

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE AMBIENTES CAFEEIROS DE MINAS GERAIS

Helena Maria Ramos Alves¹

Tatiana Grossi Chquiloff Vieira²

Tiago Bernardes³

Marilusa Pinto Coelho Lacerda⁴

Margarete Marin Lordelo Volpato⁵

Resumo – Este trabalho apresenta a caracterização espaço-temporal de agroecossistemas cafeeiros de Minas Gerais usando geotecnologias para mapear, quantificar e avaliar a ocupação por cafezais em áreas representativas das principais regiões produtoras do Estado. Foram utilizadas imagens multiespectrais e multitemporais, que foram tratadas e interpretadas com o sistema de informação geográfica SPRING, para gerar mapas de uso da terra. As alterações ocorridas nas áreas de estudo foram identificadas e quantificadas. Os resultados indicam comportamentos diferenciados nas regiões avaliadas, o que demonstra o dinamismo das regiões produtoras de café do Estado e a importância do uso de geotecnologias para o conhecimento e monitoramento de sua cafeicultura. O sensoriamento remoto e o sistema de informação geográfica foram eficientes na avaliação das mudanças, propiciando uma melhor compreensão dos ambientes cafeeiros e fornecendo uma ferramenta adequada para a análise de tendências, cenários e proposição de ações alternativas.

Palavras-chave – Caracterização ambiental. Sensoriamento remoto. Sistema de Informação Geográfica. Uso da terra. Café.

¹ Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EMBRAPA CAFÉ, Caixa Postal 176 CEP 37200-000 Lavras-MG.
Correio eletrônico: helena@ufla.br

² Engº Agrimensora, M.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM/IMA, Bolsista Fapemig, Caixa Postal 176 CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: tatiana@epamig.ufla.br

³ Engº Agrº, M.Sc., Bolsista CBP&D/CAFÉ, EPAMIG/CTSM, Caixa Postal 176 CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: tiago@epamig.ufla.b

⁴ Geóloga, D.Sc., Profº. Adjunta UnB-FAV, Caixa Postal 4508, CEP 70.910-97 Brasília-DF. marilusa@unb.br

⁵ Engº Florestal, D.Sc., Pesq. EPAMIG/CTSM, Caixa Postal 176 CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: margarete@epamig.ufla.br

INTRODUÇÃO

O conhecimento do uso da terra é indispensável para a análise dos processos agrícolas e ambientais e para o desenvolvimento sustentado, que deve ter como base planejamentos criteriosos subsidiados por estudos do meio físico e de sua dinâmica evolutiva. As técnicas convencionais de levantamento e atualização de informações sobre a cobertura e uso da terra caracterizam-se pelo alto custo e pela dificuldade de obtenção de dados em curtos períodos de tempo, o que constitui uma limitação para sua aplicação. A crescente disponibilização de séries temporais de dados de sensoriamento remoto aliada ao desenvolvimento de poderosos sistemas de hardware e software para processamento digital de dados geográficos tem contribuído para a popularização de um conjunto de técnicas de grande utilidade no estudo de ambientes agrícolas. Envolvendo ainda o rastreamento por satélite e modelagens estatísticas de dados espaciais, a geotecnologia constitui uma excelente ferramenta para a caracterização e o monitoramento de ambientes agrícolas no tempo e no espaço, com maior precisão e rapidez na geração de dados qualitativos e quantitativos a custos relativamente baixos. Por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) mapas gerados a partir de imagens de satélites podem ser processados e integrados a outras informações como solos, relevo, clima e dados cadastrais provenientes das mais variadas fontes visando à construção de uma base de dados sobre uma dada cultura (NOVO, 1992; FORMAGGIO; EPIPHANIO, 1992; ASSAD; SANO, 1998).

