

## VARIAÇÃO TEMPORAL DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DE LAVOURAS CAFEEIRAS UTILIZANDO PRODUTOS DO SENSOR MODIS/TERRA

Walbert Júnior Reis dos Santos<sup>2</sup>, Margarete Marin Lordelo Volpato<sup>3</sup>, Helena Maria Ramos Alves<sup>4</sup>, Tatiana Grossi Chquiloff Vieira<sup>5</sup>, Vanessa Cristina de Oliveira Souza<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café e com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)

<sup>2</sup>Estudante do curso de Agronomia, UFLA, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, walbert\_santos@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Pesquisadora, D. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, margarete@epamig.ufla.br

<sup>4</sup>Pesquisadora, D. Sc., EMBRAPA CAFÉ, Lavras-MG, helena@epamig.ufla.br

<sup>5</sup>Pesquisadora, M. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, tatiana@epamig.ufla.br

<sup>6</sup>Bolsista, EMBRAPA CAFÉ - CBP&D/CAFÉ, Lavras-MG, vanessa@epamig.ufla.br

**RESUMO:** Produtos de sensores remotos e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são poderosas ferramentas que combinadas podem ser utilizadas para diversos fins em atividades agrônomicas e ambientais. O MOD13Q, produto de imagens do sensor MODIS do satélite Terra, fornece o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) utilizado para estimar o vigor da vegetação. O objetivo deste trabalho foi avaliar os valores de NDVI médios de áreas cafeeiras no ano de 2008 e sua relação com a pluviosidade. Os resultados demonstraram ser possível relacionar índices de vegetação obtidos de produtos do sensor MODIS/TERRA com a quantidade pluviométrica e monitorar tanto o vigor vegetativo como déficit hídrico de cafeeiros na região de Três Pontas, MG.

**Palavras-chave:** agrometeorologia, geotecnologia, cafeicultura, NDVI

## EVALUATION OF TEMPORAL VARIATIONS OF THE VEGETATION INDEX OF COFFEE PLANTATIONS USING MODIS/TERRA SENSOR IMAGES

**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 objective of this work was to evaluate mean values of NDVI of coffee plantations during the year 2008 and their relation to precipitation. The results showed that it is possible to relate vegetation indexes, obtained from MODIS/TERRA products, with the amount of precipitation, and to monitor both the vegetative vigor and water deficit of coffee lands of the region of Três Pontas, state of Minas Gerais, in Brazil.

**Key words:** agrometeorology, geotechnology, coffee production, NDVI

## INTRODUÇÃO

Dados provenientes de sensores remotos com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido muito utilizados para o mapeamento, monitoramento, caracterização, estudo da evolução do uso do solo, gerenciamento de propriedades, dentre outras atividades ambientais e agrônomicas, pois, fornecem informações periódicas, de extensas áreas e com menor custo do que as metodologias tradicionais.

O sensor MODIS, é o principal instrumento das plataformas orbitais Terra e Aqua, que foram lançadas com o intuito de estudar os processos de mudanças climáticas, dentro do programa internacional denominado EOS (*Earth Observing System*), liderado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). O sensor MODIS possui 36 bandas espectrais, que segundo Salomonson e Toll (1990) foram projetadas e desenvolvidas para observação de feições das propriedades das nuvens e sua dinâmica, da vegetação na cobertura terrestre e da temperatura da superfície dos oceanos. As características dessas 36 bandas permitiram o desenvolvimento de 44 produtos (Soares, et al., 2007), dentre eles o MOD13Q, que oferece os índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*), que são produzidos globalmente com a resolução espacial de 1 km, 500 e 250 m.

O produto MOD13Q é corrigido atmosféricamente e georreferenciado, disponibilizado em mosaicos de 16 dias, os quais são constituídos pelo valor máximo do Índice de Vegetação daquele período, possibilitando que os mosaicos apresentem-se, em sua maioria, livres de cobertura de nuvem. Segundo Rosa (2007), essas características juntamente com sua periodicidade fazem desse produto uma poderosa ferramenta para os estudos da vegetação.

