

ESTIMATIVA DA ÁREA CULTIVADA COM CAFÉ POR MEIO DE AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE ÁREA

Marcos ADAMI¹ E-mail: adami@seab.pr.gov.br, Maurício Alves MOREIRA², Bernardo Friedrich Theodor RUDORFF², Rogério Teixeira de FARIA³, Flavio DEPPE⁴

¹SEAB-PR/DERAL, Cornélio Procópio, PR, ²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP,

³Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Londrina, PR, ⁴Instituto Tecnológico SIMEPAR, Curitiba, PR.

Resumo:

É incontestável a importância tanto econômica quanto social da cultura do café no Brasil. Para a geração de políticas adequadas para o desenvolvimento, expansão e acompanhamento da cafeicultura é essencial conhecer algumas de suas características. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo principal estimar a área cultivada com café, em nível regional. A metodologia empregada para estimar as áreas cultivadas embasou-se no procedimento de amostragem aleatória estratificada. Os resultados demonstram que a utilização integrada de tecnologias de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) facilita o processo de estratificação, a coleta de dados de campo e a produção de estimativas. Os resultados de estimativas de áreas foram estatisticamente similares àqueles produzidos por levantamentos subjetivos.

Palavras-chave: estatísticas agrícolas, área cultivada, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Abstract:

The economic and social importance of coffee planting in Brazil is well known. In order to produce adequate policies for the development, expansion and monitoring of coffee, it is essential to have knowledge of some characteristics. In this logic, this work has the main aim to estimate areas cultivated with coffee in a regional level. The area estimates methodology was based on stratified random sampling. Results demonstrated that the integration of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS), facilitate the stratification procedure, ground data collection and the production of area estimates figures. Results of area estimates were statistically similar to the ones gathered by subjective surveys.

Key words: Agriculture statistics, cultivated areas, Remote Sensing, Geographic Information Systems (GIS).

Introdução

O cultivo do café no Brasil possui elevada importância tanto econômica quanto social, em função de representar uma cultura de exportação, bem como necessitar de mão de obra. Sendo assim, gera empregos tanto no campo quanto na cidade (Mello, 2001). Devido a estas características, é fundamental o estabelecimento de políticas adequadas para o desenvolvimento, expansão e manutenção da cafeicultura. No entanto, as políticas somente poderão ser estabelecidas a partir de dados e informações detalhadas da realidade da cafeicultura. Isto representa um trabalho dispendioso em função das características específicas da cafeicultura. Dentre as principais características, podem ser citadas: (i) ampla dispersão espacial, (ii) variabilidade nas dimensões das propriedades, (iii) diferentes formas de cultivo e tecnologias utilizadas, (iv) evolução fenológica específica de acordo com características regionais. Sendo assim, a caracterização da cafeicultura representa um processo complexo e oneroso. No sentido de investigar a utilização de novas tecnologias que possam vir a contribuir para a cafeicultura, especificamente em relação a estimativa de áreas - componente fundamental na caracterização de culturas - metodologias de amostragem podem representar alternativas para estimar algumas das características citadas acima, como exemplo, estimativa da área que representa uma positiva relação de custo e benefício.

A teoria da amostragem por área teve início na década de 60 do século passado, amparada por fotografias áreas e materiais cartográficos (FAO, 1998). A partir do lançamento do primeiro satélite de Sensoriamento Remoto da série Landsat, em 1972, esta teoria foi aprimorada incorporando na metodologia a utilização de imagens de satélites como fonte de dados para levantamentos e previsão de safras. Exemplos incluem os projetos *Crop Identification Technology Assessment by Remote Sensing* (CITARS), *Large Area Crop Inventory Experiment* (LACIE), *Agriculture and Resources Inventory Surveys Through Aerospace Remote Sensing* (AGRISTARS) e *Monitoring Agriculture with Remote Sensing* (MARS), os quais forneceram uma base sólida para os modelos estatísticos de estimativa de área cultivada por amostragem (Chen, 1980; Meyer-Roux, 1992).

