

# Memorias



Sociedad Latinoamericana en  
Percepción Remota y Sistemas  
de Información Espacial  
Capítulo Colombia

**30**  
AÑOS

Medellín, Colombia  
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014



**Análise da bienalidade do café a partir de dados espectrais**

**Analysis of coffee biennial bearing effect from spectral data**

**Rafael Carlos Bispo**

Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola

Av. Candido Rondon, 501, Barão Geraldo, Campinas/SP, Brasil

rafael.bispo@feagri.unicamp.br

Doutorando em Engenharia Agrícola

**Rubens Augusto Camargo Lamparelli**

Universidade Estadual de Campinas – Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético;

Faculdade de Engenharia Agrícola

Rua Cora Coralina, 330, Barão Geraldo, Campinas/SP, Brasil

rubens.lamparelli@gmail.com

Pesquisador; Professor do Programa de Pós-Graduação

**Jansle Vieira Rocha**

Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola

Av. Candido Rondon, 501, Barão Geraldo, Campinas/SP, Brasil

jansle.rocha@feagri.unicamp.br

Professor titular

**Éder Ribeiro dos Santos**

Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda

Avenida Dr. Antonio Pereira Lima, 762, Centro, Monte Santo de Minas/MG, Brasil

edergeocooxupe@com4.com.br

Coordenador de Geoprocessamento

## **Resumo**

O objetivo deste estudo foi compreender o comportamento dos dados espectrais de imagens de satélite em relação à bienalidade do café com auxílio de dados meteorológicos. Foram utilizadas séries temporais de 2004 a 2012 do infravermelho próximo e dos índices de

vegetação do sensor Modis. Além disso, foi gerado o balanço hídrico do período a partir de dados de temperatura do ar e precipitação medidos por estação meteorológica. Para estabelecer a relação entre valores espectrais e bienalidade, foram calculadas correlações entre valores médios de pixels selecionados e produção de café em cada ano-safra. Os resultados mostraram que, durante o período de colheita, os valores espectrais acompanham de maneira inversa a quantidade produzida de café, ou seja, quanto maior a produção menor os valores espectrais, devido ao desfolhamento da planta. O infravermelho próximo apresentou melhor correlação com a produção, tendo Coeficiente de Correlação Linear de Pearson ( $r$ ) igual a  $-0,84$  e Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ),  $0,70$ . Concluiu-se que a utilização de dados Modis é promissora para o monitoramento da bienalidade do café, apesar de sua baixa resolução espacial. A integração do balanço hídrico na análise permitiu constatar a interferência de longos períodos de estiagem sobre o crescimento vegetativo da planta.

**Palavras-chaves:** Balanço hídrico, *Coffea sp*, Modis, Sensoriamento remoto.

### **Abstract**

The objective of this study was to understand the behavior of the spectral data from satellite imagery in relation to the coffee biennial bearing effect with help of meteorological data. We used time series from 2004 to 2012 of near-infrared and vegetation indices derived from Modis sensor. In addition, the water balance was generated from air temperature and precipitation data measured by weather station. In order to establish the relationship between spectral values and biennial bearing effect, correlations indices were calculated between average values of selected pixels and coffee production in every crop year. The

results indicated that, in harvest season, there is an inverse relationship between the spectral values and the quantity of coffee produced, in other words, the higher coffee production the lower spectral values due to the crop defoliation. Near-infrared showed the best correlation with production, with Pearson correlation coefficient ( $r$ ) of -0.84 and coefficient of determination ( $r^2$ ) of 0.70. We concluded that using Modis data is an effective way to carry out the coffee biennial bearing effect monitoring, despite its low spatial resolution. The integration of water balance data in the analysis revealed the interference of long periods of drought on the vegetative growth.

**Keywords:** Water balance, *Coffea sp*, Modis, Remote sensing.

### **Introdução**

Uma característica marcante no cafeeiro é a bienalidade, ou seja, seu ciclo de desenvolvimento bianual. Segundo Camargo & Fahl (2001), devido às peculiaridades das funções vegetativas e reprodutivas da planta, existem, alternadamente, anos de alta produção e anos de baixa produção. O crescimento dos frutos absorve maior parte do fotoassimilado produzido pela planta durante a fotossíntese, diminuindo o desenvolvimento vegetativo. No ano seguinte, entretanto, o fruto se desenvolve nas partes novas dos ramos, sendo o crescimento desses novos ramos dependente da quantidade de frutos desenvolvidos nos ramos do ano anterior.

O clima é um fator fundamental na interferência da bienalidade produtiva e, portanto, na qualidade da produção, já que o déficit hídrico é capaz de alterar o metabolismo da planta (Picini *et al.* 1999). As oscilações e frustrações da produção de café no Brasil são causadas, na maioria das vezes, pela variabilidade climática. As relações entre

os parâmetros climáticos e a produção agrícola são bastante complexas, uma vez que fatores ambientais afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas sob diferentes formas durante as fases de crescimento da cultura do café (Camargo & Camargo 2001).

Além disso, o cultivo de café no Brasil não apresenta um padrão característico de manejo e de tamanho de lavouras, as quais podem ser implantadas tanto em relevo plano quanto em encostas e topos de morros, com variedades de diferentes portes e espaçamento variável (Moreira *et al.* 2008). Dessa forma, estes fatores, juntamente com a bienalidade, configuram um grande desafio para o mapeamento e monitoramento agrícola via sensoriamento remoto, pois pode haver variação de resposta espectral para determinadas situações de cultivo do café.

Um dos primeiros estudos com resultados satisfatórios para o mapeamento da cultura do café foi realizado por Tardin *et al.* (1992) em uma área de testes em Alfenas, no Sul de Minas Gerais, utilizando imagens Landsat/TM e a técnica do algoritmo Máxima Verossimilhança. As técnicas para monitoramento e estimativa de produtividade do café vêm se desenvolvendo principalmente com o uso de séries temporais de índices de vegetação para descrever a fenologia do café, tais como derivadas do sensor Modis, que apesar da baixa resolução espacial, possui alta resolução temporal e distribuição gratuita das imagens (Bernardes *et al.* 2012, Couto Júnior *et al.* 2013).

