

GEOTECHNOLOGIES FOR THE ASSESSEMENT OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN COFFEE AND ENVIRONMENT OF AGROECOSYSTEMS OF THE STATE OF MINAS GERAIS IN BRAZIL

H. M.R.ALVES¹; T.G.C.VIEIRA²; V.C. O. SOUZA²; M. A.BERTOLDO²; H. ANDRADE³; N. BERNARDES³

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA-Café
Centro Tecnológico Sul de Minas - Laboratório de Geoprocessamento
Caixa postal 176 - Lavras, Minas Gerais - 37.200-000.

helena@epamig.ufla.br

²Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG
Centro Tecnológico Sul de Minas - Laboratório de Geoprocessamento
Caixa postal 176 - Lavras, Minas Gerais - 37.200-000.

{tatiana,vanessa,matilde}@epamig.ufla.br

³Universidade Federal de Lavras – UFLA

Departamento de Ciência da Computação - DCC
Caixa postal 3037 - Lavras, Minas Gerais - 37.200-000.

{handrade,geosolos}@ufla.br

Abstract: This work is part of a project to characterize coffee agroecosystems of the state of Minas Gerais using geotechnologies and evaluate the relationships between the physical environment, emphasizing soils and relief, and local coffee production systems. Coffee is one of Brazil's most important cash crops and the state of Minas Gerais responds for approximately half of the national production. Nevertheless, in spite of its importance, updated detailed information about the areas occupied by the crop is scarce. Sound agricultural planning requires the knowledge of the environment in which the activity is inserted. Satellite imagery has been acknowledged as the most promising way for detailed mapping and monitoring of land agricultural use and cover, over large geographical areas, although there are theoretical and practical challenges that must be met in order to realise its potential. In this work geoprocessing and modelling, supported by field work, were used in the characterization of coffee agroecosystems of Minas Gerais, especially in the evaluation of the areas occupied by coffee in relation to units that characterize the physical environment and reflect the regional landscape. In order to do this, two of the most important production regions were chosen, the physiographic regions of Sul de Minas and Alto Paranaíba and 520 square kilometers representative study areas were selected. The data was obtained from secondary information, interpretation of Landsat images of the years 2000 and 2003 and complementary field surveys. The software SPRING GIS and remote sensing were used to integrate and model the data from different sources, to map coffee areas and produce thematic maps from each environment. A geomorphopedological model was used to map the main soil classes. The relationships between environment and coffee production in the selected areas were assessed and quantified. The results showed the main soil, slope and altitude classes in which the crop is cultivated, emphasizing the relations between crop management practices and limitations imposed by the environment. The use of Landsat images in the mapping of coffee areas, although presenting problems to be solved, constituted an advance over the traditional methodologies, especially for the gently undulating landscape of the *cerrado* ecosystem of the western region of the state, where the coffee fields are more extensive and homogeneous. It is expected that the quantitative and spatial information obtained can subsidize better regional land use planning.

Key Words: Coffee environments, remote sensing, geoprocessing, SPRING.

1. Introdução

O homem quando explora os recursos naturais introduz mudanças nos mesmos para utilizá-los conforme suas necessidades, causando impactos ambientais que quase sempre são negativos. Por isto é de fundamental importância o planejamento do uso da terra que se baseie em estudos rigorosos do meio físico e de sua dinâmica evolutiva. Estes estudos devem ocupar um lugar de destaque nos programas de planejamento de desenvolvimento integrado de uma região, a fim de reduzir ou evitar perdas sócio-econômicas e fazer disto um processo sustentado ao longo do tempo.

Como suporte à utilização dessas abordagens, o sensoriamento remoto integrado aos sistemas de informação geográfica (SIG's), se apresentam como ferramentas de grande utilidade para a realização de pesquisas aplicadas ao planejamento do uso da terra. Constituindo uma forma moderna de armazenamento e manipulação de geoinformações sobre o meio físico, os SIGs integram diferentes fontes de dados, como solos, geologia, topografia e uso/cobertura do solo, organizados em

diferentes planos de informação (Pis), possibilitando a geração de informações espaciais de forma mais rápida e dinâmica para a avaliação de terras e outros tipos de estudos.

