

Mapeamento do cultivo de café no sul de Minas Gerais utilizando imagens Landsat-5 TM

Daniel Fernando Costa do Prado¹
Rúbia Gomes Morato¹
Ericson Hideki Hayakawa²
Fernando Shinji Kawakubo¹

¹Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG
Av. Jovino Fernandes Sales, 2600, Santa Clara - Alfenas/MG, CEP: 37130-000, Brasil.
{danfernando010, rubiagm, fskgeo}@gmail.com

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.
Rua Pernambuco, 1777, Centro – Marechal Cândido Romdon/PR, CEP 85960, Brasil.
ericson_geo@yahoo.com.br

Abstract. This work aims to map the coffee crops in Southern Minas Gerais, more specifically in a region covered by the municipalities of Muzambinho, Cabo Verde and Monte Belo. We used Landsat-5 Thematic Mapper images of band TM3, TM4 and TM5 from path/row 219/75 taken in the dry season. The classification was made by the following four steps: 1) first, the images were geometrically corrected using as reference a topographic chart of scale 1: 50.000 (IBGE); 2) to reduce the differential terrain illumination on satellite images, a simple method of cosine correction was applied on the images using a digital elevation model (DEM) derived from the topographic chart; 3) then, the images were segmented using a region-growing algorithm; 4) lastly, the segments were grouped by adopting a supervised classifier by region named Bhattacharya. The results show that the adopted procedures were very useful for mapping the coffee crops. The topographic normalization showed to be effective, since it contributed to reduce the differential terrains illumination and increase the segmentation performance as well. Using reference information acquired by means of topographic charts, field campaign and Google Earth, a training sample set was collected to perform the classification. Two coffee classes were discriminated: coffee-1 (coffee in formation) and coffee-2 (production coffee). Although, there have been some misclassification (inclusion and exclusion errors) involving mainly coffee-1 with coffee 2 and coffee-2 with forest, the classification results were considered satisfactory and showed the potential of the medium spatial resolution satellite images for mapping the coffee crops.

Palavras-chave: Landsat-5, image classification, topographic normalization, coffee crops, Landsat-5, classificação de imagem, normalização topográfica, cultura de café.

1. Introdução

O sensoriamento remoto consiste numa das principais tecnologias de apoio aos estudos agrícolas, fornecendo informações valiosas a respeito do uso da terra e de suas dinâmicas, dos estados fenológicos dos cultivos e dos diferentes manejos adotados.

Atualmente, com a disponibilidade de novos sistemas sensores, os estudos agrícolas por meio de sensoriamento remoto apresentam uma ampla gama de aplicações que se estendem da escala de detalhe (Moreira et al. 2007; Ramirez e Zullo Júnior, 2010) aos estudos regionais (Bernardes et al. 2012)

Em função da demanda crescente de café no mercado nacional e do aumento da receita cambial gerada pela exportação, o desenvolvimento de técnicas destinadas ao mapeamento desta importante cultura é fundamental para apoiar o planejamento agrícola. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), no ano de 2010, o estado de Minas Gerais contribuiu com 52,3% da produção nacional, sendo a região sul do Estado, responsável por mais da metade desta parcela (50,2%).

A produção de café no sul de Minas Gerais - conhecida como região cafeicultora de montanha - é praticada de maneira bastante diversificada, variando de tamanho e na forma de produção (Kawakubo e Morato, 2012). Enquanto as grandes propriedades possuem em média,

50 hectares de área plantada, as médias e pequenas propriedades possuem entre 20 e 50 e entre 3 e 20 hectares, respectivamente. A mão de obra empregada também é bastante diversificada, podendo ser mecanizada, por meio de contratos temporários ou de base familiar.

Em função da diversidade do cultivo do café - resultante dos diferentes tamanho dos cultivares, formas de plantio, idade, manejos adotados e disposições do relevo - o mapeamento da cultura de café por meio de sensoriamento remoto não é uma tarefa trivial, apresentado como complicador a sua grande diversidade espectral (Tardin et al. 1992; Epiphanyo et al. 1994; Moreira et al. 2004; Vieira et al. 2007).