Por meio desta metodologia e técnicas de geoprocessamento, aplicada em imagens de satélites e coleta de dados a campo, este trabalho possui como objetivo principal estimar a área cultivada com café, em nível regional.

Material e Métodos

A região de estudo localiza-se ao norte do estado do Paraná, divisa com o estado de São Paulo, compreendendo vinte e três municípios pertencentes ao núcleo regional da SEAB (Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento), PR, com área de 7.480,11 Km². A região é tipicamente agrícola, apresentando grande diversidade hipsométrica. Os municípios ao norte possuem topografia mais plana, sendo pouco suscetível à erosão e mecanizável em grande parte da área. Ao sul da região de estudo, o relevo é acidentado e a mecanização é empregada de forma restrita (Ministério da Agricultura, 1981).

A metodologia empregada para estimar as áreas ocupadas pela cultura de café embasou-se no procedimento de amostragem aleatória estratificada, utilizando segmentos quadrados. Um banco de dados geográfico foi criado em um ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O software SPRING com o gerenciador de banco de dados Access foram utilizados. Neste banco de dados foram inseridas imagens de satélites Landsat-7/ETM⁺, correspondentes às órbitas/ponto 221/72 e 222/72, obtidas nos anos de 2001, 2002 e 2003. No software SPRING foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG, que envolveram pré-processamento, processamento e tratamento de imagens, manipulação e geração de dados geográficos, dentre as quais destacam-se: correção e classificação das imagens de satélites, estratificação, segmentação, consultas, alocação dos segmentos e cálculo da área por segmento. Para a classificação, optou-se por utilizar o classificador não-supervisionado ISOSEG (Bins et al., 1993; INPE, 2001), uma vez que Adami et al. (2002), ao comparar os resultados de classificação obtidos por diferentes classificadores, com resultados de interpretação visual, encontraram maior valor do coeficiente Kappa para essa abordagem de classificação. A classificação foi realizada conforme recomendação de Crepani et al. (2001), obtendo-se um mapa temático com cinco classes de uso e ocupação do solo. As classes foram: (i) área agrícola (solo exposto mais área agrícola), (ii) pastagem, (iii) mata, (iv) corpos d'água, (v) área urbana. De posse do mapa temático, realizou-se a estratificação da região de estudo, por meio de um algoritmo de segmentação por crescimento de regiões, que resultou na detecção de diversas regiões homogêneas. Estas regiões foram agrupadas em estratos de acordo com o percentual da área utilizado para a agricultura (Cochran, 1977; Krug e Yanasse, 1986; Mueller et al., 1988; Gallego, 1995; FAO, 1996). O critério adotado para estratificar a área foi o mesmo empregado no Projeto PREVS, ou seja: estrato A (80% ou mais de área cultivada), estrato B (50% a 79% de área cultivada), estrato D (15% e 49% de área cultivada, com predominância de pastagens), estrato E (menos de 15% de área cultivada), estrato F (áreas não agrícolas), estrato G (15% e 49% de área cultivada, sem a predominância de pastagens), conforme estratificação realizada por Mueller et al. (1988).

Os estratos foram divididos em unidades menores de amostragem (segmentos), com área de 1 km² (1km x 1km). Para este procedimento gerou-se uma grade regular com estas dimensões, na forma matricial compatível com os limites dos estratos gerados na etapa anterior (Adami, 2003). Assim, garantiu-se que, se um segmento sorteado caísse nas bordas do estrato, ele estaria integralmente dentro do referido estrato, conforme recomendou Gallego (1995). Para cada estrato de uso e ocupação do solo foi realizado o sorteio de uma sub amostra de segmentos, para a coleta de dados no campo. A alocação das sub amostras foi realizada através de um sorteio aleatório, baseado no critério de amostragem aleatória estratificada, conforme recomendação de Cochran (1977).