Ao contrário de outras regiões do país, o estado de Minas Gerais possui ambientes muito diferenciados em termos de relevo, geologia, solos e clima. A questão do mapeamento no Estado se agrava devido à sua grande extensão territorial, a esta diversidade ambiental, aos intensos contrastes socio-econômicos entre as suas regiões geográficas e uma dinâmica acelerada do uso das terras. Inserida neste contexto a cultura do café em Minas Gerais destaca-se por sua importância econômica e social para o país. Na cafeicultura mineira existem sistemas de produção diversos, que vão desde a produção de subsistência, passando pela produção familiar, de pequenos produtores rurais até as grandes empresas agroindustriais. Deste modo, produz-se um cenário de grande complexidade a ser gerenciado pelo planejamento agrícola, onde o

elenco de alternativas eventualmente possíveis, de ocupação e uso das terras é muito variado.

Avaliações espaço-temporais de áreas cafeeiras das principais regiões produtoras de Minas Gerais, utilizando sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica, podem gerar informações valiosas para o entendimento da ocupação e utilização dos agroecossistemas, revelando o que está oculto em dados cadastrais ou dificilmente seria inferido pelos métodos tradicionais de análise espacial (ALVES et al, 2000).

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA CAFEICULTURA DAS REGIÕES SUL DE MINAS E ALTO PARANAÍBA

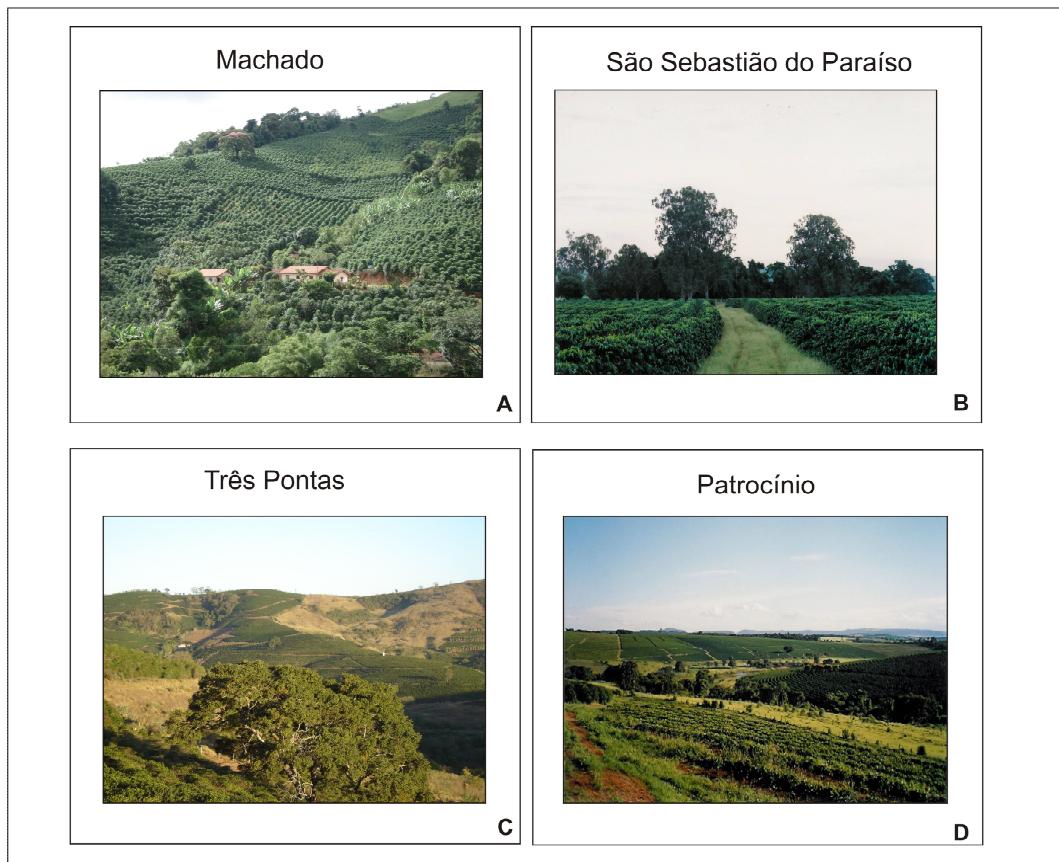


Figura 1 – Aspectos das paisagens regionais e ambientes cafeeiros, onde foram selecionadas as áreas de estudo

FONTE: EPAMIG (2007).

