

## GEOTECNOLOGIA PARA AVALIAR E MONITORAR MUDANÇAS AMBIENTAIS NA REGIÃO CAFEIEIRA DE SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO – MG

Tatiana Grossi Chquiloff Vieira<sup>1</sup>, Helena Maria Ramos Alves<sup>2</sup>, Margarete Marin Lordelo Volpato<sup>3</sup>, Vanessa Cristina Oliveira de Souza<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Pesquisadora, M. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, tatiana@epamig.ufla.br

<sup>2</sup> Pesquisadora, D. Sc., EMBRAPA CAFÉ, Lavras-MG, helena@epamig.ufla.br

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

<sup>4</sup> Professora, M. Sc., Universidade Federal de Itajubá – Departamento de Matemática, Itajubá-MG, vanessa.vcos@gmail.com

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi utilizar geotecnologias, sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica (SIG) para mapear e avaliar as relações espaço-temporais entre o uso e ocupação das terras com café e os solos da região de São Sebastião do Paraíso, no sul de Minas Gerais, realizada entre os anos de 2000 e 2009. Para o processamento das imagens, mapeamento do uso da terra e estudo da evolução, foi utilizado o sistema para processamento de informações georreferenciadas – SPRING. A região estudada abrange uma área de 520 km<sup>2</sup>. O estudo espaço temporal da região cafeeira de São Sebastião do Paraíso mostrou que o parque cafeeiro da região cresceu 4 % entre os anos estudados e mostrou que 39% das áreas plantadas surgiram depois do ano 2000, o que reflete um parque cafeeiro renovado. A cafeicultura na região encontra-se predominantemente no ambiente geomórfico-geopedológico oeste, onde os solos, principalmente os Latossolos Vermelhos férricos, são mais aptos ao cultivo. Surgiram novas áreas cafeeiras na porção leste da região, caracterizadas por pequenas lavouras, indicando também uma possível expansão da agricultura familiar na região. O presente trabalho mostrou que as geotecnologias podem ser utilizadas para avaliar a evolução de áreas cafeeiras na região de São Sebastião do Paraíso e gerar informações para o agronegócio café.

**Palavras-chave:** processamento de imagens, monitoramento, estudo espaço-temporal, solos, uso da terra.

## GEOTECHNOLOGY FOR ASSESS AND MONITOR ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE COFFEE REGION OF SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO

**ABSTRACT:** The aim of this work was to use geotechnologies, remote sensing and geographic information systems (GIS) to map and assess the relations, in time and space, between land use and occupation with coffee and soils in the region of São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais state, Brazil, between 2000 and 2009. The system for processing of georeferenced information (SPRING) was used to process the images and to map land uses and their evolution. The study area encompasses 520 km<sup>2</sup>. Assessment in time and space of the coffee production in the region of São Sebastião do Paraíso showed that the coffee lands increased by 4% and that 39% of the planted areas appeared after 2000, evidence of a process of renovation. Coffee production in the region is located mainly in the western geomorpho-geopedological environment where the soils, especially the red ferric latosols, are more favorable to the crop. Appearing new coffee areas in the eastern portion of the region, characterized by small crops, also indicating a possible expansion of family agriculture in the region. This work demonstrated that geotechnologies can be used to assess the evolution of coffee lands in the study area and to generate relevant information for the coffee agribusiness.

**Key words:** image processing, monitoring, study in time and space, soils, land use mapping.

## INTRODUÇÃO

A região de São Sebastião do Paraíso, no sul de Minas Gerais é um importante pólo de produção de café do Estado. A cafeicultura, juntamente com a bovinocultura de leite, são as principais atividades agrícolas do município. Historicamente essa região cresceu pela proximidade com a zona cafeeira paulista. Paralelamente à expansão do café da região de Campinas para o oeste paulista, houve um impulso da cafeicultura em Ribeirão Preto e toda a região. Por outro lado o município está inserido na região Sul de Minas, que é atualmente a maior produtora de café do Estado. O Sul de Minas possui infra-estrutura adequada e condições climáticas apropriadas para o desenvolvimento da cultura do café, com a produção de cafés de qualidade equivalente ou mesmo superior aos obtidos nas melhores regiões produtoras do país (Fontes, 2001). Dentro deste contexto, a vocação agrícola fez de São Sebastião do Paraíso uma das mais importantes regiões produtoras de café do Estado, chegando a colher, no final do século XIX, doze milhões de sacas anuais.

