

POTENCIAL DO ÍNDICE NDVI PARA O MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO EM ÁREA CAFEIEIRA DO CERRADO MINEIRO

MARGARETE MARIN LORDELO VOLPATO¹; ELZA JACQUELINE LEITE MEIRELES²; TATIANA GROSSI CHQUILOFF VIEIRA³; HELENA MARIA RAMOS ALVES⁴; WALBERT JÚNIOR REIS DOS SANTOS⁵; VANESSA CRISTINA DE OLIVEIRA SOUZA⁶

¹Eng^a Florestal, Pesquisadora, D. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras - MG, Fone: (035 38291751), e-mail: margarete@epamig.ufla.br

² Eng^a Agrícola, Pesquisadora, D. Sc., EMBRAPA CAFÉ, Brasília – MG,

³ Eng^a Agrimensora, Pesquisadora, M. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras – MG,

⁴ Eng^a Agrônoma Pesquisadora, D. Sc., EMBRAPA CAFÉ, Lavras - MG,

⁵ Graduando em Agronomia, UFLA, Bolsista FAPEMIG, Lavras - MG,

⁶ Cientista da Computação, Bolsista CBP&D/CAFÉ, Lavras – MG.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 22
a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG.

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi investigar a relação entre o NDVI e as variáveis do Balanço Hídrico Climático visando ao desenvolvimento de modelos de monitoramento agrometeorológico-espectral em áreas cafeeiras. O estudo realizado no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, Minas Gerais demonstrou o grande potencial do produto MOD13Q1 de imagens do sensor MODIS/TERRA para estimar déficit hídrico e armazenamento de água no solo.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, agrometeorologia, Balanço Hídrico Climatológico

POTENTIAL OF INDEX NDVI FOR AGRIMETEOROLOGICAL MONITORING IN THE SAVANNAH COFFEE AREA OF MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: The objective of this study was to investigate the relationship between NDVI and variables of the Climatic Water Balance to the development of agrometeorological-spectral monitoring in coffee areas. The study realized in Patrocínio, Alto Paranaíba, Minas Gerais has the great potential of product MOD13Q1 image sensor MODIS/TERRA for estimating water deficit and storage of water in the soil.

KEYWORDS: remote sensing, agrometeorology, water balance climatology

INTRODUÇÃO: O monitoramento agrometeorológico da cafeicultura tem sido realizado convencionalmente 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). O índice de vegetação é uma técnica de realce da vegetação que tem sido utilizado basicamente para estimar biomassa e mudanças no desenvolvimento das comunidades vegetais (FRASER et al., 2000; HAMADA, 2000; VOLPATO, 2002). VOLPATO (2009) a fim de obter a caracterização espectral da cultura do café, avaliou o comportamento do índice de vegetação NDVI oriundo do produto MOD13Q1 para uma lavoura cafeeira e observou que o NDVI apresentou relação com a estiagem agrícola na região de Patrocínio, MG. O objetivo do presente estudo foi investigar a relação entre os valores de NDVI do produto MOD13Q1 de imagens MODIS/TERRA e as variáveis do Balanço Hídrico Climático visando ao desenvolvimento de modelos de monitoramento do vigor vegetativo de cafeeiro e ocorrência de deficiência hídrica, no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. A região estudada caracteriza-se por altitude média de 970 m, predominância de relevo plano a suave ondulado e de Latossolos. O clima pela classificação de Köppen é Cwa (Tropical em altitudes elevadas: úmido-quente no verão e seco-frio inverno), com ocorrência de acentuado déficit hídrico de maio a setembro. Visando a alcançar os objetivos propostos foi selecionada uma área contínua de aproximadamente 40 ha, com café arábica variedades Acaia Cerrado-MG145 e Catuaí Vermelho-IAC144 com idade média de 12 anos, em espaçamento variando de 4 a 3,5 m entre linhas e de 0,7 a 0,5 m entre plantas. A localização da área pode ser observada na Figura 1. Foram coletadas informações meteorológicas a partir de 2006 fornecidas pela estação meteorológica automática (EMA) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, (coordenadas geográficas: 18° 57' S, 46° 54' W e altitude de 1000 m), fixada a aproximadamente 500 m área de estudo. Para a estimativa de disponibilidade hídrica no solo utilizou-se o modelo de balanço hídrico climático de THORNTHWAITE & MATHER (1955), BHC, considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, a qual representa a maioria dos solos encontrados nas regiões cafeeiras e os valores médios mensais de temperatura do ar e precipitação pluvial referentes ao ano de 2007, obtidos da estação meteorológica automática (EMA) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, localizada na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Patrocínio, MG (latitude: 18° 57' S; longitude: 46° 54' W; altitude: 1000 m), distando-se aproximadamente 500 m da área em estudo. As variáveis resultantes do BHC são a evapotranspiração potencial (ETP), a evapotranspiração real (ETR), a deficiência hídrica (DH), o excedente hídrico (EH) e o armazenamento de água no solo (ARM). Utilizou-se imagens do produto MODIS/TERRA MOD13Q1 com resolução espacial de 250 metros visando a observar a variação do índice de vegetação (NDVI) da área cafeeira de janeiro a dezembro de 2007. 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 24 produtos MOD13Q1. Com o objetivo de utilizar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) SPRING versão 4.2 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) os produtos MOD13Q1 foram convertidos