Tradicionalmente, o mapeamento do café é feito de maneira subjetiva, se apoiando nos elementos de reconhecimento da fotointerpretação (Ceron e Diniz, 1966.) Tal atividade, além de requerer bastante experiência do fotointérprete, é bastante demorada e custosa. Portanto, o desenvolvimento e aplicações de métodos alternativos que fazem uso de técnicas computacionais como forma de aprimorar os levantamentos da produção cafeeira é de suma importância, não apenas para as pesquisas científicas, mas também para o setor produtivo. Isto porque conforme explica Moreira (2004), um dos aspectos que se deve considerar nas políticas agrícolas é a definição de um sistema de previsão de safra eficiente que atenda as necessidades de planejamento e de comercialização. Isto é necessário para evitar que o agronegócio do café fique à mercê de especulações internas e externas, o que acaba refletindo para a sociedade.

Visando contribuir com os estudos de sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do café, o presente trabalho tem como objetivo classificar diferentes cultivos café no sul de Minas Gerais, mais especificamente em Muzambinho, utilizando as imagens multiespectrais do satélite Landsat-5 *Thematic Mapper* (TM).

2. Área de Estudo

Na região de Muzambinho, Cabo Verde e Monte Belo, a produção de café é feita principalmente por pequenos e médios produtores em áreas de relevo acentuado. Segundo dados do IBGE (2007), Muzambinho possui uma área plantada de 7 mil hectares de café. A produção média é de cerca de 5 mil toneladas/ano. Soma-se ainda a presença de cultivos em consórcio, observada nas pequenas propriedades, onde se tem o plantio de culturas temporárias nos espaços entre linhas do café formação.

Com relação à geologia, a área está inserida no complexo Guaxupé. A Geomorfologia da área de estudos abrange áreas do planalto atlântico, que se caracteriza como uma região de terras altas, constituída predominantemente por rochas cristalinas, cortadas por intrusivas básicas e alcalinas mesozóicas e terciárias, e pelas coberturas das bacias sedimentares. Devido às particularidades do terreno, a interpretação de imagens aplicada ao mapeamento do uso e cobertura do solo não se institui um procedimento trivial.

A área de estudo abrange a folha Monte Belo na escala 1: 50 000 publicada pelo IBGE (retângulo envolvente em UTM: Xmin,max = 344290, 370380 e Ymin,max = 7621975, 7649701, zona 23). O acesso é feito principalmente pelas rodovias BR-297 e BR-461. Os usos da terra predominante são: pastagem, café, cana, culturas temporárias (especialmente milho e feijão) e pequenas manchas de eucalipto. As matas estão localizadas principalmente nas áreas de maior declividade do terreno, na porção sul da imagem (Cabo Verde), e em uma área de reserva particular (RPPN) em Monte Belo.

3. Metodologia de Trabalho

Foram utilizadas neste trabalho as bandas TM3 (0,63 - 0,69 μ m), TM4 (0,76 - 0,90 μ m) e TM5 (1,55 - 1,75 μ m) do satélite Landsat-5 TM adquirida no dia 01/05/2009 (órbita 219, ponto 75 no sistema WRS) correspondente ao período seco. O período seco foi selecionado com o objetivo de obter uma melhor separação espectral entre as áreas de pastagem (que se

encontram secas) e as culturas de café e cana (esta última no estágio inicial de crescimento). Segundo Moreira et al. (2004), as imagens adquiridas no período seco, além de serem mais eficientes para diferenciar as culturas de café de outras classes de uso, também são as mais adequadas na distinção das áreas de café-formação e de café-produção.