O ambiente é caracterizado por uma altitude que varia de 800 a 1150 metros, clima mesotérmico, média a alta disponibilidade de recursos hídricos, predominância de relevo ondulado a suave ondulado e Latossolos e Nitossolos Vermelhos férricos. Associados a este ambiente, sistemas de produção de média a alta tecnologia possibilitam a produção de bebidas finas.

Mudanças na área ocupada pela cultura do café refletem mudanças nestes fatores sócio-econômicos e ambientais. Uso da terra é dinâmico e influenciado por fatores entre os quais se incluem a necessidade de produção de alimentos e energias alternativas para uma população crescente, as exigências dos mercados interno e externo em relação aos produtos agrícolas e a necessidade de conciliar a produção agrícola com a conservação do ambiente. O monitoramento e a compreensão dessa dinâmica são fundamentais para a construção de uma cafeicultura sustentável e competitiva. Neste contexto, geotecnologias oferecem maior rapidez e precisão no levantamento de informações para o conhecimento de uma região. São ferramentas úteis para analisar as tendências, as quais permitem delinear alternativas de ações e cenários futuros desejados em ambientes cafeeiros, gerando banco de dados que disponibilizam aos planejadores e agricultores informações de fácil compreensão que possam auxiliar o processo de tomada de decisões. Além disso, pode-se acompanhar a variação de temas, obtendo-se novos mapas com rapidez e precisão, a partir da atualização dos bancos de dados. Trata-se, portanto, de uma importante ferramenta no estudo de potencialidades do meio ambiente. A utilização de Sistemas de Informação Geográfica e o sensoriamento vêm permitindo o mapeamento de áreas de forma mais adequada e eficiente, substituindo os métodos tradicionais de análise que são, quase sempre, mais onerosos e de manipulação mais difícil (Câmara, 1998).

O objetivo deste trabalho foi fazer uma avaliação espaço-temporal de áreas cafeeiras da região de São Sebastião do Paraíso no sul de Minas Gerais entre os anos de 2000 e 2009 observando as mudanças ocorridas nas áreas plantadas de café e no ambiente em relação aos solos, utilizando sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Mapeamento do uso da terra e evolução do parque

Para realização da avaliação espaço-temporal de áreas cafeeiras da região de São Sebastião do Paraíso no sul de Minas Gerais, foi selecionada uma área representativa da região, que abrange 520 km<sup>2</sup> e é delimitada pelas coordenadas UTM 274000 m e 300000 m E e 7680000 m e 7700000 m N, Fuso 23K, englobando porções das cartas topográficas do IBGE, escala 1:50000, de São Sebastião do Paraíso (SF-23-V-A-VI-3) e São Tomás de Aquino (SF-23-V-A-V-4).

Para o mapeamento do uso da terra foram utilizadas as seguintes imagens multispectrais :

- Landsat 7/ETM+, de 27/06/2000, resolução espacial de 30 m;
- Landsat 5/TM, de 24/05/2009, resolução espacial de 30 m, restaurada para 10m;

Para a avaliação da evolução da cafeicultura da região entre os anos de 2000 e 2009, a área selecionada foi mapeada utilizando metodologia descrita em Vieira et al.(2009a). Para o processamento das imagens, o mapeamento do uso da terra e estudo da evolução do parque cafeeiro, foi utilizado o Sistema para Processamento de Informação Georreferenciadas - SPRING 4.3.3. A imagem de 2009 passou pelo processo de correção radiométrica (restauração), cujo objetivo é corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração das imagens digitais (Fonseca, 1988), transformando sua resolução espacial de 30 m para 10 m.

