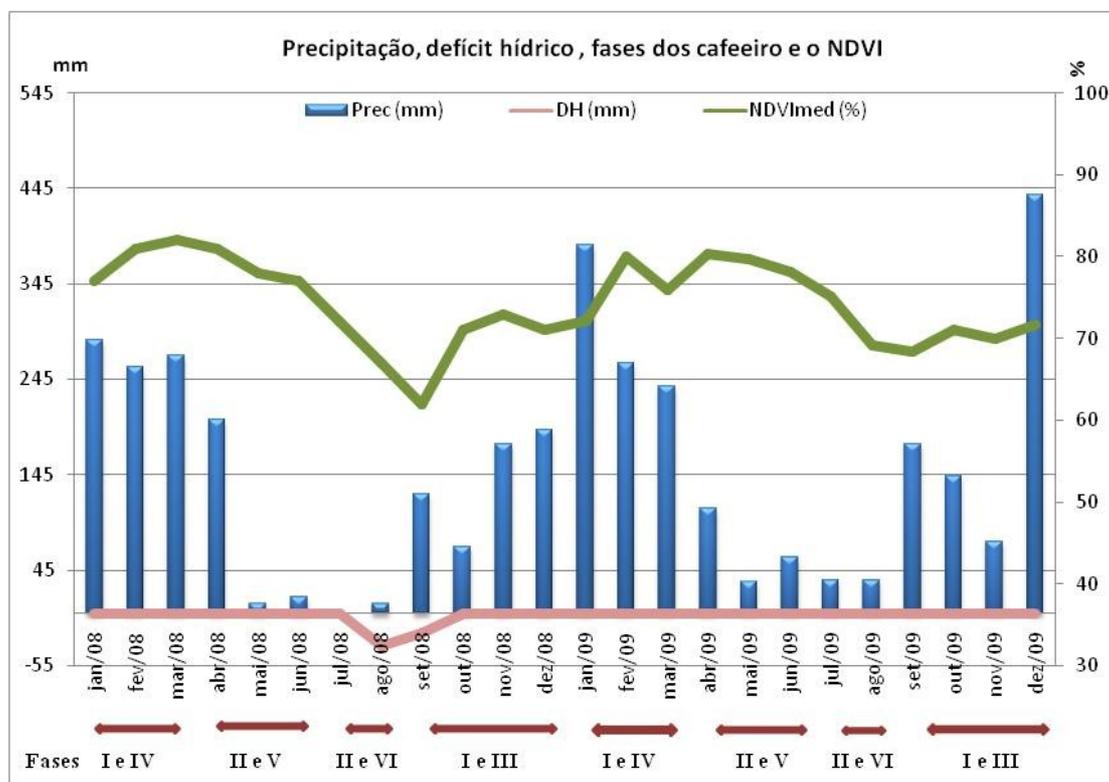


Figura 2 - Relação entre variáveis meteorológicas, o NDVI médio mensal e as fases fenológica dos cafeeiros, nos anos de 2008 e 2009, em Três Pontas, MG.

Tabela 1 – Correlação entre o NDVI e variáveis meteorológicas, nos anos de 2008 e 2009.

		Coef. Correlação (%)				
Ano	Variáveis	Prec (mm)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	Eto (mm)
2008	NDVI	44%	35%	-3%	20%	14%
2009	NDVI	-15%	-29%	-31%	-36%	-40%

4. Conclusões

O estudo demonstrou o grande potencial do produto MOD13Q1 de imagens do sensor MODIS/TERRA para o monitoramento agrometeorológico de cafeeiros da espécie arábica. Os resultados observados poderão ser utilizados para incrementar modelos agrometeorológicos-espectrais visando o monitoramento da fenologia e produção de lavouras cafeeiras associadas à ocorrência de estresse hídricos e/ou de ocorrência de adversidades climáticas, na região de Três Pontas, sul de Minas Gerais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por financiar bolsas de pesquisas e a COCATREL (Cooperativa Agrícola de Três Pontas) pelos dados cedidos. E o apoio financeiro ao projeto recebido do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D Café) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências Bibliográficas

Assad, E. D.; Setzer, A.; Moreira, L. Estimativa da precipitação através do índice de vegetação do satélite NOAA. In: Simpósio Brasileiro de sensoriamento Remoto, 5. 1988. Natal. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1988, p. 425- 429.

Braga, C. C.; Brito, J. I. B.; Sansigolo, C. A.; Rao, T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. Santa Maria. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 149-157, 2003.

Camara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J.; SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n.3, p. 395-403, May-Jun 1996.

Camargo, A. P.; Camargo, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

Camargo, A.P.; Pereira, A.R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneve: World Meteorological Organization, 1994. 96p. (Agricultural Meteorology CaM report, 58)

DAAC - Distributed Active Archive Center - NASA. **Imagens MODIS**. Disponível em: <<http://edcdaac.usgs.gov>>. Acesso em: 28 ago. 2007.

Matiello, J. B.; Santinato, R.; Garcia, A. W. R.; Almeida, S. R.; Fernandes, D. R. **Cultura do Café no Brasil**. Novo Manual de Recomendações. Varginha: MAPA-Procafé. 2002, 387p.

Programa MORETTI – Módulo: Balanço hídrico climatológico decenal irrigacionista. Disponível em: <http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/programas.htm#4moretti>. Acesso em: 13 de set. 2010.

Rosa, V. G. C. **Modelo agrometeorológico-espectral para monitoramento e estimativa da produtividade do café na região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais**. 2007. 142p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos. 2007.

Silva, M. R.; Ribeiro, M. G.; Centeno, J. A. S.; Monitoramento de estiagens com imagens MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. CD-ROOM.

Thorntwaite, C. W.; Mather, J. R. **The water balance**. Publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

Van Leeuwen, W.J.D.; Huete, A.R.; Laing, T.W. MODIS vegetation index compositing approach: A prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 69, p.264-280, 1999.

Volpato, M. M. L.; Meireles, E. J. L.; Vieira, T. G. C.; Alves, H. M. R.; Santos W. J. R. ; Souza, V. C. O. Potencial do índice NDVI para o monitoramento agrometeorológico em área cafeeira do cerrado mineiro. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 2009. CD-ROOM.