No Brasil, os principais trabalhos de mapeamento e monitoramento agrícola sistemático do café são desenvolvidos pela Conab – Companhia Nacional de Abastecimento e pelo Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Na Conab, o mapeamento do café tem por objetivo contribuir com o fortalecimento da capacidade de produzir e divulgar previsões relevantes, oportunas e precisas da produção agrícola

nacional. A localização das áreas de cultivo permite quantificar, acompanhar a dinâmica do uso do solo e auxiliar no monitoramento agrometeorológico, em que há um acompanhamento mensal de parâmetros como precipitação acumulada, desvio da precipitação com relação à média histórica e temperatura, de acordo com a fase fenológica predominante (Companhia Nacional de Abastecimento [Conab] 2014).

Já o Inpe desenvolveu o projeto Cafesat, que teve por objetivo espacializar as lavouras de café e o monitoramento das mesmas nos estados de Minas Gerais e São Paulo, através de interpretação visual de imagens Landsat/TM, cuja metodologia detalhada deste projeto encontra-se em Moreira *et al.* (2008).

Nesse contexto, sabendo da relação existente entre crescimento vegetativo e produção de grãos de café, o objetivo deste estudo foi compreender o comportamento dos dados espectrais derivados de imagens de satélite em relação à bienalidade da cultura cafeeira com o auxílio de dados meteorológicos.

## **Metodologia**

### *Área de estudo*

A área de estudo é o município de Monte Santo de Minas, localizado na região Sul do Estado de Minas Gerais (Figura 1). Apresenta relevo bastante ondulado com serras e planaltos elevados, característico da região da Serra da Mantiqueira. A vegetação é marcada pela transição entre Mata Atlântica e Cerrado. O clima é subtropical de altitude (classificação climática de Köppen-Geiger: Cwa), com inverno ameno, podendo ocorrer geadas durante o inverno e verão quente e úmido. A temperatura média anual é de 20,6 C° e precipitação média anual de 1690 mm, concentrada entre os meses de dezembro e

fevereiro. As principais classes de solo presentes no município são Latossolo, Neossolo, Luvisso e Argissolo.

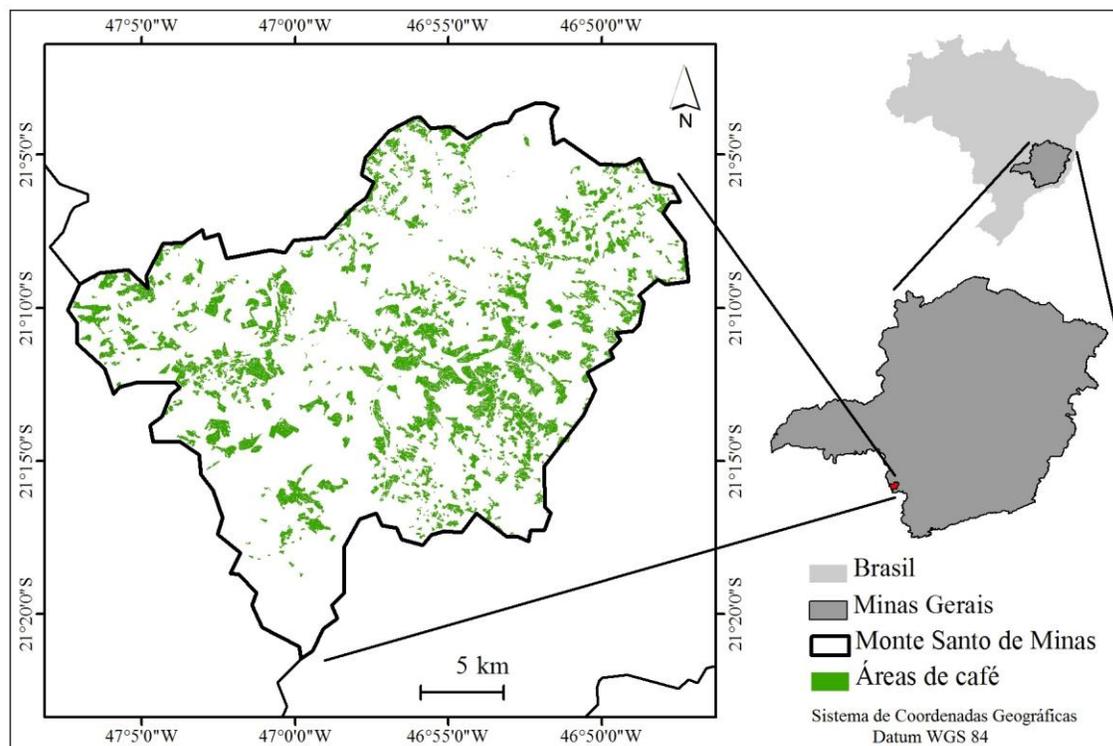


Figura 1. Localização da área de estudo: município de Monte Santo de Minas/MG.

### *Materiais e Metodologia*

Neste estudo, foi considerada a série temporal de 2004 a 2012 de imagens do sensor Modis – *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, a bordo da plataforma Terra, produtos MOD13Q1: NIR – *Near-Infrared* e os índices de vegetação NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index* e EVI – *Enhanced Vegetation Index*. Todas as imagens possuem resolução espacial de aproximadamente 250 metros (239,9 m x 249 m) e resolução temporal de 16 dias e são disponibilizadas gratuitamente pela Nasa (*National Aeronautics and Space Administration*) através do site <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.

Vale ressaltar que as imagens não necessitam de qualquer tipo de correção, pois já passaram previamente por correções atmosférica, geométrica e radiométrica (Soares *et al.* 2007).