NDVI é uma relação entre as reflectâncias das bandas do infravermelho próximo e do vermelho e varia de -1 a +1, sendo que valores maiores, segundo Silva, et al. (2007) estão associados à vegetação vigorosa. Segundo Latorre (et al., 2007) a análise multitemporal de imagens NDVI visa eliminar diferenças sazonais do ângulo de elevação solar e minimizar os efeitos da atenuação atmosférica. O NDVI tem sido utilizado basicamente para estimar biomassa e

mudanças no desenvolvimento das comunidades vegetais (Batista et al., 1993; Fraser et al., 2000; Hamada, 2000; Volpato, 2002).

Existem vários trabalhos utilizando dados do produto MOD13Q na agricultura para monitoramento de áreas de cana, estimativa de previsão de safra de café, estimativa de produtividade da soja, estimativa da área plantada com arroz (Aguiar, 2008; Rosa, 2007; Rizzi e Rudorff, 2007; D'Arco, et al, 2007; Rafaelli e Moreira, 2007).

Rosa (2007) a fim de obter a caracterização espectral da cultura do café, avaliou o comportamento do índice de vegetação NDVI oriundo do produto MOD13Q 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 dados pluviométricos e observaram que a pluviometria é um dos fatores mais limitantes do desenvolvimento da vegetação.

Segundo Matiello (2002) as variáveis meteorológicas que mais influenciam no processo de produção de cafeeiros são: temperatura do ar e precipitação e em menor escala ventos, umidade do ar e radiação solar. E que a quantidade e a distribuição de chuvas devem ser monitoradas para que se conheça o desenvolvimento e a produtividade dos cafeeiros com antecedência.

Rosa (2007) utilizou um modelo agrometeorológico espectral para estimar a produtividade e determinar a quebra de produção acumulada por período fenológico de áreas cafeeiras e ressalta que é possível monitorar os efeitos climáticos e identificar seus impactos sobre a lavoura. Além disso, o modelo permitiu determinar o período mais crítico para a cafeicultura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação temporal dos valores de NDVI, fornecidos pelo produto MOD13Q do sensor MODIS do ano de 2008 e sua relação com a pluviosidade.