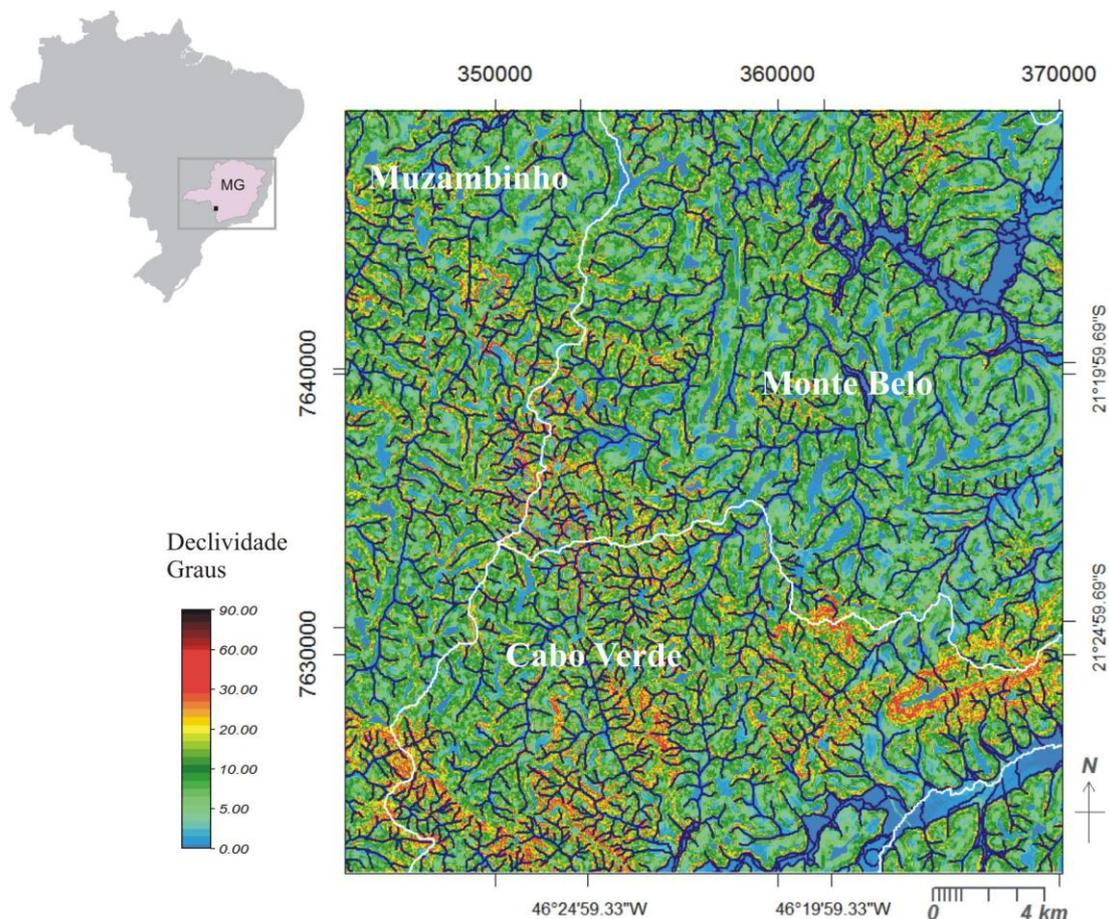


Figura 1. Localização da área de estudo.

O processamento das imagens foi feito utilizando os aplicativos SPRING (Câmara et al. 1996) e ENVI. O trabalho foi dividido em 4 etapas principais: 1) correção geométrica; 2) normalização topográfica; 3) segmentação; 4) classificação.

Inicialmente, as imagens foram corrigidas geometricamente utilizando como base cartográfica a carta topográfica na escala 1: 50.000 do IBGE (folha Monte Belo). As informações de drenagem, estrada e curvas de nível foram estruturadas em forma de Planos de Informação (PIs). O georeferenciamento foi feito por meio de pontos de controle identificados na imagem e na base cartográfica. No total foram identificados 31 pontos de controle distribuídos ao longo da imagem com erro de georeferenciamento de aproximadamente 1.0 pixel. Em seguida, as imagens foram reamostradas com o interpolador vizinho mais próximo com espaçamento da grade de 30 metros. Este interpolador (vizinho mais próximo) foi escolhido porque conserva no processo de reamostragem o valor do pixel da imagem original (Crósta, 1992).

Em seguida, foi gerado um modelo de elevação digital (DEM) utilizando o PI curvas de nível da carta topográfica. Para a geração deste modelo, foram adotados os mesmos parâmetros cartográficos e de espaçamento da grade utilizados na correção geométrica das imagens.

Para corrigir o efeito topográfico na imagem, os parâmetros de aquisição da imagem (ângulo de elevação e de azimute) juntamente com o modelo de iluminação derivado do DEM foram utilizados. Para a aplicação do método do co-seno, foi aplicada a seguinte fórmula (Riaño et al. 2003):

$$LH = LT \cdot \cos\theta / \cos i.$$

Onde: LH é a radiância observada numa superfície horizontal; LT a radiância observada numa superfície inclinada; θ o ângulo zenital solar; i o ângulo de incidência do sol.

O método do co-seno assume que: a superfície é *lambertiana*; a distância entre a terra e o sol é constante; a quantidade de energia solar também é constante. Além disto, não é considerada na modelagem a radiação difusa e a reflexão da radiação advinda do entorno.