A escolha pela banda NIR para o monitoramento se dá em razão da alta refletância do café nesta região espectral, pois como afirmam Zhan *et al.* (2002) os intervalos de comprimentos de onda vermelho e infravermelho próximo estão entre as mais importantes regiões espectrais para o sensoriamento remoto da vegetação.

O NDVI é um dos índices de vegetação mais utilizado para análise das culturas agrícolas e foi proposto por Rouse *et al.* (1973), sendo calculado pela Equação 1. Devido às propriedades da vegetação verde, o NDVI é um indicador direto da atividade fotossintética da planta. Dessa forma, parâmetros como estresse hídrico podem ser monitorados com êxito através da análise dos valores de tal índice (Rojas 2007).

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_{VER}}{\rho_{IVP} + \rho_{VER}} \quad (1)$$

onde,  $\rho_{IVP}$  é o fator de refletância bidirecional no infravermelho próximo e  $\rho_{VER}$  é o fator de refletância bidirecional no vermelho.

O EVI (Equação 2) foi desenvolvido para uso com dados do sensor Modis. Trata-se do NDVI modificado, contendo um fator de ajuste para solos (L) e dois coeficientes ( $C_1$  e  $C_2$ ), os quais descrevem o uso da banda azul para correção da banda vermelha quanto ao espalhamento atmosférico por aerossóis (Jensen 2009).

$$EVI = G * \frac{\rho_{IVP} - \rho_{VER}}{\rho_{IVP} + C_1 * \rho_{VER} - C_2 * \rho_{AZL} + L} \quad (2)$$

onde:  $\rho_{AZL}$  é o fator de refletância bidirecional no azul;  $G$  é o fator de ganho;  $C_1$  e  $C_2$  são coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis na atmosfera;  $L$  é o fator de ajuste do solo. Os coeficientes usados são  $G = 2,5$ ;  $C_1 = 6$  e  $C_2 = 7,5$  e  $L = 1$ .

Como apoio na identificação das áreas de plantio de café, foi utilizada uma máscara feita através de classificação visual de uma imagem do satélite Spot 5, com resolução espacial de 5 metros. Esta máscara data do segundo semestre de 2006 e foi disponibilizada pela Cooxupé – Cooperativa Regional de Cafeicultores de Guaxupé.

Para gerar os gráficos espectrais de café em toda série temporal, fez-se necessário selecionar o maior número de *pixels* do Modis com pelo menos 80% de café em sua composição. Esta opção por 80% de café contido nos *pixels* do Modis foi adotada pelo critério de boa distribuição espacial dos *pixels* no município. A técnica empregada nesta etapa foi transformar os *pixels* do Modis em polígonos e assim cruzar com a máscara de café (Figura 2). Devido ao arruamento entre os talhões das lavouras, a porcentagem máxima de café contida nos *pixels* do Modis foi de 97,64 %.

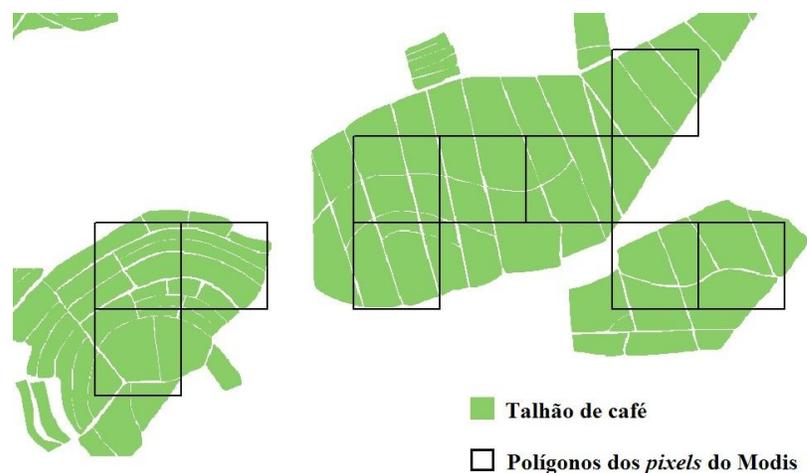


Figura 2. Exemplos de *pixels* Modis transformados em polígonos sobrepostos à máscara de café.

No total, foram selecionados 428 *pixels* com pelo menos 80% de café, dos quais foram extraídos os valores médios de NIR, EVI e NDVI para geração dos perfis temporais.

Paralelamente aos dados de sensoriamento remoto, utilizaram-se também dados diários de precipitação (mm) e de temperatura do ar (°C) máxima e mínima da estação meteorológica localizada no município de Monte Santo de Minas, 21°11'53"S e 46°57'58"O, 908 m de altitude. Estes dados também foram disponibilizados pela Cooxupé.

Os dados meteorológicos de temperatura do ar e precipitação foram organizados de maneira correspondente a resolução temporal das imagens Modis, a cada 16 dias. Dessa forma, para cada imagem do Modis teve-se o valor médio de temperatura do ar e o valor do acumulado de precipitação. Estes dados foram utilizados para geração do balanço hídrico climatológico, que foi calculado em planilha "EXCEL\_MICROSOFT" conforme Rolim *et al.* (1998), considerando uma capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, capaz de atender uma grande variedade de culturas e diversas aplicações hidrológicas.

Para fins de análise da bienalidade do café, optou-se por apresentar os valores médios de NIR, EVI e NDVI com os dados do balanço hídrico, divididos em quatro fases da bienalidade: Vegetativo e Reprodutivo para os períodos de recuperação do café e Baixa Produção e Alta Produção para os períodos de colheita.

Esta divisão levou em consideração os meses que vão de setembro a abril, período aproximado de recuperação após a colheita, podendo ser Vegetativo ou Reprodutivo e os meses de colheita entre maio e agosto, podendo ser de Alta ou Baixa Produção. Esta divisão das informações resultou em quatro bienalidades: 28/08/2004 a 28/08/2006; 29/08/2006 a 27/08/2008; 28/08/2008 a 28/08/2010; 29/08/2010 a 27/08/2012.