Foi realizada a segmentação e posteriormente a interpretação visual das imagens de satélite. Nesta etapa foram adotados os critérios básicos dos elementos de interpretação, tonalidade, cor, forma, textura, tamanho, densidade e padrão nas composições coloridas RGB (vermelho, verde e azul) ajustadas para a imagem dos sensores ETM e TM, nas bandas 4, 5 e 3 respectivamente.

Finalizada a interpretação preliminar, fez-se uma checagem no campo nos pontos de dúvidas para gerar o mapa temático final de uso das terras da área piloto para os quatro períodos estudados. As classes definidas para o mapeamento foram: **Café em produção**: correspondente aos cafezais em fase produtiva, com idade acima de 3 anos, porte maior que 1 m e cobertura vegetal do solo acima de 50%; **Café em formação/renovação**: lavouras recém-plantadas ou em formação, com cafeeiros abaixo de 3 anos e exposição parcial do solo; **Mata**: correspondente às áreas ocupadas por vegetação natural de porte variado, incluindo matas ciliares, resquícios de floresta tropical, capoeiras e vegetação de cerrado; **Área urbana**: áreas de ocupação urbana; **Corpos d'água**: áreas de rios, lagos naturais e construídos; **Reflorestamento**: áreas plantadas com eucalipto ou pínus; **Outros usos**: áreas com pastagem natural, pastagem formada, culturas anuais ou semiperenes. Posteriormente, foram gerados os mapas de uso da terra de 2000 e 2009.

### Caracterização ambiental da região cafeeira – Mapa de solos

O mapa de solos da região de São Sebastião do Paraíso foi gerado por Alves et al. (2004) por meio de modelagem geomorfopedológica. O Mapa de solos foi obtido utilizando-se o programa LEGAL (Linguagem Espacial de Processamento Algébrico do SPRING). Estabeleceu-se uma modelagem para a distribuição de solos na paisagem, diretamente correlacionado com as variações nas classes de declividade e unidades geológicas, assim o Mapa de solos foi gerado mediante o cruzamento entre o Mapa de classes de declive e o Mapa de domínios geológicos do DNPM (1979) modelo proposto na Tabela 1. O Mapa de domínios geológicos foi obtido pela digitalização do mapa disponível do Posteriormente foram descritos perfis representativos de cada classe de solo que estão apresentados em Resende

(2000) e, feitas as adequações, obteve-se o mapa resultante. O mapa de solos está apresentado na Figura 1. Na figura 2 e Tabela 2 é apresentada a quantificação da região por classes de solos.

Tabela 1. Modelo de correlação entre classes de declividade, domínios geológicos e classes de solo (Alves et al., 2004)

Classes de declive	Domínios geológicos <sup>(1)</sup>	Classes de solo
0-12%	Qa	Associação de Gleissolo Háplico (GX) + Neossolo Flúvico (RU) <sup>(*)</sup>
	KJsg	Latossolo Vermelho Férrico (LVf)
	TQi, Kb, KJb	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) + Latossolo Vermelho-Amarelo psamítico (LVAp)
	PCi	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) + Latossolo Vermelho (LV)
20-45%	KJsg	Associação de Nitossolo Vermelho Férrico (NVf) + Cambissolo Háplico (CX)
	TQi, Kb, KJb	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo Arênico (PVA, PVAA) + Cambissolo Háplico (CX)
	PCi	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Vermelho (PVA, PV)
>45%	KJsg, TQi, Kb, KJsg, KJb, PCi	Associação de Cambissolo Háplico (CX) + Neossolo Litólico (RL)

(\*) Classe de solo obtida com base em fotografias aéreas.