para a projeção UTM, zona 23S; Datum WGS84, utilizando o programa MODIS Reprojection Tool - MRT (DAAC, 2005). A área cafeeira selecionada para o estudo foi georreferenciada no campo com um GPS de navegação e identificada no SIG SPRING, em seguida registrou-se os valores de NDVI dos pixels contidos no polígono correspondente a área de estudo. Calculou-se o NDVI médio do polígono para todas as datas e o NDVI médio mensal. Os valores de NDVI médios mensais foram correlacionados com os valores médios mensais de temperatura do ar, precipitação, ETP, DH, EH e ARM estimados pelo BHC.

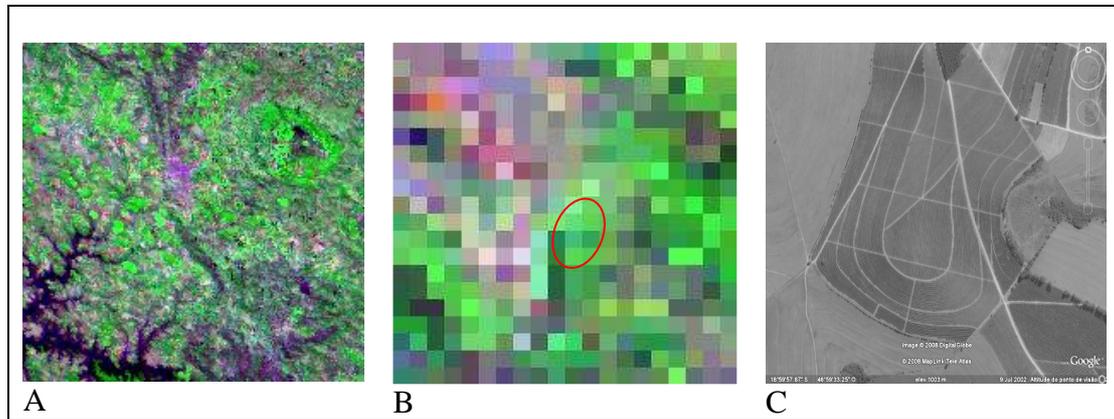


Figura 1 - Área cafeeira estudada. (A) Imagem MODIS (13/08/07) da região estudada no município de Patrocínio - MG. (B) Detalhe da área cafeeira estudada - imagem MODIS com resolução espacial de 250 m. (C) Área cafeeira estudada fornecida pelo Google (GOOGLE, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: No presente estudo realizado no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, MG, constatou-se que, no período de janeiro a dezembro de 2007, a temperatura média do ar variou de 17,8 °C, em junho a 24,5 °C, em fevereiro. 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 2007 foi de 1556,9 mm, com redução de chuvas de maio a setembro. 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. Na fase de colheita e repouso, de junho a setembro, a necessidade de água é pequena e a estiagem não prejudica a produção. A Figura 2 representa os valores médios mensais de NDVI, em porcentagem, da área de estudos, a precipitação total mensal e temperatura média do ar, ambos obtidos pela EMA, e os valores de evapotranspiração potencial (ETP), deficiência hídrica (DH) e armazenamento de água no solo (ARM), calculados a partir do BHC. Observa-se que o NDVI médio mensal variou de 47%, final do período seco, a 79%, início do período de excedente de água no solo (EH). Para janeiro o NDVI foi de 63%, valor que pode ter sido subestimado devido ao grande número de dias com nebulosidade, em março sobe para 77%, período de alto vigor vegetativo observado em campo. Em setembro o NDVI diminui para 47%, período de menor vigor vegetativo observado em campo e sobe para 79% em dezembro, novamente período de alto vigor vegetativo observado em campo. A ETP variou de 47 mm, em junho, a 111 mm em março, o ARM atingiu seu limite máximo (100mm) em janeiro e fevereiro, decrescendo, posteriormente, até 11 mm, outubro. A DH no solo foi negativa de março a novembro, contabilizando 264 mm. Foram realizadas as correlações de Pearson entre os valores de NDVI médio mensal da área de estudo e as variáveis meteorológicas e do Balanço Hídrico Climático (Tabela 1) com o intuito de estimar a intensidade da associação entre as

variáveis. Observou-se correlação fraca entre o NDVI e a precipitação, a temperatura do ar, a ETP e EH.