A Figura 3 resume os procedimentos metodológicos empregados para o monitoramento da bienalidade do café.

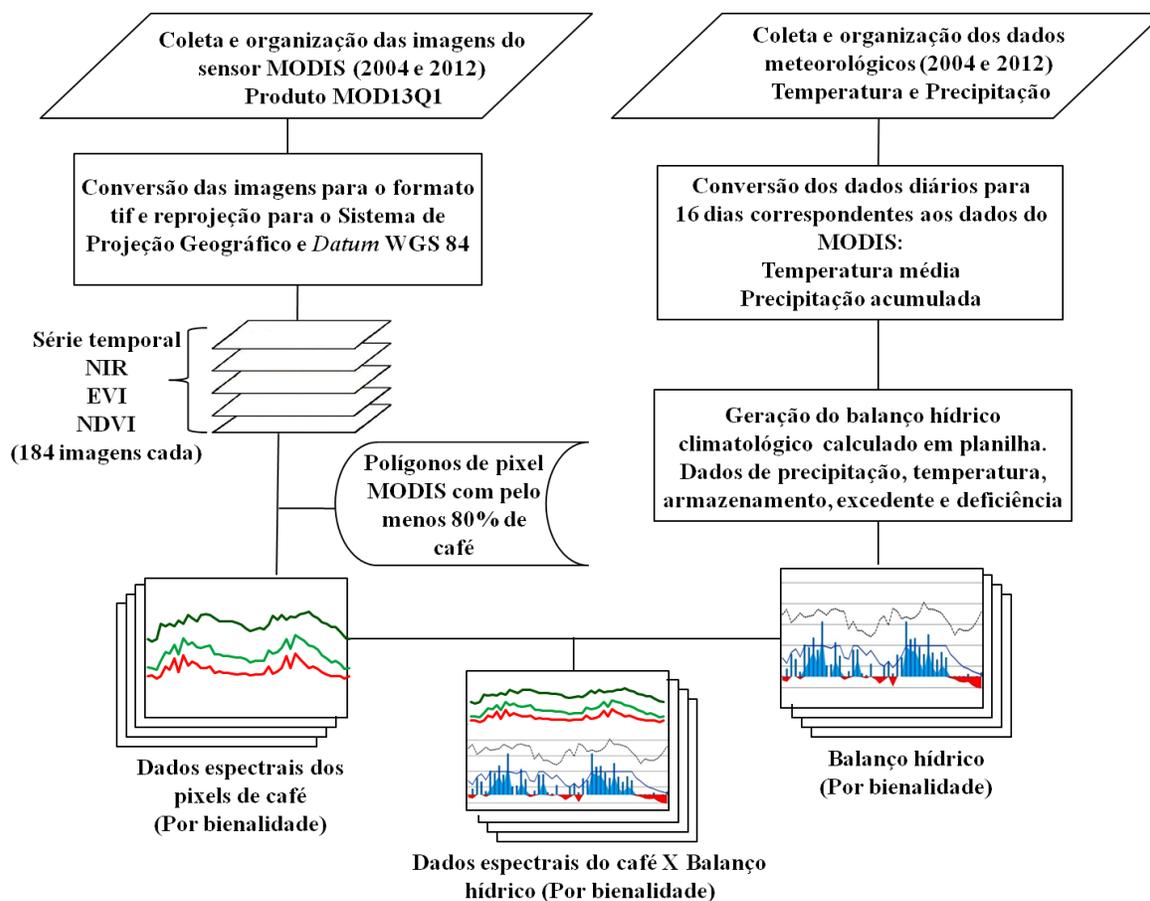


Figura 3. Fluxograma da metodologia para o monitoramento da bienalidade do café.

## Resultados e Discussões

De acordo com a Figura 4, é possível observar que os valores médios do NIR e do EVI dos *pixels* de café acompanham o ciclo produtivo da cultura, isto é, maiores valores entre os meses de setembro e abril e menores valores entre os meses de maio e agosto.