(1) Domínios geológicos extraídos de DNPM/CPRM (1979\*\*), onde: **Domínio 1 - Qa** - Depósitos sedimentares Quaternários, predominantemente aluviais; **Domínio 2 - TQi** - Coberturas indiferenciadas, envolvendo Latossolos alóctones com paleopavimentos reconhecidos; **Domínio 3 - Kb** - Formação Bauru - arenitos de granulação média, argilosos, róseo avermelhados e esbranquiçados a avermelhados, quartzosos, localmente com leitos de arenitos grosseiros, com estratificação cruzada e planar de pequeno a médio porte; **Domínio 4 - KJsg** - Grupo São Bento - Formação Serra Geral - lavas basálticas com intercalações de lentes e camadas areníticas (tipo arenito Botucatu); **Domínio 5 - KJb** - Grupo São Bento - Formação Botucatu - arenitos de granulação fina a média, bem selecionados, esbranquiçados a avermelhados, quartzosos; localmente com leitos de arenitos grosseiros, com estratificação cruzada, tangencial, de grande porte na base; **Domínio 6 - PCi** - Super Grupo Tubarão - Grupo Itararé Indiviso - arenitos grosseiros a finos, de cor amarela a avermelhada, com desenvolvimento subordinado de diamictitos de cor vermelho-tijolo, passando a lamitos arenosos e silticos; apresentam estratificação cruzada e planar de pequeno a médio porte.\*\* Projeto Sapucaí - Folha Varginha, Brasília: DNPM/CPRM, v. 4 (Série Geologia), p. 299, 1979.

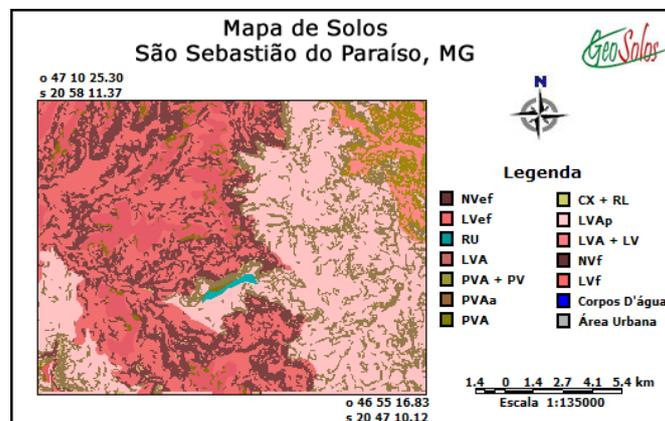


Figura 1. Mapa de Solos, São Sebastião do Paraíso, MG, (Alves et al., 2004)

A interpretação dos dados gerados pelo geoprocessamento aliada às observações de campo permitiu a individualização geomórfico-geo-pedológica da região de São Sebastião do Paraíso em dois grandes ambientes: *i*: Ambiente geomórfico-geo-pedológico W: domínio de basaltos da Formação Serra Geral, com desenvolvimento em classes de declividade de até 12% de Latossolos Vermelhos Férricos e Latossolos Vermelhos textura média nas porções de intercalações lito-estratigráficas dos basaltos com arenitos da Formação Botucatu e Grupo Itararé. Nas porções de declividades maiores que 12% ocorrem a formação de Nitossolos Vermelhos Férricos; *ii*: Ambiente geomórfico-geo-pedológico E: domínio de formações areníticas do Grupo Itararé, com desenvolvimento em classes de declividade de até 12% de Latossolos Vermelho-Amarelos textura média a psamíticos. Em classes de declividade maiores que 12% ocorrem os Argissolos Vermelho-Amarelos, textura média a arênicos, Alves et al., 2004.

Para caracterização ambiental da região em termos de classes de solos foi utilizado o Mapa de classes de solos, Figura 1. A quantificação das classes de solos é apresentada na Figura 2 e Tabela 2.