As regiões selecionadas para estudo foram escolhidas pela sua importância para a cafeicultura do Estado e pelas características do ambiente

em que estão inseridas. Foram selecionadas quatro áreas experimentais de 520 km² em municípios representativos das regiões cafeeiras do Sul de Minas e Alto Paranaíba. A Figura 1 mostra as paisagens regionais onde encontram-se inseridas as áreas amostrais e suas características gerais são descritas abaixo:

Região Sul de Minas

- **Machado** é uma das principais regiões produtoras do estado. O ambiente é caracterizado por áreas com altitude de 780m a 1260 m, clima ameno, sujeito a geadas, moderada deficiência hídrica, relevo suave ondulado a forte ondulado, predomínio de Latossolos e solos com horizonte B textural, possibilidade de produção de bebidas finas, sistemas de produção de médio a alto nível tecnológico. A área de trabalho está delimitada pelas coordenadas geográficas 45°47'33" a 46°02'34" de longitude oeste e 21°31'09" a 21°42'05" de latitude sul, ocupando porções das folhas topográficas do IBGE, escala 1:50.000, de Machado e Campestre (Figura 1A).
- **São Sebastião do Paraíso** apresenta um ambiente caracterizado por altitudes que variam de 850m a 1100m, clima mesotérmico, sujeito a geadas, boa disponibilidade de recursos hídricos, relevo ondulado a suave ondulado, onde ocorrem predominantemente Latossolos Vermelhos férnicos e Nitossolos Vermelhos férnicos, possibilidade de obtenção de bebidas finas em sistemas de produção que empregam alta tecnologia. A área selecionada é delimitada pelas coordenadas geográficas 46°55'17" a 47°10'25" de longitude oeste e 20°47'20" a 20°57'59" de latitude sul, englobando porções das cartas topográficas do IBGE, escala 1:50.0000, de São Sebastião do Paraíso e São Tomás de Aquino (Figura 1B).
- **Três Pontas** é uma das principais regiões produtoras de café do país e esteve em primeiro lugar em área plantada no Brasil por muitos anos. Neste município, a cultura cafeeira representa 70% da renda agrícola. O ambiente é caracterizado por uma altitude média de 950 m (variando de 700 a 1.150 m), clima ameno, tropical de altitude, sujeito a geadas,

predominância de relevo suave ondulado e Latossolos e Argissolos vermelhos distróficos e Cambissolos. Possibilidade de produção de bebidas finas, com média a alta tecnologia aplicada. A área experimental é delimitada pelas coordenadas geográficas 45°30'04" a 45°45'10" de longitude oeste e 21°17'13" a 21°28'00" de latitude sul, englobando porções da carta topográfica do IBGE, escala 1:50.000, de Três Pontas (Figura 1C).

Região Alto Paranaíba

- **Patrocínio** possui área delimitada pelas coordenadas geográficas 46°51'34" a 47°06'14" de longitude oeste e 18°36'04" a 18°47'03" de latitude sul, englobando porções das cartas topográficas do Ministério do Exército, em escala 1:100.000 de Patos de Minas e Monte Carmelo. O ambiente é caracterizado por áreas de altiplano com altitudes de 820 a 1100m, clima ameno, moderada deficiência hídrica, relevo plano, suave ondulado a ondulado, com predomínio de Latossolos, possibilidade de produção de bebidas finas, de corpo mais acentuado e sistemas de produção de alto nível tecnológico (Figura 1D).

Foi elaborado um banco de dados digital para cada área-piloto por meio do sistema de informações geográficas SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas - INPE, 2003) e imagens ETM⁺ Landsat 7 dos anos 2000 e 2003 obtidas entre os meses de abril de junho. A partir deste banco de dados foram gerados os mapas temáticos do uso das terras nos anos de 2000 e 2003. As atividades realizadas são apresentadas no fluxograma da Figura 2.