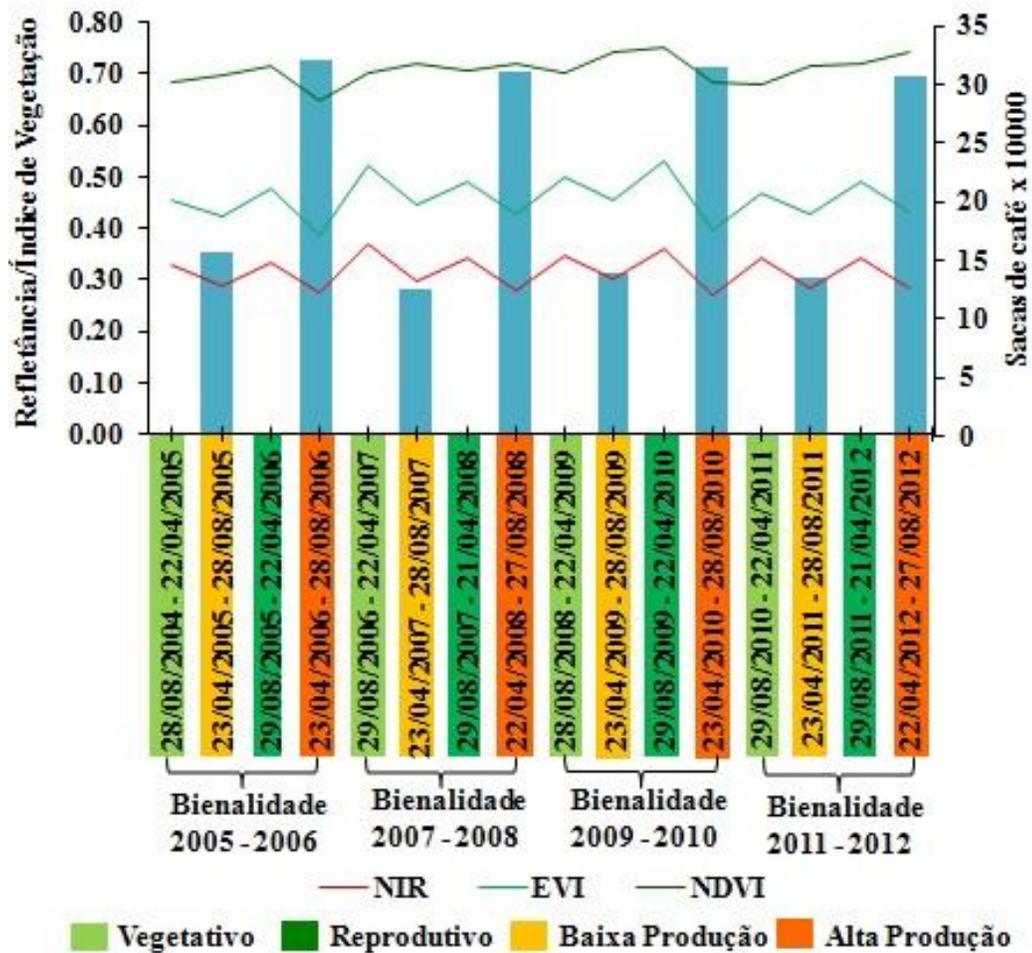


Figura 4. Produção de café e valores médios de NIR, EVI e NDVI dos *pixels* de café distribuídos de acordo com os períodos da bienalidade.

Tal explicação está no fato de que durante os meses de recuperação do café tem-se a maior incidência de chuvas potencializando o vigor vegetativo do cafeeiro, deixando-o mais enfolhado e que se traduz no aumento dos valores do NIR e do EVI. Já para os meses de colheita, soma-se o período de estiagem que acaba por agravar ainda mais o desfolhamento, fazendo com que haja uma queda nos valores espectrais.

Como o NIR exerce um peso maior sobre a equação do EVI, ambos foram mais aptos a indicar as variações na estrutura foliar do café do que o NDVI. Esta observação pode ser confirmada na correlação entre os valores médios de NIR, EVI e NDVI durante os meses de colheita e os dados da produção municipal, fornecidos pela Cooxupé (Tabela 1).

Tabela 1. Correlação dos valores médios de NIR, EVI e NDVI do período de colheita com os dados de produção de café do município de Monte Santo de Minas/MG.

	<b>NIR</b>	<b>EVI</b>	<b>NDVI</b>
<b>Coefficiente Linear de Pearson (r)</b>	-0.84	-0.68	-0.40
<b>Coefficiente de Determinação (r<sup>2</sup>)</b>	0.70	0.47	0.16

De acordo com a Tabela 1, é possível afirmar que os dados de refletância do NIR apresentam as melhores correlações com os dados de produção, traduzindo melhor a relação entre desfolhamento e produção de café.

Com o objetivo de aprofundar a análise dos dados espectrais dos *pixels* de café através da influência dos elementos climáticos, tem-se a seguir a integração do balanço hídrico divididos por ciclo bienal.

Para a bienalidade correspondente as safras de 2005 e 2006 (Figura 5), observa-se uma estiagem mais prolongada durante o período de colheita de 2006 do que na colheita de 2005. Assim, além da colheita em ano de Alta Produção ser mais severa para o pé de café ao desfolhá-lo mais, soma-se a estiagem mais prolongada. Esta situação é representada na queda maior dos valores espectrais durante a colheita de 2006, se comparado a de 2005.