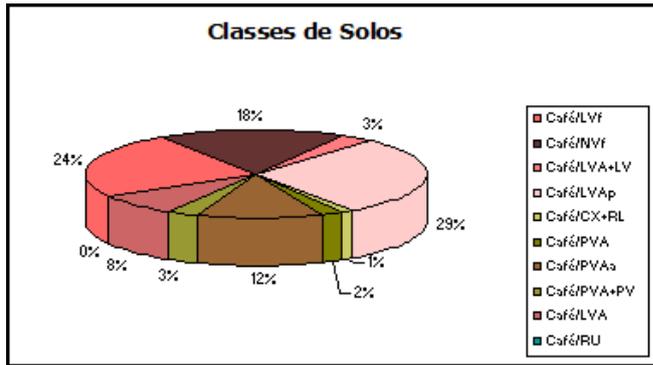


Figura 2. Quantificação das classes de solos.

Tabela 2. Quantificação das classes de solos.

Classes de Solos	Km <sup>2</sup>	%
LVf	122,30	24%
NVf	95,74	18%
LVA+LV	15,26	3%
LVAp	150,71	29%
CX+RL	3,23	1%
PVA	8,24	2%
PVAa	62,33	12%
PVA+PV	17,15	3%
LVA	43,54	8%
RU	1,49	0%
<b>TOTAL</b>	<b>520</b>	<b>100%</b>

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para caracterizar o ambiente cafeeiro da região de São Sebastião do Paraíso, primeiramente foram gerados os mapas de uso da terra de 2000 e 2009 que estão apresentados nas figuras 3 e 4 e a quantificação do parque cafeeiro em apresentados nas figuras 5 e 6. Pode-se observar que a cafeicultura da região de São Sebastião do Paraíso em 2000 ocupava 14% da área e em 2009 apresenta 18 % de ocupação, mostrando que houve um incremento de área plantada de 4%.

A Figura 7 apresenta o mapa de cruzamento entre 2000 e 2009 mostrando a evolução do parque cafeeiro da região e a Tabela 3 os dados quantitativos referentes. Pela análise foi possível observar que 26% das áreas cafeeiras existentes na região no ano 2000 foram extinta e 35% se se mantiveram ocupadas com café. Como no ano 2009 surgiram 39% de novas áreas ocupadas com a cafeicultura, verifica-se que essas áreas plantadas surgiram depois do ano 2000, o que reflete um parque cafeeiro renovado.

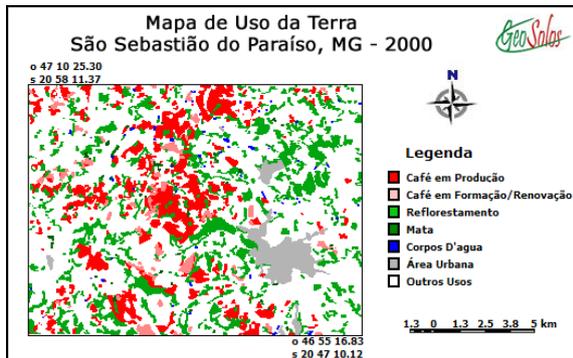


Figura 3. Uso da terra no ano 2000 na área de estudo em São Sebastião do Paraíso, MG.

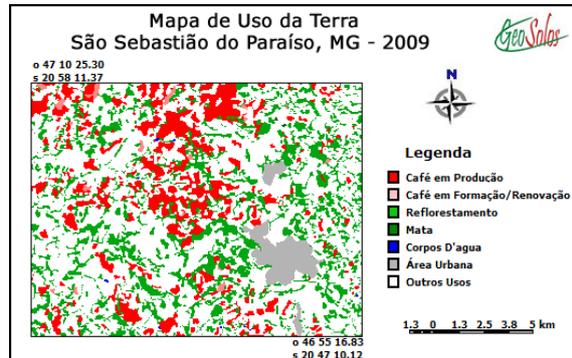


Figura 4. Uso da terra no ano 2009 na área de estudo em São Sebastião do Paraíso, MG.