Foram realizadas campanhas de campo para levantamento e georreferenciamento de áreas cafeeiras para estabelecer os padrões para interpretação das imagens. Em cada região foram selecionadas fazendas, que constituíram as áreas de amostragem para o levantamento de dados da cultura cafeeira. As variáveis levantadas nas campanhas de campo, realizadas nos meses de abril a junho (período que antecede a colheita e, portanto, as lavouras estão com vigor vegetativo) foram: área do talhão, idade, altura ou porte, diâmetro médio das plantas, ano de poda, percentagem de cobertura do

terreno por plantas de café, tipo e porcentagem de cobertura vegetal ao longo das ruas, cultivar, densidade populacional, espaçamento entre covas e entre linhas, vigor vegetativo, produção média, declividade, quadrante ou orientação do declive e tipo de solo. Estes dados associados às informações do meio físico contribuíram para a definição dos padrões da cultura cafeeira de cada região. A metodologia e análise detalhada dos dados obtidos podem ser encontrados em Vieira et al (2006b).

METODOLOGIA

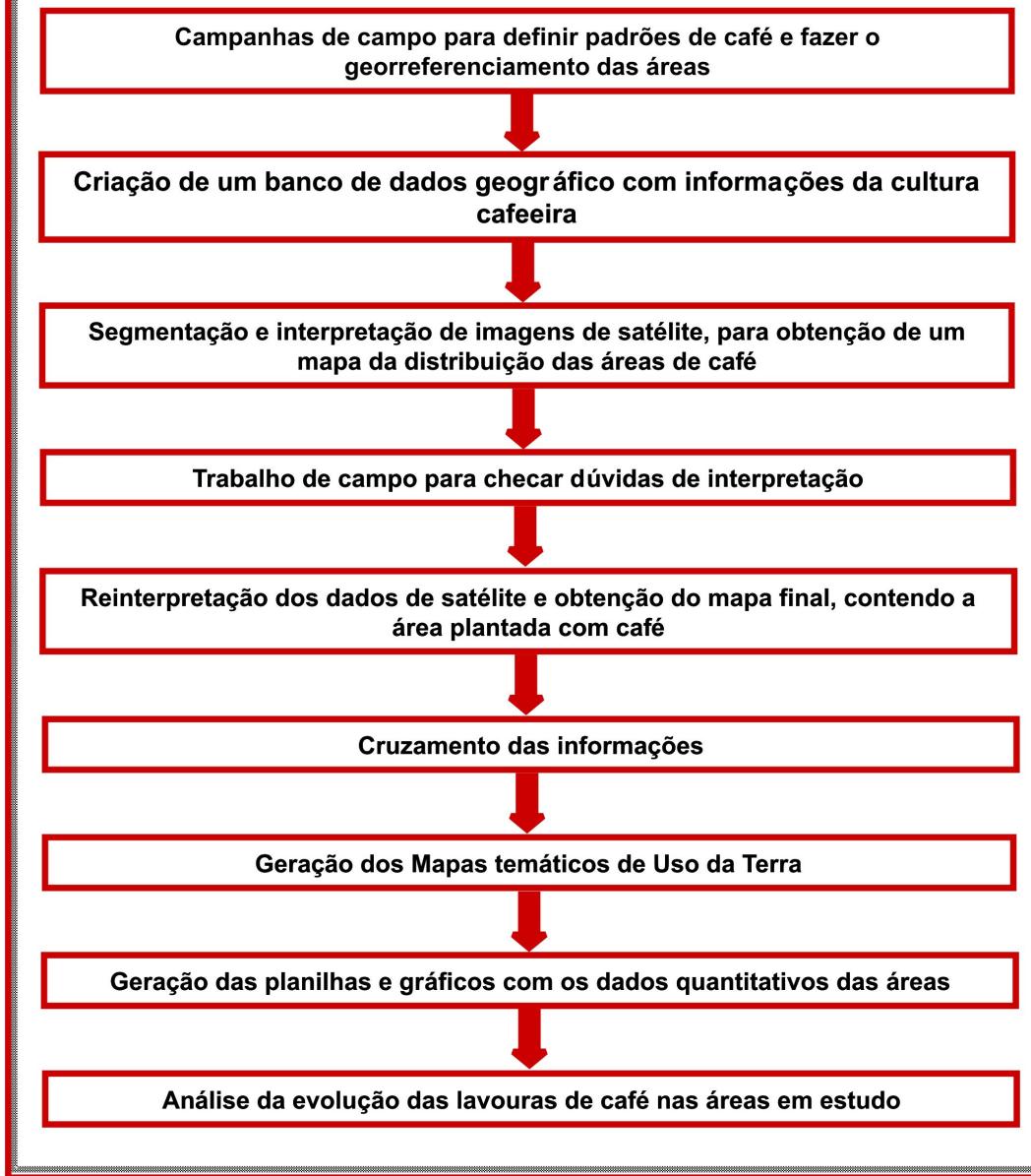


Figura 2 – Fluxograma das atividades realizadas para cada uma das áreas experimentais.

Fonte: Vieira et al (2006b)

Foi realizada a segmentação e posteriormente a interpretação visual das imagens de satélite na composição 3B-4R-5G. Finalizada a interpretação preliminar, fez-se uma checagem no campo dos pontos de dúvida. Para gerar

os mapas temáticos de uso e ocupação das terras das quatro áreas piloto foram definidas as seguintes classes de uso:

- **Café em produção:** correspondente aos cafezais cujos parâmetros de idade (acima de 4 anos), porte (maior que 2 m) e espaçamento de plantio permitiam uma cobertura do solo maior que 50%;
- **Café em formação/renovação:** cafezais com idade abaixo de 4 anos e com exposição parcial de solos e café recém-plantado com solo exposto;
- **Mata:** áreas ocupadas por vegetação natural de porte variado, incluindo matas ciliares, remanescentes de floresta, 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 pinus;
- **Outros usos:** áreas ocupadas por pastagem natural ou plantada e áreas plantadas, em preparação ou pousio de culturas agrícolas anuais ou semiperenes.

Para análise da evolução do parque cafeeiro nas áreas em estudo, fez-se o cruzamento dos mapas temáticos de uso da terra dos anos 2000 e 2003, utilizando-se a linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Processamento Algébrico) do SPRING. As classes criadas foram:

- **Novas Áreas Cafeeiras:** áreas que não estavam plantadas com café em 2000 e que se tornaram áreas de café em 2003.
- **Áreas de Interseção:** áreas classificadas como café em ambas as imagens.
- **Áreas Cafeeiras Extintas:** áreas que na imagem de 2000 foram classificadas como café, mas não aparecem como café na imagem de 2003.

Os mapas dos cruzamentos, gerados no módulo SCARTA e IPLOT do SPRING, são apresentados na Figura 3. Os dados quantitativos referentes às classes de uso café em produção e café em formação/renovação em cada uma das áreas experimentais para os anos 2000 e 2003 encontram-se na Tabela 1.

A Tabela 2 apresenta os valores quantitativos dos cruzamentos dos mapas de café dos dois anos avaliados.