Define-se sensoriamento remoto como o conjunto de processos e técnicas usados para medir propriedades eletromagnéticas de uma superfície ou de um objeto, sem que haja contato físico entre o objeto e o equipamento sensor. Em outras palavras, é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (Moreira, 2001).

Sistema de Informações Geográficas são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. Os SIGs comportam diferentes tipos de dados e aplicações em várias áreas do conhecimento. Eles facilitam a integração de dados coletados de fontes heterogêneas, de forma transparente ao usuário final (Câmara, *et al.*, 1996). Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos, vários termos surgiram para as várias especialidades. O nome SIG é muito utilizado e em muitos casos é confundido com o geoprocessamento. O geoprocessamento é o tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies (Tutorial Spring, 1998).

O estado de Minas Gerais possui ambientes diferenciados em termos de relevo, geologia, solos e clima. A questão do mapeamento mais detalhado no estado é dificultada pela extensão territorial do estado, pela complexidade do meio físico e pela dinâmica acelerada do uso das terras. Inserida neste ambiente está a cafeicultura, que tem uma importância econômica e social relevante para o estado e para o país. A cafeicultura, apesar de sua importância em termos econômicos e sociais para o país, não dispõe, atualmente, de dados precisos e quantitativos sobre o seu parque cafeeiro. Faltam informações tanto sobre a extensão e distribuição das áreas cafeeiras quanto sobre as características dos ambientes onde estas áreas se localizam.

O objetivo deste trabalho foi acompanhar a evolução das áreas cafeeiras em relação ao ambiente nas regiões de São Sebastião do Paraíso, Patrocínio e Machado no estado de Minas Gerais entre os anos 2000 e 2003, utilizando o SPRING (SPRING, 2003).

2. Material e Métodos

As regiões em estudo foram escolhidas pela sua importância e ambiente em que estão inseridas. Para o desenvolvimento do trabalho foram selecionadas três áreas representativas das regiões cafeeiras de Minas Gerais, tanto em termos das características da cultura, quanto de sua associação com o meio físico; Machado, representativa da região produtora do Sul de Minas com relevo movimentado; São Sebastião do Paraíso, representativa da região produtora do Sul de Minas, com ambiente diferenciado, relevo menos movimentado e solos de origem básica; e Patrocínio, representativa da região produtora do Alto Paranaíba, ambiente de cerrado. Para este trabalho, uma área de 520 km² foi delimitada em cada área de estudo.

Para caracterização de cada área, foram levantadas as informações secundárias disponíveis sobre os recursos naturais e características da cafeicultura de cada região e realizados levantamentos de campo para identificação e georreferenciamento de áreas amostrais para coleta de dados e estabelecimento de referência de campo. Como base cartográfica foram utilizadas cartas planialtimétricas do IBGE, escala 1:50.000. Para região de Machado foram utilizadas as cartas Machado e Campestre (coordenadas UTM 392.000 a 418.000 m de longitude W e 7.620.000 a 7.600.000 m de latitude S). Para São Sebastião do Paraíso as cartas São Sebastião do Paraíso e São Tomás de Aquino (coordenadas UTM 274.000 a 300.000 m de longitude W e 7.700.000 a 7.680.000 m de latitude S). Para a região de Patrocínio foram usadas cartas do Ministério do Exército, escala 1:100.000, folhas Patos de Minas e Monte Carmelo (coordenadas UTM 278.000 a 304.000 m de longitude W e 7.942.000 a 7.922.000 m de latitude S). Como base para o trabalho de mapeamento do uso atual das terras foram usadas imagens TM-Landsat 7, de 2000 e 2003 correspondentes às regiões de Machado (219/75), São Sebastião do Paraíso (220/74) e Patrocínio (220/73) e a Imagem IKONOS de 11/08/2002 de São Sebastião do Paraíso.