A coleta de dados a campo nos segmentos sorteados foi realizada com auxílio de GPS (Global Positioning System) e de imagens (módulos) geradas a partir das imagens de satélite. Esses módulos foram impressos em tamanho A4, onde foram inseridos os limites dos segmentos (escala 1:25.000). O trabalho de campo teve início no dia 29/10/2002 e foi finalizado em 10/12/2002.

Após realizar o trabalho de campo, os dados coletados foram inseridos no banco de dados. Esse procedimento foi realizado de duas maneiras. Quando o uso e ocupação do solo dentro do segmento eram os mesmos observados na imagem de satélite, os dados de área foram obtidos diretamente através da imagem e inseridos no banco de dados. Sendo assim, os limites de cada feição de uso do solo foram digitalizados e, para cada polígono associou-se à classe observada no campo. Nos casos em que o uso do solo não pode ser definido através da interpretação visual da imagem de satélite, a delimitação das diferentes ocupações do solo, dentro do segmento, foi realizada por caminhamento, tomando pontos com o GPS. Esses limites foram posteriormente importados para o software SPRING.

Após realizar este procedimento para todos os estratos, os dados foram importados para o software Excel, para a estimativa da área através do modelo de expansão direta, o qual é amplamente utilizado (Cochran, 1977; Krug e Yanasse, 1986; Mueller et al., 1988; Gallego e Delince, 1993; FAO, 1996; Deppe, 1998; Adami, 2003).

Resultados e Discussão

Os resultados da classificação das imagens do Landsat 7/ETM⁺, através da abordagem não-supervisionada (ISOSEG), são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação de uso do solo não-supervisionada das imagens do Landsat7/ETM+ para a região do estudo.

Tema	Área (km ²)	%
Corpos d'água	263,20	3,51
Mata	1.110,37	14,83
Pastagem	2.928,72	39,12
Solo exposto	2.958,93	39,52
Agricultura	175,09	2,34

Área urbana	50,07	0,68
Área total	7.486,38	100,00

Os resultados da Tabela 1 mostram que o percentual de área ocupada com a classe mata foi em torno de 15%, demonstrando a alta antropização desta área. Observa-se também que as classes solo exposto e pastagem foram as de maior expressão na área de estudo, com 39,5% e 39,12%, respectivamente. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que a imagem utilizada para a estratificação foi obtida na época de preparo do solo para plantio. Por outro lado, somando as áreas das classes agricultura e solo exposto (solo preparado para plantio) tem-se o total de 3.134,0 km², o que difere em 2,4% da área agrícola estimada pelo levantamento realizado pela PARANA (2003) para o mesmo ano agrícola (3.211,29 km²).

Os resultados da classificação podem também ser utilizados para nortear a pesquisa subjetiva, pois é possível fornecer para os técnicos responsáveis pelo levantamento das safras agrícolas a área utilizada para o cultivo de lavouras temporárias, por município. Desta forma, caberia aos mesmos realizar a divisão desta área entre as culturas de uma determinada safra, isso reduziria o erro no momento de estimar a área ocupada por cultura, por município.

A distribuição das regiões homogêneas de acordo com o percentual de área utilizado na agricultura é apresentada na Figura 1, na qual se percebe que a maior parte da região pertence ao estrato D (predominância de pastagens). A área mais utilizada para agricultura (Estratos A e B) está localizada ao norte e o estrato com maior uso para a pecuária (Estrato E) está localizado ao sul da área de estudo. A estratificação da área, quanto ao uso agrícola, por meio de dados de SR Sensoriamento Remoto e do de geoprocessamento, reduziu a subjetividade no estabelecimento do percentual utilizado para a agricultura em cada estrato, em relação a metodologia da PREVS, pois neste método, quem define os limites do estrato e o percentual de área ocupada com agricultura é um algoritmo computacional em quanto que para a metodologia da PREVS estes itens eram estabelecidos de forma subjetiva, com base no conhecimento do fotointérprete (Mueller *et al.*, 1988).