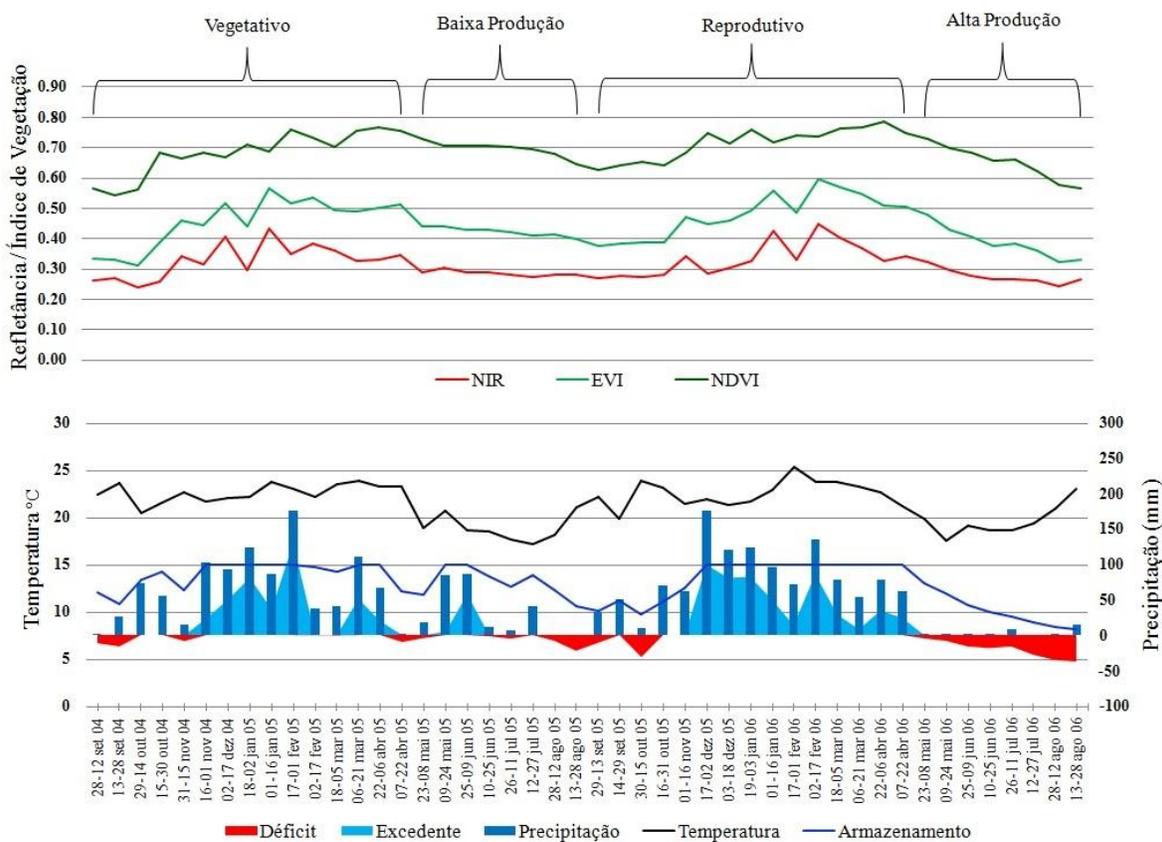


Figura 5. Dados espectrais de NIR, EVI, NDVI e do balanço hídrico da bienalidade de 2005 e 2006.

Na bienalidade de 2007 e 2008 (Figura 6), a retomada do crescimento (Vegetativo) após a estiagem iniciada em maio de 2006, se deu de forma acentuada em decorrência do grande volume de chuva atingindo o pico de excedente hídrico nos primeiros 16 dias de janeiro de 2007 com mais de 220 mm. Em seguida, após o final do período de colheita (Baixa Produção) o excedente hídrico deu lugar à estiagem com déficit hídrico de 53,6 mm e altas temperaturas no começo do mês de setembro de 2007 (média de 26,4° C). Esses elementos climáticos refletem na tardia recuperação dos valores espectrais dos *pixels* de

café justamente no período Reprodutivo onde se inicia a floração, seguida pela formação dos chumbinhos e expansão dos grãos, até seu tamanho normal. Segundo Camargo & Camargo (2001), havendo estiagem forte nessa fase, o estresse hídrico prejudicará o crescimento dos frutos, resultando em peneira baixa. Esse fato vem ao encontro da queda de produção de 10.000 sacas em 2008 em relação ao ano de 2006, ambos de Alta Produção.

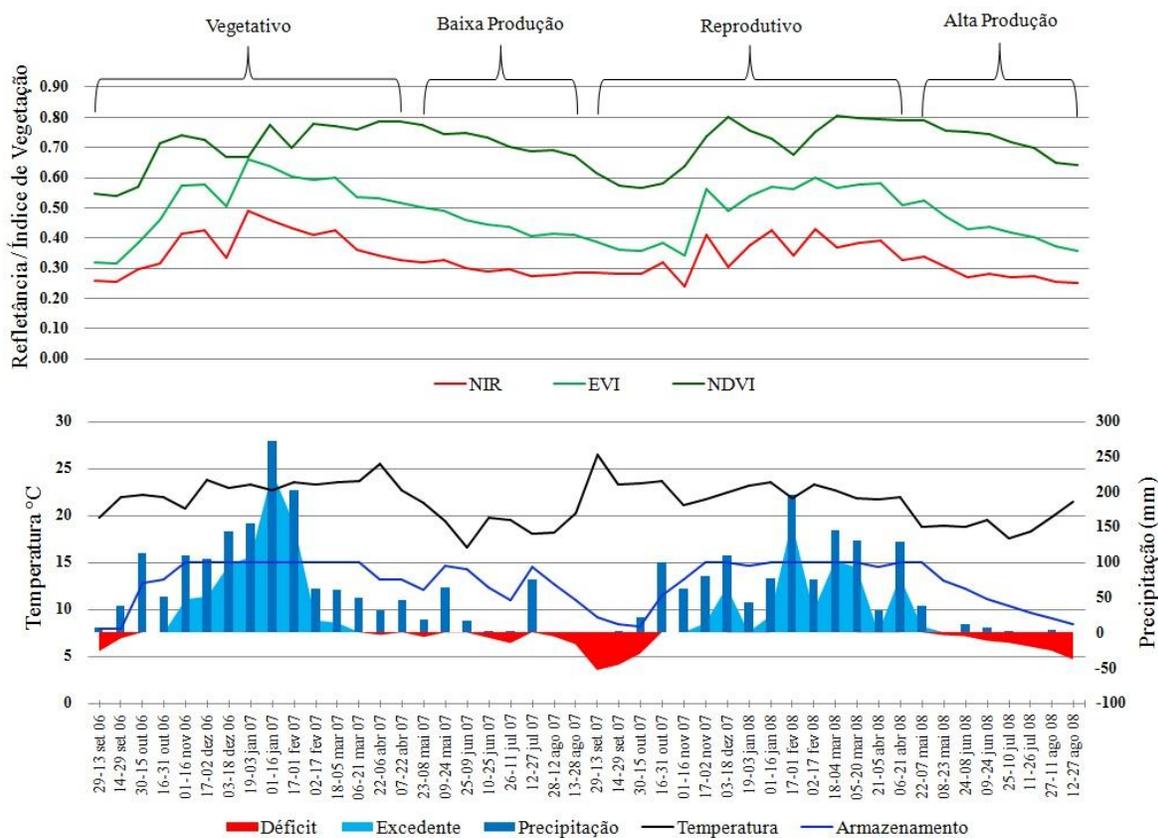


Figura 6. Dados espectrais de NIR, EVI, NDVI e do balanço hídrico da bialidade de 2007 e 2008.

Na Figura 7, a bialidade de 2009 e 2010 apresenta dois fatos importantes. O primeiro é a elevada precipitação acumulada no verão de 2010, com destaque para a

primeira quinzena de dezembro acumulando 276,5 mm, o maior de toda a série temporal analisada. Esse período de chuva resultou numa queda brusca dos valores de NDVI do dia 03 a 18 de dezembro de 2010. Ao verificar o nível de confiabilidade da imagem desta data, constatou-se que 69% dos *pixels* tinham presença de nuvem, descartando qualquer hipótese desta queda ser um fenômeno diretamente relacionado ao café e sim um ruído na imagem.