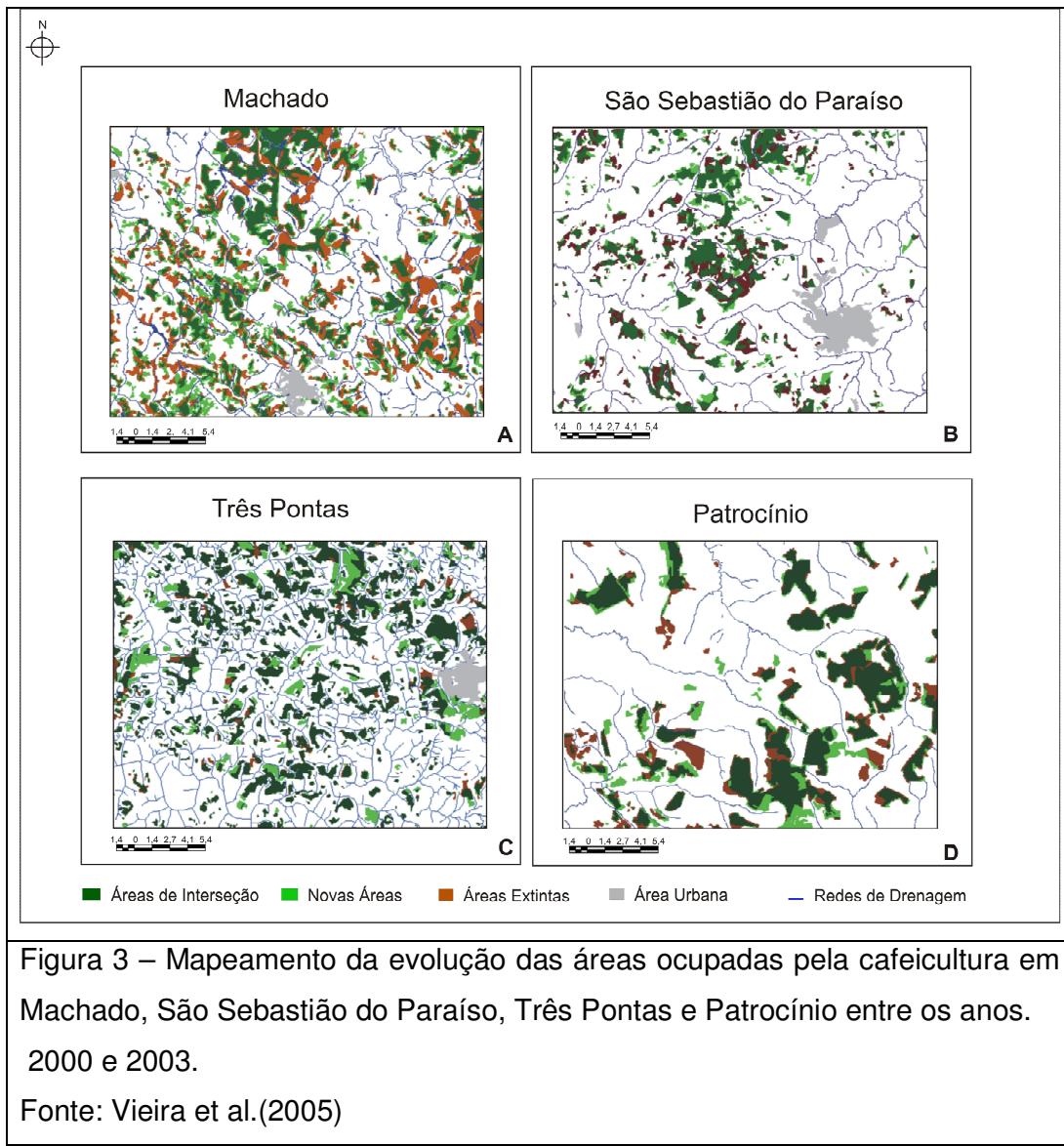


Tabela 1 - Áreas ocupadas pela cafeicultura nas áreas experimentais selecionadas, nos anos 2000 e 2003.

Fonte: Vieira et al.(2005)

| Áreas de Estudo | 2000 | | | | 2003 | | | |
|------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|
| | Café em Produção | | Café em Formação | | Café em Produção | | Café em Formação | |
| | km ² | % |
| Machado | 71,91 | 13,49 | 58,12 | 10,90 | 100,50 | 18,86 | 18,34 | 3,44 |
| Patrocínio | 49,82 | 9,58 | 43,42 | 8,35 | 78,29 | 15,06 | 15,46 | 2,97 |
| S. S. do Paraíso | 64,34 | 12,37 | 12,19 | 2,34 | 55,45 | 10,66 | 6,08 | 1,17 |
| Três Pontas | 51,52 | 10,09 | 49,91 | 9,77 | 56,50 | 11,06 | 63,35 | 12,40 |

Tabela 2 - Resultado dos cruzamentos das áreas cafeeiras mapeadas nos anos 2000 e 2003 para cada uma das áreas experimentais selecionadas.