Por meio de informações secundárias, levantamentos de campo e interpretação de imagens de satélite foram gerados dados sobre os solos, relevo, recursos hídricos e uso atual das terras, com ênfase na cultura do café. Estas informações foram incorporadas por meio do sistema de informação geográfica SPRING para gerar um banco de dados em formato digital para cada uma das áreas experimentais. A partir deste banco de dados foram gerados mapas temáticos de caracterização ambiental, entre os quais destacam-se os mapas de uso atual, de classes de declividade e de solos. Os mapas de solos foram elaborados por modelagem geomorfopedológica e os de relevo com base nas curvas de nível da região. Os mapas gerados foram cruzados por meio da linguagem LEGAL (Linguagem Espacial de Processamento Algébrico do SPRING) e as relações entre o ambiente e a produção de café nas áreas selecionadas foram avaliadas e quantificadas.

Em função das alterações observadas nas áreas ocupadas pelo café em cada região estudada, fez-se necessário o estudo da dinâmica da cafeicultura em relação ao ambiente. De acordo com os cruzamentos do mapa de uso da terra com os mapas de ambiente, observou-se que na região de São Sebastião do Paraíso as áreas cafeeiras mudaram mais em relação às classes de solos em que estão plantadas. Em Patrocínio, a mudança deu-se em relação às classes de orientação de vertente e em Machado, à declividade. Com esses resultados foi possível, então, observar a distribuição, a dinâmica e analisar o monitoramento da cultura e o seu planejamento.

As análises realizadas por meio do geoprocessamento, ou seja, interpretação de imagens de satélite, geração e manipulação de mapas temáticos da distribuição dos recursos naturais, particularmente geologia e relevo (classes de declividade), aliadas às observações de campo, permitiram compreender a distribuição dos solos na paisagem de São Sebastião do Paraíso e estabelecer um modelo de correlação entre relevo e geologia, que possibilitou o mapeamento das principais unidades de solo. O Mapa de Solos da área-piloto de São Sebastião do Paraíso foi obtido utilizando o programa LEGAL, mediante o cruzamento entre o Mapa de Classes de Declividade e o Mapa de Domínios Geológicos, conforme modelo apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Modelo de correlação entre classes de declividade, domínios geológicos e classes de solo para a microbacia do Ribeirão Fundo.

Declive	Domínios geológicos ¹	Classes de solo
0-12%	Qa	Gleissolos Háplicos ² (GX), Neossolos Flúvicos (RU)
	KJsg	Latossolo Vermelho (LV)
	TQi, Kb, KJb, PCi	Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)
20-45%	KJsg	Nitossolo Vermelho (NV), Cambissolos (CX)
	TQi, Kb, KJb, PCi	Argissolos (PVA, PV), Cambissolos Háplicos (CX)
>45%	KJsg, TQi, Kb, KJsg, KJb, PCi	Neossolos Litólicos (RL)

(1) Domínios geológicos extraídos de DNPM/CPRM - Projeto Mantiqueira-Furnas. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1978, n.7.).

(2) Classe de solo obtida com base em fotografias aéreas

A microbacia do Ribeirão Fundo apresenta-se como unidade ambiental representativa do modelo de distribuição dos solos na paisagem da região, sendo assim, utilizou-se a mesma para os trabalhos de checagem da legenda preliminar de solos e descrição dos perfis representativos para caracterização destas unidades de mapeamento. Perfis de solo representativos das principais unidades de mapeamento foram descritos, amostrados para análises químicas e físicas e classificados segundo metodologia preconizada pela EMBRAPA (1999). Foram definidas e mapeadas as principais classes de solos no segundo nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, criando-se assim o mapa de classes de solos de São Sebastião do Paraíso.

Em Patrocínio, as curvas de nível foram utilizadas para gerar o modelo digital de terreno (MNT), ou seja, modelar e mostrar o terreno numa forma tridimensional e permitir extrair planos de informação (PIs), como orientação de vertentes. A orientação de vertentes foi fatiada nas direções 0° a 45° (N-NE), 45° a 90° (NE-E), 90° a 135° (E-SE), 135° a 180° (SE-S), 180° a 225° (S-SW), 225° a 270° (SW-W), 270° a 315° (W-NW), 315° a 360° (NW-N) e áreas planas, ou seja, áreas que não possuem direção.