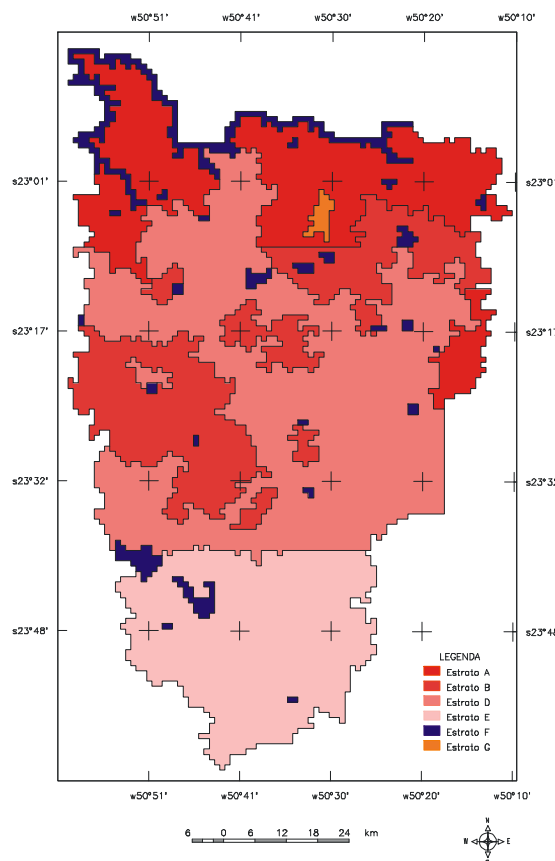


Figura 1 – Resultado final da estratificação dos usos do solo para a região.

O número de segmentos amostrados e o percentual de área amostrada por estrato de uso do solo encontram-se na Tabela 2. Nesta Tabela pode-se observar que o total de área amostrada correspondeu a 1,23% da área total da região. O sorteio e a alocação das amostras, realizados por meio do geoprocessamento, tornou-se o método mais rápido e mais prático, quando comparado aos procedimentos manuais descritos por Mueller *et al.* (1988). Percentual semelhante foi utilizado por Hill e Mégier (1988), em uma região ao sul da França.

Tabela 2 – Número total de segmentos, segmentos sorteados e percentuais da área sorteada para a região.

Estrato	Número total de segmentos (a)	Número de segmentos sorteados (b)	Percentual (%) da área sorteado (b/a)
Estrato A	1.416	25	1,77
Estrato B	1.432	28	1,95
Estrato D	2.919	31	1,06
Estrato E	1.404	03	0,21
Estrato G	28	02	7,21
Total	7.199	89	1,23

A estimativa de área usando o estimador de expansão direta é mostrada na Tabela 3, na qual nota-se que a área estimada com a cultura de café foi de 159,39 km². O coeficiente de variação obtido para a cultura foi de 24,53%. De acordo com os dados coletados em campo, pode-se aceitar esse resultado, uma vez que foi observada a baixa frequência de segmentos amostrados contendo áreas de café e alta variabilidade de tamanho de área cultivada. Estes fatores elevaram a variância da estimativa e, conseqüentemente, o C.V.

Tabela 3 – Estimativa da área cultivada com café e coeficiente de variação obtido pela amostragem e comparativo com os dados oficiais.

Cultura	Área estimada (km²) pela amostragem (a)	C.V. (%)	Área estimada (km²) pelo SEAB/DERAL (b)*	Diferença (%) (a-b)/a
Café	159,39	24,53	136,66	14,2

* Fonte: Paraná (2003)

Ao comparar os resultados de estimativa de área obtidos por meio da expansão direta, com a estimativa subjetiva gerada pelo PARANÁ (2003), conforme mostrado na Tabela 3, observa-se que a estimativa da área de café pela amostragem de área foi de 14,2% superior em relação aos dados do DERAL. Esta diferença está dentro do C.V. e pode ser considerada como sendo estatisticamente iguais a 95% de confiança.