A etapa seguinte consistiu na segmentação da imagem. Foi utilizando o método de crescimento de regiões proposto por Bins et al. (1996). A segmentação por crescimento de regiões consiste em particionar a imagem em regiões homogêneas com base no critério de similaridade do pixel e tamanho mínimo da região (expresso em número de pixels). Inicialmente um pixel-semente é definido pelo algoritmo. Satisfazendo as condições básicas impostas, o “pixel semente cresce” e agrega os pixels vizinhos formando regiões maiores. O crescimento é interrompido quando as condições básicas não são mais satisfeitas. Em seguida, inicia-se um novo processo de crescimento.

Por fim, a última etapa do trabalho consistiu na classificação das regiões criadas. Amostras de treinamento foram definidas ao sistema. Foram selecionadas amostras de café-1 (formação) e café-2 (produção) identificadas na imagem. A classe café-1 corresponde às áreas recentemente plantadas ou que foram podadas. Já a classe café-2 corresponde os plantios adultos onde os dosséis das plantas cobrem mais que 50% do solo (Vieira et al. 2007). Com o objetivo de analisar as confusões de classes no mapeamento, amostras de outras classes como, mata, agricultura temporária e pastagem, também foram inseridas na classificação. A seleção das amostras foi feita com base em informações coletadas na carta topográfica, em campo e utilizando o aplicativo *Google Earth*.

O classificador utilizado para o agrupamento das regiões foi o Bathacharya. O Algoritmo utilizado baseia-se na distância de Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais. Segundo Leão et al (2007), a separabilidade é calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

4. Resultados e Discussão

O relevo da área selecionada apresenta amplitudes altimétricas bastante expressivas, variando de 780 a 1260 metros. Por causa da rugosidade e da disposição do terreno, observa-se em vários locais da imagem, o efeito de sombreamento e de iluminação diferenciada (figura 2 A). Ou seja, as faces mais inclinadas voltadas para os raios solares apresentam maior iluminação, em contraposição às faces opostas, que aparecem escuras.

Conforme pode ser observada na figura 2 (B e C), a correção topográfica foi bastante eficiente para reduzir as diferença de iluminação e de sombreamento na imagem, porém, resultou na saturação de áreas intensamente sombreadas (“over-correction”). Analisando o resultado da correção do efeito topográfico com os produtos derivados do DEM, constatou-se que a saturação foi observada com maior frequência nas áreas com declividade média igual a 28° e com ângulo azimutal de 207° (face das vertentes voltadas para Sudoeste). Apesar destes empecilhos, a normalização topográfica minimizou significativamente as diferenças de brilho do café formação e do café produção ocasionada pelo relevo.

No processo de segmentação, foram testados diferentes limiares de similaridade e área. A princípio, foram definidos limiares mais restritivos (valores mais baixos tanto para similaridade quanto para área), partindo do pressuposto que área predomina pequenas propriedades e que possui grande diversidade de uso. Todavia, a adoção de limiares mais

restritivos (por exemplo, 10 para similaridade e 12 para área) ocasionou o particionamento excessivo da imagem. Após os testes realizados, optou-se por adotar os limiares 35 para similaridade e 45 para área. A avaliação da segmentação foi feita de maneira visual, na tela do computador, comparando os diferentes resultados da segmentação com relação ao nível de particionamento (falta ou excesso de segmentos criados).

Para realizar o agrupamento das regiões, adotou-se na classificação o limiar 95% (figura 2 D). Os resultados mostraram a viabilidade da utilização de imagens Landsat TM na separação das classes de café formação (café-1) e produção (café-2). A avaliação da classificação mostrou algumas confusões (erros de inclusão e exclusão) entre as seguintes classes: café-1 e café-2; café-1 e solo exposto e; café-2 e mata.