Em Machado, o mapa de declive de foi gerado com o auxílio do SPRING, a partir de curvas de nível da área, oriundas das cartas topográficas do Instituto Nacional de Geografia e Estatística (IBGE). Cinco classes de declive foram definidas e relacionadas a diferentes tipos de relevo: (1) 0-3% áreas planas; (2) 3-12% relevo suave-ondulado; (3) 12-20% relevo ondulado; (4) 20-45% relevo forte ondulado; (6) >45% relevo montanhoso.

Por meio da Linguagem Espacial de Processamento Algébrico (LEGAL) do *software* SPRING, os mapas do uso da terra da área dos anos de 2000 e 2003 foram cruzados com os mapas de ambiente (São Sebastião do Paraíso – Solos; Patrocínio – Orientação de Vertentes e Machado – Declive). Estes cruzamentos possibilitaram obter resultados da evolução dos parques nas regiões de estudo e verificar o quanto o cenário cafeeiro mudou, demonstrando a importância do SIG no estudo do uso e ocupação da terra.

3. Resultados e Discussão

Em São Sebastião do Paraíso observa-se, portanto, que no ano de 2000, 38% do café plantado estava no Latossolo Vermelho férreo (LVf) e em 2003 esta área diminuiu para 32%. O café plantado no Nitossolo Vermelho férreo manteve-se quase na mesma proporção, 22% em 2000 e 21% em 2003. Nos Latossolos Vermelho Amarelos obteve-se um acréscimo de 3%, já que em 2000 a área cafeeira era de 33% e em 2003 de 36% (figuras 1 e 2).

Em Patrocínio notou-se que em ambos os anos, o predomínio está em áreas planas, ou seja, sem orientação. Porém, em 2000, 4% do café estava plantado na orientação de vertente SE-S (Sudeste-Sul) e 11% do café estava na orientação W-NW

(Oeste-Noroeste). Já em 2003, 10% do café estava plantado na vertente SE-S e 4% na orientação W-NW, mostrando que houve uma inversão da localização das áreas plantadas com café em relação a orientação de vertentes (figuras 3 e 4).

Em Machado notou-se que em 2000, 34% do café estava plantado no relevo suave-ondulado e 13% no forte ondulado (figura 3). Já em 2003, a área de café plantada no relevo suave-ondulado diminuiu 4% e no relevo forte ondulado aumentou 3%, mostrando que houve uma diminuição das áreas de café plantadas em relevos mais suaves (figuras 5 e 6).

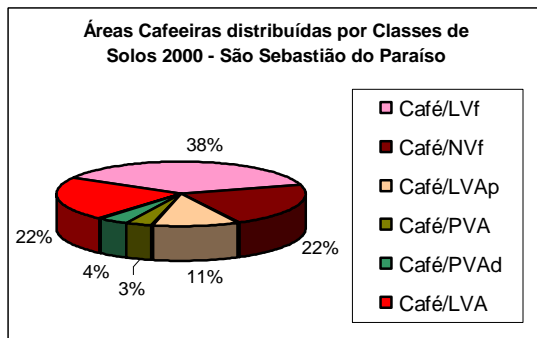


Figura 1: Café distribuído por classes de solos em 2000 – São Sebastião do Paraíso

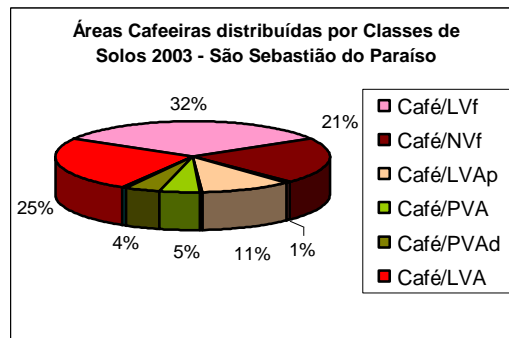


Figura 2: Café distribuído por classes de solos em 2003 – São Sebastião do Paraíso