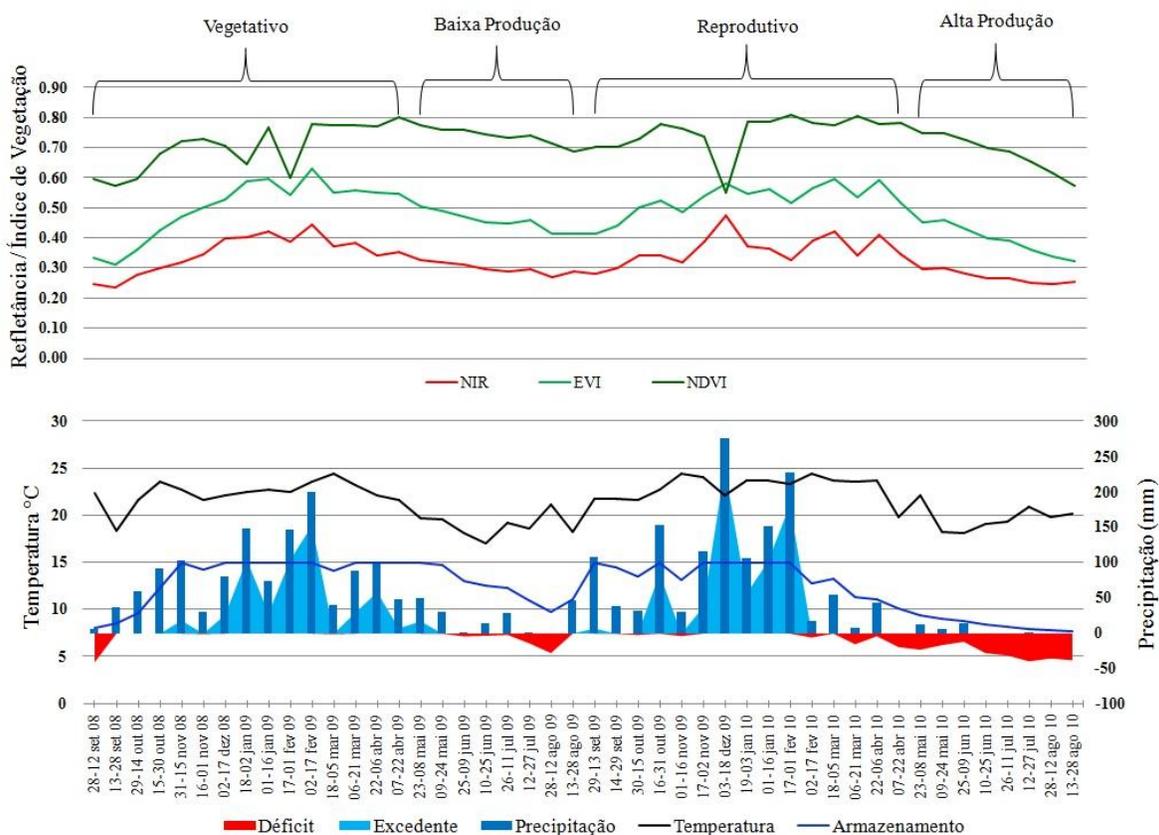


Figura 7. Dados espectrais de NIR, EVI, NDVI e do balanço hídrico da bienalidade de 2009 e 2010.

O segundo ponto é novamente uma estiagem iniciada entre fevereiro e março de 2010 e se estendendo até setembro do mesmo ano. Esta seca proporcionou o mais baixo

nível de armazenamento de água no solo, com 1,77 mm ainda no final da colheita de 2010. Esta estiagem somada ao fato de ser um ano de colheita de Alta Produção, fez com que os dados espectrais atingissem os menores registros da série temporal no final de setembro de 2010 (Figura 8).