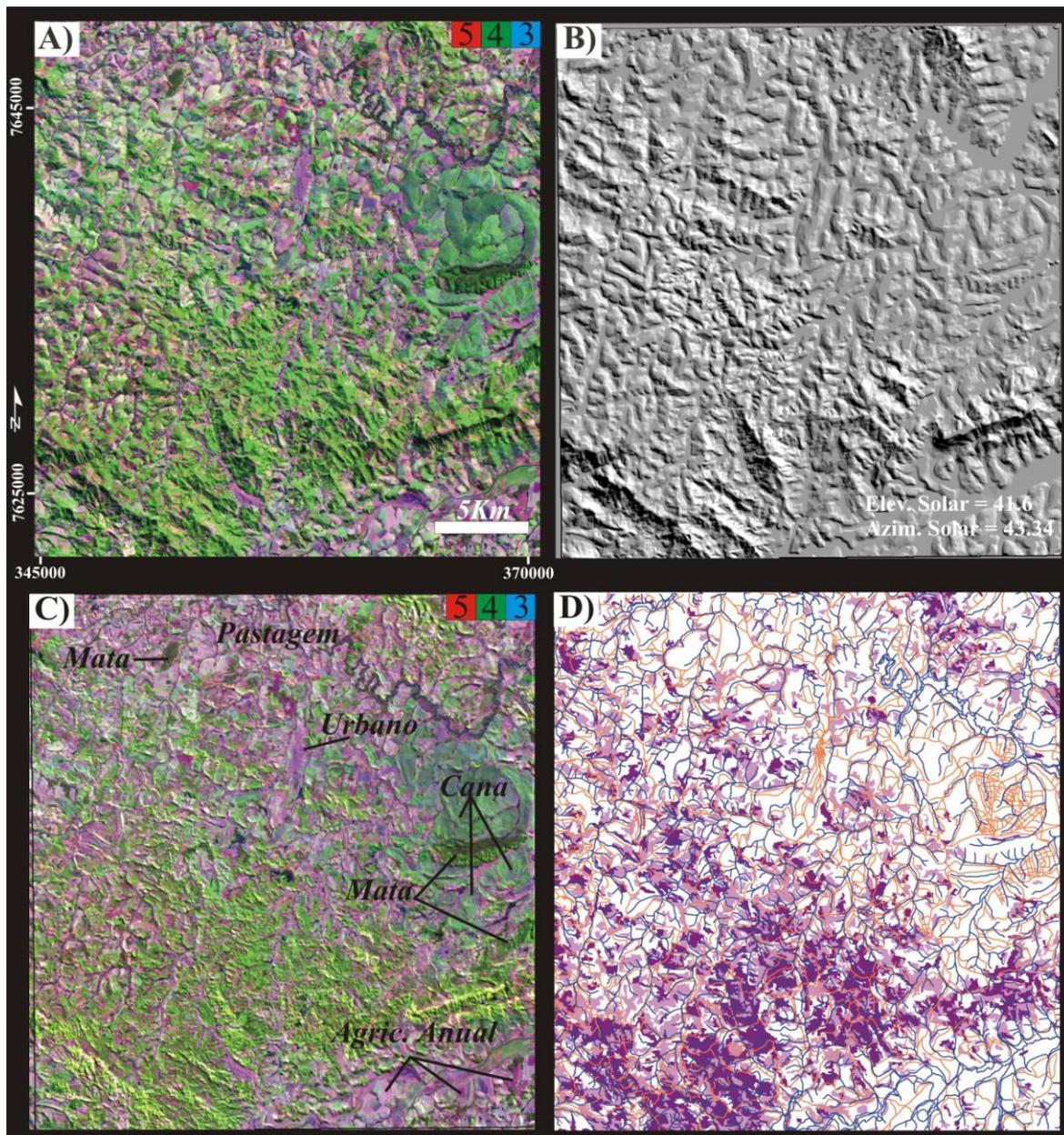


Figura 2. A) Composição colorida TM 543 em RGB; B) Modelo de iluminação do relevo simulando a iluminação da imagem TM; C) Normalização topográfica da composição 543 em RGB utilizando o modelo do co-seno; D) Resultados da classificação (roxo claro = café-1 (formação); roxo escuro = café-2 (produção)).

A confusão entre café-1 e café-2 ocorreu principalmente nas áreas onde o ambos encontravam-se adjacentes ou onde o café-2 apresentava comportamento similar ao café-1 em virtude da idade mais avançada do cultivo. A confusão entre café-1 e solo exposto/agricultura anual ocorreu principalmente nos plantios mais recentes, onde a presença de solo exposto nos espaçamentos do plantio exerceu grande influência na resposta espectral do café formação. A confusão entre café-2 e mata ocorreu com maior frequência nas áreas de alta declividade do terreno. Devido à saturação da correção topográfica, tanto as áreas de mata quanto de café-2 apresentaram comportamentos bastante similares. Estes erros foram observados principalmente nas áreas de fronteira entre as duas classes, o que dificultou a sua separação.