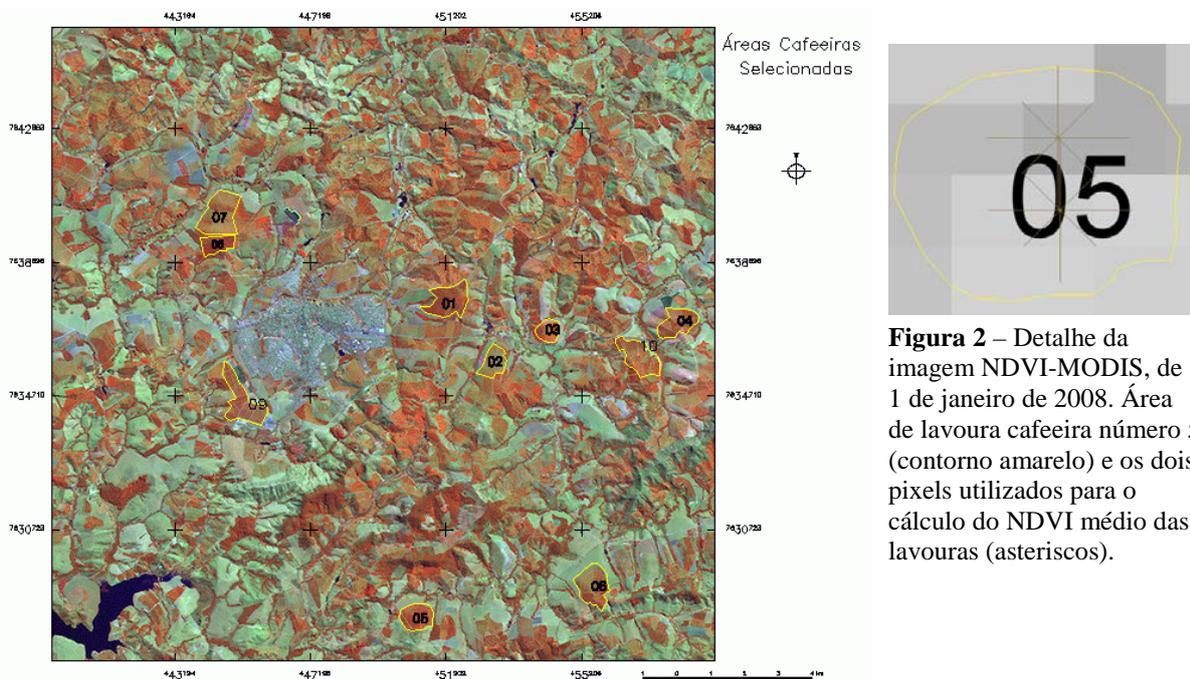
## MATERIAIS E MÉTODOS

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 pela classificação de Köppen é Cwa, ameno, tropical de altitude, com temperaturas moderadas, verão quente e chuvoso.

Para o desenvolvimento do trabalho foram coletados dados de pluviosidade total mensal da estação meteorológica pertencente à COCATREL (Cooperativa Agrícola de Três Pontas), no período de dezembro de 2007 a julho de 2008, quando ocorreu o desenvolvimento e maturação dos frutos de café.

Para o mapeamento das lavouras cafeeiras, foi criado um banco de dados geográfico no SIG Spring 4.3.3 (INPE) com as coordenadas planas limítrofes UTM/WGS84, 439261, 459261; 7626678, 7646678, Fuso 23, Hemisfério Sul, que corresponde ao raio de 10 km da estação meteorológica da COCATREL, onde foram adquiridos os dados de pluviosidade.

O mapeamento das lavouras foi feito por meio da interpretação visual de uma imagem Landsat TM, órbita/ponto 219/75, do dia 16/07/2008 com resolução espacial de 30m, restaurada para 10m. Desse mapeamento foram selecionadas áreas maiores que 10 ha (Figura 1). Esta escolha teve como base a baixa resolução espacial do produto MOD13Q do sensor MODIS, com resolução 250 m, ou seja, um pixel da imagem equivale a 6,25 ha. Para cada imagem do sensor MODIS, foram adquiridos valores do NDVI de dois pixels, escolhidos aleatoriamente dentro do limite das lavouras mapeadas (Figura 2). Foram escolhidas 10 lavouras, perfazendo um total de 20 pixels por imagem. Utilizaram-se os valores de NDVI das imagens MODIS dos dias 1 de janeiro, 23 de março, 23 de maio e 28 de julho do ano de 2008 e aplicou-se o teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