Pode-se observar neste estudo espaço-temporal um importante padrão de ocupação encontrado na região leste o qual pode ser visto na Figura 7. Nessa região surgiram novas áreas caracterizadas por pequenas lavouras, indicando uma possível expansão da agricultura familiar nessa região. Comparando o parque da região com outros importantes parques cafeeiros do Sul de Minas, verifica-se que o mesmo apresentou poucas mudanças quantitativas, porém esse é um parque cafeeiro renovado. Estudos realizados por Vieira et al. (2009a) na região cafeeira de Machado, Sul de Minas, no mesmo período, mostrou que o parque está em constante modificação e que, apesar de passar por períodos onde a área decresce, a tendência é que a cafeicultura ocupe cada vez mais espaço na região. Já o estudo da evolução espaço-temporal do parque cafeeiro de Três Pontas, mostrou que esse cresceu 7,45% entre os anos 2000 e 2007. As áreas que surgiram no período estudado não apresentam um padrão de mudança e mantiveram a mesma localização constituindo-se de grandes extensões de lavouras cafeeiras, Vieira et al. (2009b).

As Figuras 8 e 9 mostram o cruzamento do mapa de uso da terra de 2000 e 2009 com o mapa de classes de solos. Estes cruzamentos foram realizados com o objetivo de fazer a análise espaço-temporal e observar as transformações ambientais ocorridas na cafeicultura da região durante esses nove anos. Nota-se que a cafeicultura da região está implantada predominantemente na porção oeste da área de estudo, que, segundo Alves et al. (2004) é um ambiente geomorfológico com domínio de basaltos da Formação Serra Geral, com desenvolvimento de Latossolos Vermelhos Férricos e Vermelhos textura média e nas intercalações dos basaltos com arenitos da Formação Botucatu e Grupo Itararé, os Nitossolos Vermelhos Férricos. Esse ambiente é propício para a cafeicultura por apresentar fertilidade natural mais elevada.

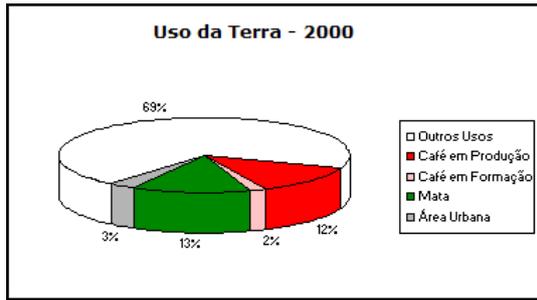


Figura 5. Quantificação das Classes de Uso da Terra.

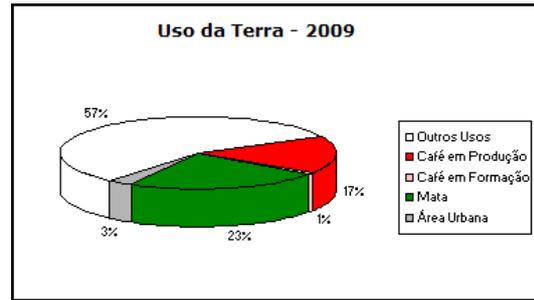


Figura 6. Quantificação das Classes de Uso da Terra.

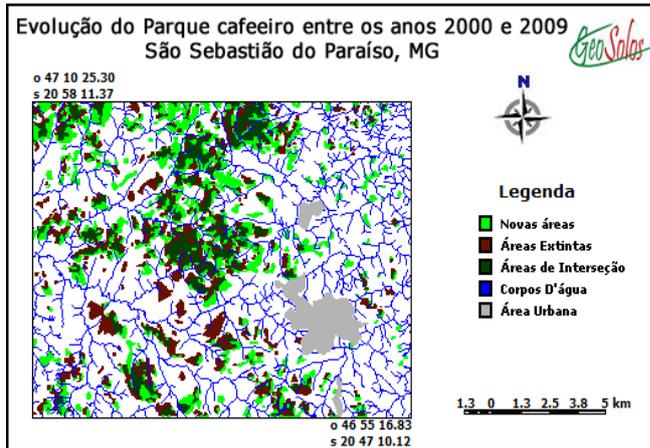


Figura 7: Evolução do parque cafeeiro da região de São Sebastião do Paraíso, MG entre 2000 e 2009.