Apesar das confusões constatadas, os resultados obtidos até o momento foram considerados satisfatórios, e os erros devem ser corrigidos manualmente, conforme ressalta Moreira (2004).

Este trabalho ainda se encontra em elaboração. Pretende-se no passo seguinte avaliar quantitativamente os resultados da correção topográfica e explorar por meio de uma matriz de confusão os acertos e erros gerados na classificação.

5. Conclusões

Apesar da grande diversidade espectral da cultura do café, resultante de diversos fatores, como manejo, idade, tamanho e espaçamento do cultivo, poda etc., os resultados tem mostrado a viabilidade da utilização de técnicas de processamento digital de imagens para mapear diferentes classes de cultivo de café em área de relevo montanhoso. A normalização topográfica mostrou-se útil para reduzir as variabilidades espectrais em áreas com maior inclinação do relevo. Esta redução de variabilidade melhorou o desempenho da segmentação, permitindo um melhor particionamento da imagem utilizando limiares mais elevados, que reduziu a densidade de segmentos. A avaliação da classificação mostrou que os procedimentos adotados são eficientes no mapeamento do cultivo do café, permitindo além de sua distinção com outros usos da terra, a separação de diferentes classes de café em função da diversidade do cultivar.

Agradecimentos

Agradecimentos a FAPEMIG pela bolsa de iniciação científica concedida.

Referências Bibliográficas

Bins, S. A.; Fonseca, L. M. G.; Erthal, G. J.; Li, F. M. Satellite imagery segmentation: a region growing approach. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. Artigos, p. 677-680. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.05.09.30/doc/T205.pdf>> Acesso em 01 nov. 2012.

Bernardes, T.; Moreira, M.A.; Adami, M.; Giarolla, A.; Rurdoff, B. F. T. Monitoring biennial bearing effect on coffee yield using MODIS remote sensing imagery. **Remote Sensing**, v. 4, n. 9, p. 2492-2509, 2012.

Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS with object-oriented data modelling. **Computers and Graphics**, n. 15, p. 13–22, 1996.

Ceron, A.O.; Diniz, J. A. F. O Uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista brasileira de Geografia**, n.2, p. 161-173, 1966.

Conab, **Safra de café 2010**. Disponível em: <www.conab.gov.br/conteudos> Acessado em 8 set 2011.

Crósta, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.

Epiphânio, J.C.N.; Leonardi, L.; Formaggio, A.R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de

cafezais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n.3, p. 439-447, 1994.

IBGE. **Censo agropecuário 2007**. disponível em: <www.ibge.gov.br> Acessado em 9 set. 2011.

Kawakubo, F.S.; Morato, R. G. A florada do cafezal no sul de Minas Gerais. **Confins**, 2012 (no prelo).

Leão, C., Krug, L.A., Kampel, M., Fonseca, L.M.G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 939-946. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. (INPE-16409-PRE/10987). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.01.10>>. Acesso em 17 nov. 2012.

Moreira, M. A.; Adami, M.; Rurdoff, B. F. T. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.223-231, 2004.

Moreira, M. A.; Barros, M. A.; Faria, V. G. C.; Adami, M. Tecnologia de informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 241, p. 27-37, 2007.

Ramirez, G. M.; Zullo Junior, J. Estimativa de parâmetros biofísicos de plantios de café a partir de imagens orbitais de alta resolução espacial. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 468-479, 2010.

Riaño, D.; Chuvieco, E.; Salas, J.; Aguado, I. Assessment of different topographic corrections in Landsat-TM data for mapping vegetation types. **IEEE Transaction of Geoscience and Remote Sensing**, v.41, n.5, p. 1056-1061, 2003.

Tardin, A.T.; Assunção, G.V.; Soares, J.V. Análise preliminar de imagens TM visando a discriminação de café, citrus e cana-deaçúcar na região de Furnas-MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.1355-1361, 1992.

Vieira, T. G. C.; Alves, H. M. R.; Bertoldo, M.A.; Souza, V.C.O. geotechnologies in the assessment of land use changes in coffee Regions of the state of Minas Gerais in Brazil. **Coffee Science**, v. 2, n. 2, p. 142-149, 2007