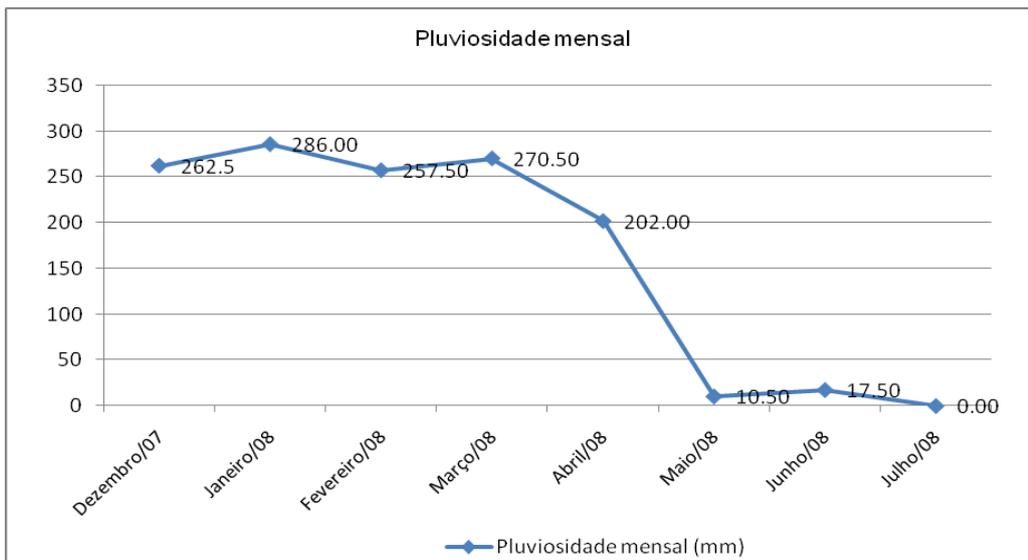


**Figura 2** – Detalhe da imagem NDVI-MODIS, de 1 de janeiro de 2008. Área de lavoura cafeeira número 5 (contorno amarelo) e os dois pixels utilizados para o cálculo do NDVI médio das lavouras (asteriscos).

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

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a variação de pluviosidade total mensal no período de dezembro de 2007 a julho de 2008 em Três Pontas, MG. Observa-se que de dezembro de 2007 a março de 2008 ocorreu mais de 250 mm mensal de pluviosidade, no mês de maio ocorreu 10,5 mm e em julho não houve chuva.



**Figura 3** – Pluviosidade total mensal no período de dezembro de 2007 a julho de 2008 em Três Pontas, MG. Fonte: COCATREL.

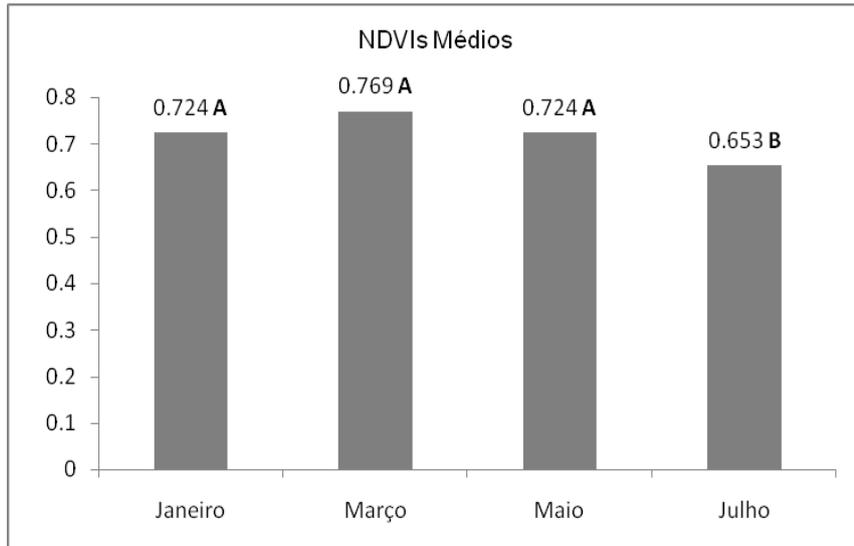
A Figura 4 apresenta as médias de NDVI das lavouras mapeadas na região de Três Pontas, MG, e o resultado do teste de Tuckey a 5% de probabilidade e coeficiente de variação de 9,8%, para o período de janeiro a julho de 2008. Observa-se que os valores de NDVI médio variaram de 0,65 no mês de junho até 0,77 no mês de março. Não houve diferença significativa entre os valores de NDVI de janeiro, março e maio, todavia o mês de julho apresentou diferença significativa dos valores de NDVI. Uma vez que o NDVI demonstra o vigor da vegetação (Crosta, 1992), pode-se afirmar que de janeiro a maio, as lavouras de café não apresentaram perda de vigor vegetativo, a perda de vigor pode ser notada apenas na imagem de julho.

Segundo Silva et al. (2007) embora o NDVI não seja uma medida direta da umidade do solo, estudos anteriores mostram que ele pode ser utilizado para monitorá-la, pois durante períodos de estiagem a cobertura vegetal sofre diretamente os impactos da queda da umidade no solo. A Figura 3 evidencia a afirmação de Silva (2007) uma vez que o mês de julho foi antecedido de dois meses de baixa pluviosidade, junho e maio, com 17,5 mm e 10,5 mm, respectivamente.