Tabela 3: Quantificação das classes de evolução do uso da Terra.

Classes de Evolução	km <sup>2</sup>	%
Áreas de Interseção	43	35
Áreas Extintas	32	26
Novas Áreas	48	39
<b>TOTAL</b>	<b>122</b>	<b>100%</b>

Nas Figuras 10 e 11 estão representadas a quantificação das áreas de café em relação às classes de solos. No ano de 2000 o Latossolo Vermelhos férrico era ocupado com 38% das áreas cafeieiras. Já no ano de 2009 essa área reduziu para 31%. No entanto foi observado o aparecimento de novas áreas de café na porção leste da área estudada caracterizadas por pequenas lavouras. Essas novas áreas de café encontram-se em predomínio de Latossolo Vermelho amarelo e Argissolo Vermelho amarelo. Esses solos possuem boas características físicas, e com o manejo adequado da fertilidade, tornam-se aptos para a cafeicultura, Alves et al. (2004).

O uso de geotecnologias permite uma avaliação espacial e quantitativa da cafeicultura da região de São Sebastião do Paraíso, propiciando a visualização do comportamento do parque cafeeiro entre os anos 2000 e 2009. A tendência observada de aumento da área cultivada com café e o aparecimento de novas áreas na porção leste da região precisam ser melhor contextualizada e confrontada com indicadores socioeconômicos, para que esta informação seja melhor utilizada de forma a beneficiar a cadeia produtiva do café.

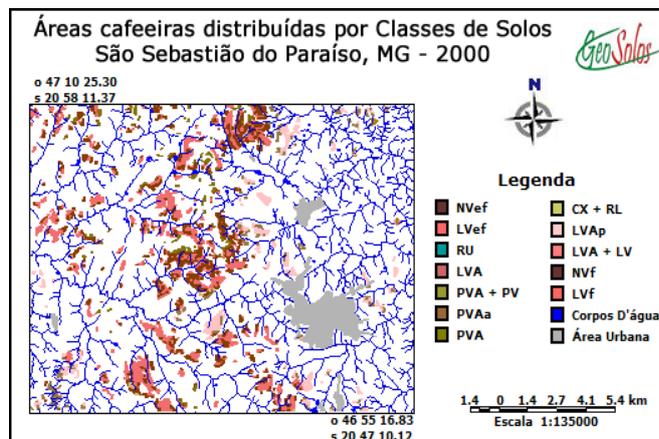


Figura 8. Áreas cafeieiras distribuídas por classes de solos São Sebastião do Paraíso, MG - 2000.

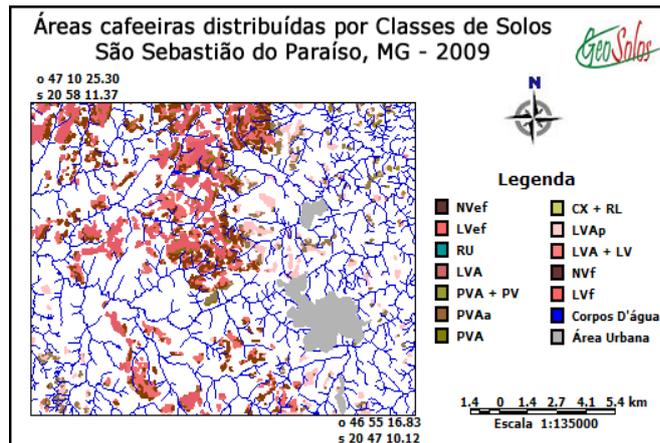


Figura 9. Áreas cafeeiras distribuídas por classes de solos São Sebastião do Paraíso, MG - 2009.