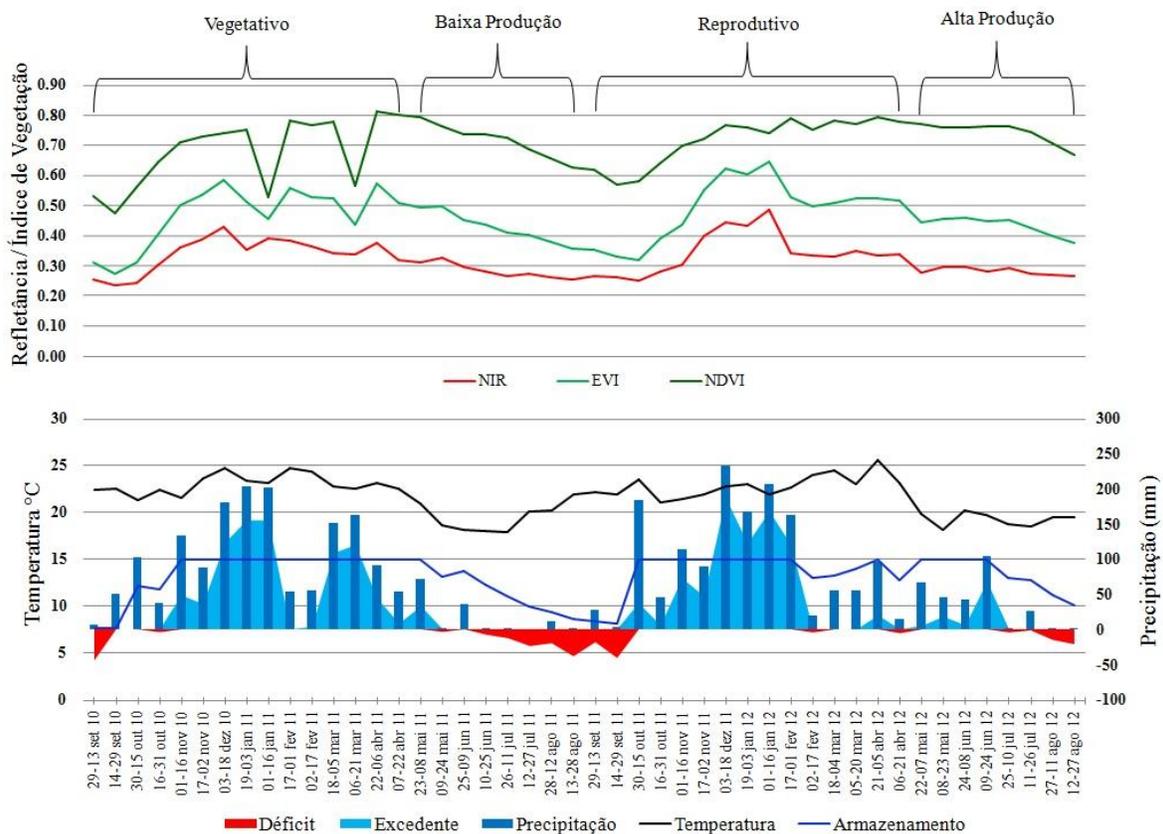


Figura 8. Dados espectrais de NIR, EVI, NDVI e do balanço hídrico da bialidade de 2011 e 2012.

Na última bialidade analisada (Figura 8), de 2011 e 2012, novamente observa-se que os dados Modis apresentam quedas bruscas, principalmente o NDVI e EVI no começo de janeiro e março de 2011. Nas duas datas foram encontradas a presença de nuvens nos

*pixels*, 69% e 75%, respectivamente. Isto possibilitou eliminar qualquer fenômeno ligado à queda do vigor vegetativo do café. O segundo dado a destacar é a estiagem entre junho e setembro acompanhada de temperaturas médias altas, o que desencadeou na diminuição do armazenamento de água no solo, 8,7 mm. Esse fato intensificou a perda de folhas expressando os baixos valores médios dos *pixels* de café.

### **Conclusão**

De maneira geral, os resultados deste trabalho mostraram que, apesar da baixa resolução espacial do sensor Modis, é possível a sua utilização para o monitoramento da cafeicultura. Nesse sentido, observou-se que os dados espectrais foram capazes de indicar as fases da bienalidade do café.

Ao analisar individualmente os produtos Modis, observou-se que tanto o NIR quanto o EVI foram mais próximos às mudanças estruturais sofridas pelo café, isto é, indicando através das oscilações dos dados espectrais o processo de desfolhamento e enfolhamento do cafeeiro. Ao calcular a correlação entre os dados espectrais no período de colheita com os dados de produção, a refletância média do NIR foi mais satisfatória do que os índices de vegetação. Tal fato indicou maior sensibilidade dos dados de refletância do NIR para com o processo de desfolhamento sofrido pela planta durante os períodos de colheita, sendo de Baixa ou de Alta Produção.

Outro aspecto importante foi que a utilização do balanço hídrico se mostrou crucial para refinar as análises a respeito das variações dos valores espectrais e da sua relação com os estádios do café.

## Referências Bibliográficas

- Bernardes, T., Moreira, M.A., Adami, M., Giarolla, A., & Rudorff, B.F.T. (2012). Monitoring Biennial Bearing Effect on Coffee Yield Using Modis Remote Sensing Imagery. *Remote Sensing*, 4, 2492-2509.
- Camargo, A.P., & Camargo, M.B.P. (2001). Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, 60(1), 65-68.
- Camargo, M.B.P., & Fahl, J.I. (2001). Seca afeta produção de café deste ano e pode comprometer safra futura. *Folha Rural*, 278, 10-11.
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2014). Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Segundo Levantamento. [Versão eletrônica]. Disponível em [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_05\\_20\\_08\\_49\\_17\\_boletim\\_mai-2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_20_08_49_17_boletim_mai-2014.pdf)
- Couto Júnior, A.F., Carvalho Júnior, O.A., Martins, É.S., & Guerra, A.F. (2013). Phenological characterization of coffee crop (*Coffea arabica* L.) from Modis time series. *Revista Brasileira de Geofísica*, 31(4), 569-578. doi:10.1590/rbgf.v31i4.338
- Jensen, J.R. (2009). *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres* (Ephiphanio, J.C. et al., Trad.). São José dos Campos: Parênteses.
- Moreira, M.A., Barros, M.A., & Rudorff, B.F.T. (2008). Geotecnologias no mapeamento da cultura do café em escala municipal. *Sociedade & Natureza*, 20(1), 101-110.
- Picini, A.G., Camargo, M.B.P., Ortolani, A.A., Fazuoli, L.C., & Gallo, P.B. (1999). Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. *Bragantia*, 58(1), 157-170.

- Rolim, G.S., Sentelhas, P.C., & Barbieri, V. (1998). Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 6(1), 133-137.
- Rojas, O. (2007). Operational maize yield model development and validation based on remote sensing and agro-meteorological data in Kenya. *International Journal of Remote Sensing*, 28(17-18), 3775-3793.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium* (pp. 309–317).
- Soares, J.V., Batista, G.T., & Shimabukuro, Y.E. (2007). Histórico e Descrição. In Rudorff, B.F.T., Shimabukuro, Y.E., & Ceballos, J.C. (Orgs.), *O Sensor Modis e suas Aplicações Ambientais no Brasil* (pp. 3-21). São José dos Campos: Parênteses.
- Tardin, A.T.I., Assunção, G.V., & Soares, J.V. (1992). Análise preliminar de imagens TM visando a discriminação de café, citrus e cana-de-açúcar na região de Furnas - MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27(9), 1355-1361.
- Zhan, X., Sohlberg, R.A., Townshend, J.R.G., Dimiceli, C., Carroll, M.L., Eastman, J.C., ... Defries, R.S. (2002). Detection of land cover changes using Modis 250 m data. *Remote Sensing of Environment*, 83, 336-350.