Segundo Braga et al. (2003) a vegetação demora de 30 a 60 dias para responder as variações do regime de precipitação pluvial, afirmativa que pode explicar a não diferenciação entre os valores de NDVI de maio, de baixa pluviosidade para os meses de alta pluviosidade, janeiro e março.

De acordo com Matiello (2002) a exigência de chuvas de cafeeiros é bastante variável, de acordo com as fases do ciclo 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 água é pequena e a estiagem não prejudica a produção. Desta forma pode-se assegurar que, para o período estudado ocorreram valores de pluviosidade favoráveis para o desenvolvimento, manejo e colheita dos cafeeiros na região de Três Pontas.

Os resultados obtidos demonstraram ser possível relacionar índices de vegetação obtidos de produtos do sensor MODIS/TERRA, com a quantidade pluviométrica e monitorar tanto o vigor vegetativo como umidade de cafeeiros na região estudada.



**Figura 4** – Valores de NDVI médios obtidos de áreas cafeeiras, no período de janeiro a julho de 2008. Números seguidos de mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou ser possível relacionar índices de vegetação obtidos de produtos do sensor MODIS/TERRA com a quantidade pluviométrica e monitorar tanto o vigor vegetativo como umidade de cafeeiros na região de Três Pontas, MG.

A análise do NDVI obtido de produtos do sensor MODIS/TERRA apresentou potencialidade para quantificação e monitoramento de áreas cafeeiras associadas a ocorrência de estresse hídricos e/ou de ocorrência de adversidades climáticas.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, D. A. ; Rudorff, B. F. T. ; RIZZI, R. ; SHIMABUKURO, Y. E. . MONITORAMENTO DA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE IMAGENS MODIS. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 60, p. 375-383, 2008.
- 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.
- BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; LAWRENCE, W. T. Monitoramento da cobertura florestal através de índice de vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. 1993, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1993, p.30-37.
- 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.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. ed. rev. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.
- D'ARCO, E.; RUDORFF, B.R.T.; RIZZI, R. Índice de vegetação para estimativa de área plantada com arroz irrigado In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J.C. (Eds.): **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos: Ed. Bookimage, p. 123 - 131, 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.
- 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.

- LATORRE, M.L.; SHIMABUKURO, Y.E.; ANDERSON, L.O. Produtos para ecossistemas terrestres (MODLAND). In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J.C. (Eds.): **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos: Ed. Bookimage, p. 23 - 36, 2007.
- LOHMANN, M.; MARTINI, L.; DEPPE, F.; Monitoramento da evolução temporal da cultura da soja no estado do Paraná utilizando imagens do sensor MODIS. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Abril, 2007. Florianópolis, SC, **Anais...** 2007
- 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.
- MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 1. ed. São José dos Campos – SP, INPE, 2001. 250 p.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 425p.
- RAFAELLI, D. R.; MOREIRA, A. M. Detecção de geada em lavouras de café In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J.C. (Eds.): **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos: Ed. Bookimage, p. 145 - 151, 2007.
- 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.
- SALOMONSON, V. V.; BARKER, J. K. EOS Execution phase (C/D) spectral band characteristics of the EOS Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS-N) facility instrument, **Advances in Space Research**, v. 2, n.3, p. 231-236, 1990.
- SILVA, M. R.; RIBEIRO, M. G.; CENTENO, J. A. S.; Monitoramento de estiagens com imagens MODIS. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Abril, 2007. Florianópolis, SC, **Anais...** 2007
- SOARES, F. S.; FREITAS, L. F.; GOMES-LOEBMANN, D.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, O. A. Valorização das unidades de paisagem a partir das áreas irrigadas por pivô central na bacia do Rio Preto In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Abril, 2007. Florianópolis, SC, **Anais...** 2007
- 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.