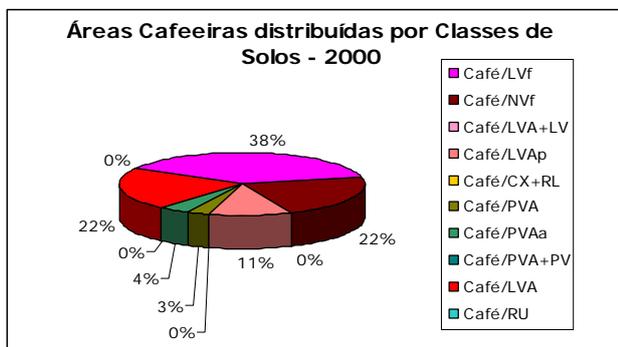


Figura 10. Áreas cafeeiras distribuídas por classes de solos (%) São Sebastião do Paraíso, MG - 2000.

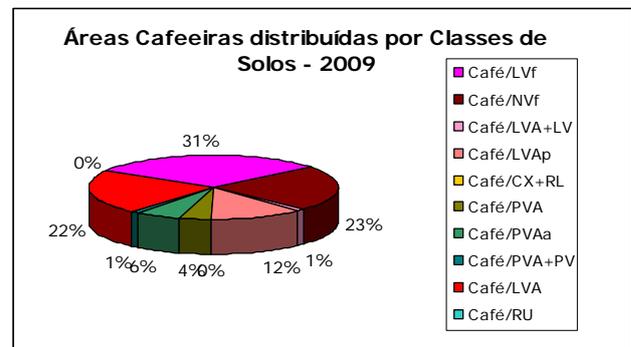


Figura 11. Áreas cafeeiras distribuídas por classes de solos (%) São Sebastião do Paraíso, MG - 2009.

## CONCLUSÕES

A cafeicultura na região encontra-se predominantemente no ambiente geomórfico-geo-pedológico oeste, onde os solos, principalmente os Latossolos Vermelhos férricos, são mais aptos ao cultivo.

O parque cafeeiro de São Sebastião do Paraíso cresceu 4 % entre os anos 2000 e 2009. O estudo espaço temporal da região cafeeira de São Sebastião do Paraíso mostrou que 39% das áreas plantadas surgiram depois do ano 2000, o que reflete um parque cafeeiro renovado. Surgiram novas áreas cafeeiras na porção leste da região, caracterizadas por pequenas lavouras, indicando também uma possível expansão da agricultura familiar na região. As áreas de interseção entre 2000 e 2009, em sua maioria, constituem-se de grandes extensões de lavouras cafeeiras.

O monitoramento do parque cafeeiro desta região é importante, uma vez que estas informações fornecem os subsídios necessários à manutenção de um setor cafeeiro competitivo e sustentável.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por financiar projetos e bolsas de pesquisas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C.; LACERDA, M. P. C.; BERTOLDO, M. A.; ANDRADE, H. **Characterization of Coffee Agroecosystems of The State of Minas Gerais in Brazil**. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XXXV, p. 175-180, 2004.
- FONSECA, L. M. G. **Restauração de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR**. 1988. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. 1988.
- RESENDE, R. J. T. P. de. **Caracterização do meio físico de áreas cafeeiras do Sul de Minas por meio do SPRING**. 2000. 120p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L.; SOUZA, V. C. O.; SANTOS, W. J. R. **Ambiente cafeeiro de Machado: mapeamento do uso da terra e relações tempo-espaço**. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Fortaleza - CE, 2009a.
- VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L.; SOUZA, V. C. O. D. **Análise espacial do parque cafeeiro da região de Três Pontas – MG**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos/SP: MCT/INPE, Natal/RN, p. 6361-6368, 2009b.