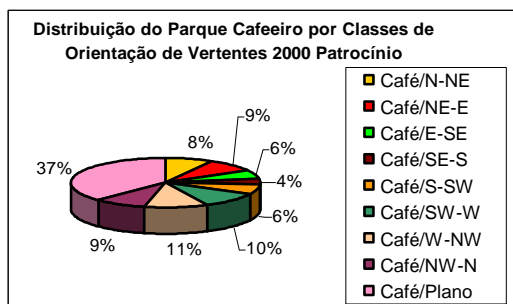


Figura 3: Café distribuído por classes de vertente em 2000 – Patrocínio

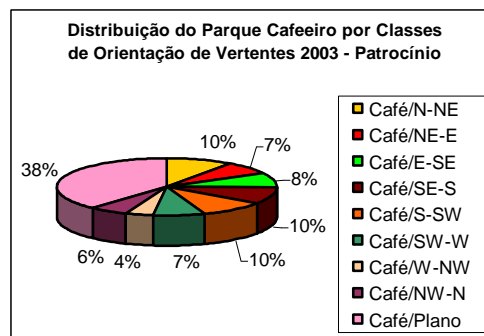


Figura 4: Café distribuído por classes de vertente em 2003 – Patrocínio

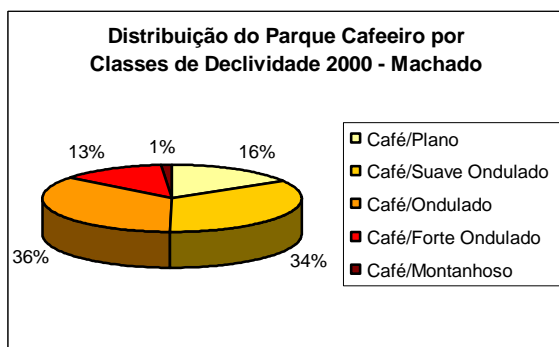


Figura 5: Café distribuído por classes de declive em 2000 – Patrocínio

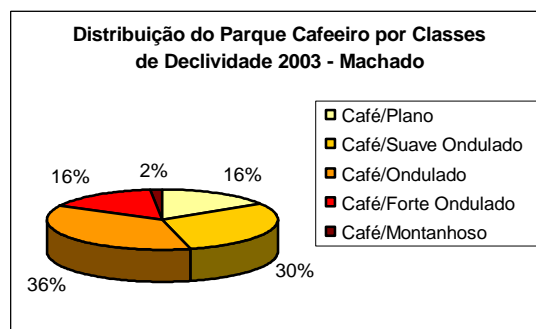


Figura 6: Café distribuído por classes de declive em 2000 – Patrocínio

4. Conclusões

- Em São Sebastião do Paraíso houve mudanças na distribuição dos solos utilizados para o cultivo do café, em especial no que diz respeito aos Latossolos (LVf e LVA). Em Patrocínio a localização das lavouras foi alterada em relação a orientação de vertentes, sendo que cerca de 6% passaram da orientação oeste-noroeste para a orientação sudeste-sul. Em Machado observou-se que a cafeicultura da região estudada “mudou de lugar”, em especial no que diz respeito ao relevo, permanecendo preferencialmente nas áreas mais declivosas, sendo possivelmente substituída por culturas anuais nas áreas mais planas.
- O geoprocessamento permitiu a caracterização e mapeamento do agroecossistema cafeeiro das regiões estudadas, quantificando a ocupação da cafeicultura nas unidades ambientais, mostrando-se como metodologia eficiente tanto em termos de economia de tempo quanto de recursos.
- Por meio das geotecnologias usadas, informações espacializadas sobre a cafeicultura de cada uma das áreas estudadas puderam ser geradas com maior rapidez, menor custo e precisão, fornecendo aos planejadores e tomadores de decisão, os subsídios necessários para a gestão racional da lavoura cafeeira destas regiões.

5. Bibliografia

- Gilberto; Casanova, Marcos A.; Hemerly, Andréa S.; Magalhães, Geovane Cayres e Medeiros, Claudia M. Bauzer. **Anatomia dos Sistemas de Informações Geográficas** - Campinas/SP: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996.
- Maurício Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos/SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, V.4.0, 2003.
- Spring - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - definição e edição de mapas**, volume 1. São José dos Campos/SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1998.