Referências bibliográficas

- Adami, M. (2003). Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnica de Sensoriamento Remoto, geoprocessamento e amostragem. São José dos Campos, SP: INPE, 183p.
- Adami, M.; Pinheiro, E. S.; Moreira, M. A.; Fonseca, L. M. G. (2002). Aplicações de diferentes algoritmos para a classificação de imagens ETM+/Landsat-7 no mapeamento agrícola. In: Simposio Latinoamericano de Percepcion Remota Y Sistemas de Informacion Espacial. Reunion Plenaria SELPER, Cochabamba.
- Bins, L. S., Erthal, G. J., Fonseca, L. M. G. (1995). Um método de classificação não-supervisionada por regiões. In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens. Recife, 1993, Anais. Recife: SBC/UFPE, v. 2, p. 65-68.
- CHEN, S. C. (1980). Precisão de classificação do mapa de distribuição de culturas obtido a partir de imagens Landsat. São José dos Campos, SP, 7 p. (INPE-1889-RPE/232).
- Cochran, W. G. (1977). Técnicas de Amostragem 2 ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura. 555 p.
- Crepani, E. Duarte, V.; Shimabukuro, Y. E. (2001). Sensoriamento Remoto e geoprocessamento no mapeamento regional da cobertura e uso atual da terra. São José dos Campos: INPE, 36 p. (INPE-8478-NTC/346).
- Deppe, F. (1998). Forest Area Estimation Using Sample Surveys and Landsat MSS and TM Data, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v. 64, n. 4, p. 285-292.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1996). Multiple frame agricultural surveys: current survey based on area and list sampling methods. Roma, v. 1.
- _____. Multiple frame agricultural surveys: agricultural survey program based on area frame or dual frame (area and list) sample designs. (1998). Roma, v. 2.
- Gallego, F. J. (1995). Sampling frames of square segments. Luxembourg: Joint Research Centre. 72 p.
- Gallego, J.; Delince, J. (1993). Area estimation by segment sampling, Euro courses; Remote Sensing applied to agricultural statistics: regional inventories, (F.J. Gallego, editor), Commission of the European Communities, Institute for Remote Sensing Applications, Joint Research Centre, Ispra. Athens, 29 March - 2 April.
- Hill, J.; Mégier, J. (1988). Regional land cover and agricultural area statistics and mapping in The Département Ardèche, France, by user Thematic Mapper data. International Journal of Remote Sensing, v. 9, n. 10-11, p. 1573-95.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (2001). Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas – SPRING 3.5.1 – Tutoriais. São José dos Campos, SP.

- Krug, T.; Yanasse, C. C. F. (1986). Estimativa de safras agrícolas utilizando dados coletados por satélites de Sensoriamento Remoto e dados terrestres, através de amostras de substratos geográficos. São José dos Campos, SP, INPE. 51 p. (INPE-4102-RPE/534).
- Mello, E.V. (2001). Cafeicultura no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa, MG. p. 565-646.
- Meyer-Roux, J. (1992). The development of the agriculture project of the EEC, Proceedings of the conference on the application of Remote Sensing to agricultural statistics, (F. Toselli and J. Meyer Roux editors), Institute for Remote Sensing Applications, Joint Research Centre, Ispra. Villa Carlotta, Belgirate, Lake Maggiore, Italy, 26-27 November, 1991, pp. 31-39.
- Ministério da Agricultura. (1981). Levantamento e reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Brasília, DF (Mapa Temático. Escala 1:600.000).
- Mueller, C. C.; Silva, G.; Villalobos, A. G. (1988). Pesquisa Agropecuária do Paraná - Safra 1986/87 (Programa de Aperfeiçoamento das Estatísticas Agropecuárias). R. Bras. Estat, v. 49, n. 191, p. 55-84.
- Paraná, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – Departamento de Economia Rural (SEAB/DERAL). (2003). Dados da Região de Cornélio Procópio. (ccpseab@pr.gov.br). Comunicação Pessoal.