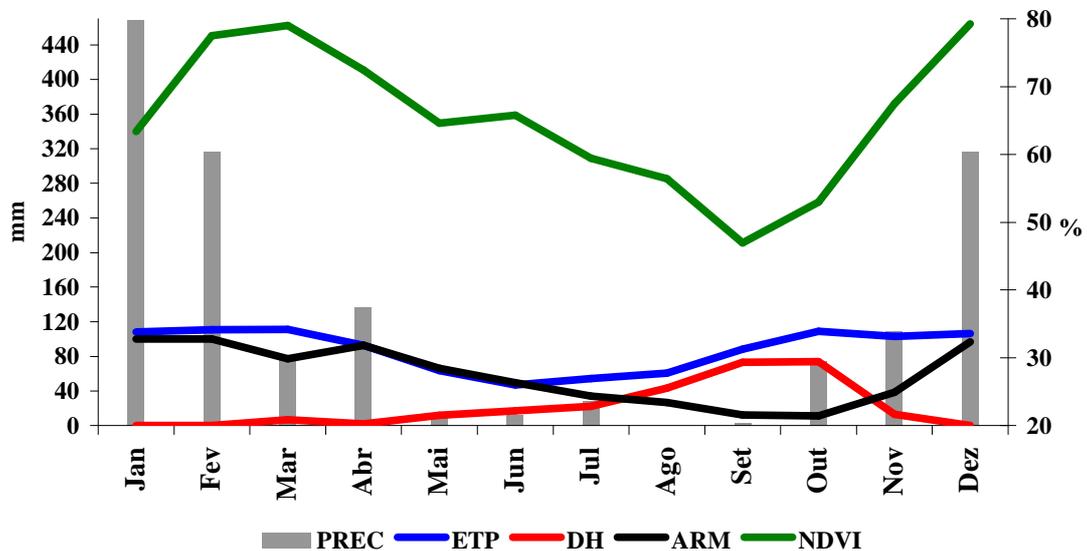


Figura 2 - Valores médios mensais do NDVI, em %, precipitação total mensal (PREC), evapotranspiração potencial (ETP), deficiência hídrica (DH) e armazenamento de água no solo (ARM), em mm.

Tabela 1 - Coeficientes de correlação de Pearson associando os valores médios mensais de NDVI, variáveis meteorológicas e resultantes do balanço hídrico climático, no ano de 2007.

Correlações	Coeficientes de Correlação
NDVI x Tmed	0,369
NDVI x PREC	0,472
NDVI x ETP	0,376
NDVI x ETR	0,783**
NDVI x ARM	0,830**
NDVI x EH	0,296
NDVI x DH	0,860**

(**significativo a 1% de probabilidade)

Tabela 2 - Modelos de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação.

Modelos de Regressão	r ²
$NDVI = 0,6655 e^{6,5043 (ARM)}$	0,75
$NDVI = -959,02 (DH)^2 + 1462,6 (DH) - 558,95$	0,88

(n=10, significativo a 1% de probabilidade)

E forte correlação entre o NDVI e ETR, ARM E DH foram verificadas. Na Tabela 2 são apresentadas as funções entre o NDVI e as resultantes do Balanço Hídrico Climático, DH e ARM, e seus respectivos coeficientes de determinação. O resultado obtido demonstrou a potencialidade do produto MOD13Q1 em identificar as condições de deficiência hídrica e o armazenamento de água no solo, na área estudada.

CONCLUSÕES: O estudo desenvolvido em área cafeeira do município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, Minas Gerais demonstrou o grande potencial do produto MOD13Q1 de imagens do sensor MODIS/TERRA para estimar déficit hídrico e armazenamento de água no solo. Os modelos desenvolvidos no presente estudo poderão ser utilizados para incrementar modelos agrometeorológicos-espectrais visando o monitoramento da fenologia e produção de lavouras cafeeiras na região do Alto Paranaíba, MG.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D Café). Os autores agradecem também à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por financiar bolsas de pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAAC - Distributed Active Archive Center - NASA. **Imagens MODIS**. Disponível em: <<http://edcdaac.usgs.gov>>. Acesso em: 28 ago. 2007.
- FRASER, R. H.; LI, Z.; CIHLAR, J. Hotspot and NDVI differencing synergy (HANDS); A new technique for burned area mapping over boreal forest, **Remote Sensing Environment**, v. 74, p.327-640, 2000.
- GOOGLE Disponível em: <<http://maps.google.com.br/maps?ie=UTF-8&hl=pt-BR&tab=wl>>. Acesso em: 10 out. 2008.
- HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 -Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAAVHRR**. 2000. 140p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UNICAMP, Campinas. 2000.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNADES **Cultura do Café no Brasil**. Novo Manual de Recomendações. Varginha: MAPA-Procafé. 2002, 387p.
- 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. **Imagens AVHRR-NOAA para determinação do potencial de incêndios em pastagens**. 2002. 97p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UNICAMP, Campinas. 2002.
- VOLPATO, M. M. L. ; ALVES, H. M. R. ; VIEIRA, T. G. C. ; SOUZA, V. C. O. . Imagens MODIS para determinação de estiagem agrícola em área cafeeira no município de Patrocínio, MG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 2009. CD-ROM.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.