Fonte: Vieira et al.(2005)

| CRUZAMENTO - 2000/2003 | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|-------|
| | Machado | | Patrocínio | | S.S. do Paraíso | | Três Pontas | |
| Classes | km ² | % | km ² | % | km ² | % | km ² | % |
| Áreas de Interseção | 80,17 | 15,04 | 73,38 | 13,77 | 44,92 | 8,64 | 91,65 | 17,94 |
| Novas Áreas Cafeeiras | 38,54 | 7,23 | 20,38 | 3,82 | 16,09 | 3,09 | 28,20 | 5,52 |
| Áreas Cafeeiras Extintas | 50,40 | 9,46 | 19,88 | 3,73 | 29,84 | 5,74 | 9,78 | 1,91 |

Analisando a Tabela 1 observa-se que nas regiões de Machado e São Sebastião do Paraíso houve um decréscimo nas áreas ocupadas com a cafeicultura, passando de um total de 130,03 km² para 118,84 km² em Machado e de 76,53 km² para 61,53 km² em São Sebastião do Paraíso. Em Patrocínio a área plantada manteve-se inalterada, porém com aumento das áreas de café em produção, mostrando o crescimento acelerado do parque cafeeiro dessa região. Em Três Pontas verifica-se que as áreas cafeeiras tiveram um pequeno acréscimo. Este é o parque cafeeiro com maior renovação observada, devido principalmente à substituição das lavouras antigas.

Pela mesma Tabela 1 observa-se que no ano 2003, 22,30% dos 520 km² da área experimental de Machado eram ocupados pela cafeicultura. Nota-

se que de 2000 para 2003 houve um aumento de 5,37% nas áreas de café em produção e uma redução de 7,46% nas áreas de café em formação. Isto mostra que o parque cafeeiro da região de Machado como um todo diminuiu 2,04%, porém a produção pode ter aumentado devido ao acréscimo nas áreas de café em produção. A Tabela 2 mostra a diminuição do parque cafeeiro, já que as novas áreas cafeeiras são inferiores às áreas extintas. A distribuição espacial destas mudanças pode ser vista na Figura 3A.

Na região de São Sebastião do Paraíso houve uma redução do parque cafeeiro de 2,88% verificada na Tabela 1 e confirmada pela Tabela 2, onde observa-se que as áreas extintas superam as novas áreas ocupadas com a cafeicultura. A redução do parque cafeeiro desta região é apresentada no mapa de evolução da Figura 3B.

O município de Três Pontas foi, durante vários anos, o maior parque cafeeiro, com a maior produtividade da cultura cafeeira do Brasil. Atualmente, caracteriza-se por plantios que estão sendo renovados por diferentes sistemas de podas como indicam as Tabelas 1 e 2. Observa-se um crescimento de 3,6% do total de áreas cafeeiras, distribuídas conforme mostrado na Figura 3C.

Em Patrocínio o parque cafeeiro está em evolução. Na Tabela 1 verifica-se que praticamente não houve mudanças na área total plantada, mas ocorreu um acréscimo de 5,48% do café em produção, devido ao crescimento das áreas plantadas em anos anteriores, acarretando o aumento da produção da região. Os dados contidos na Tabela 2 confirmam que não houve crescimento significativo do parque cafeeiro, porém o mesmo encontra-se em constante alteração, com áreas sendo plantadas e/ou renovadas por algum tipo de poda. A distribuição espacial destas áreas pode ser observada na Figura 3D.

EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NO COMPLEXO SERRA NEGRA EM PATROCÍNIO

A atividade agrícola consiste na maior força de alteração da paisagem e, na maioria das regiões, as alterações resultam de interações no tempo e no espaço entre fatores biofísicos e socioeconômicos (Forman, 1995; Zonneveld, 1995).

No Brasil, mais especificamente no domínio dos cerrados, a partir da década de 70, um fator preponderante nas alterações do uso da terra foi o

conhecimento gerado pela pesquisa, que proporcionou a resolução de problemas limitantes da produção relacionados à fertilidade dos solos do cerrado. Com isso, a partir da década de 70, o cerrado passou a ser incorporado ao processo de expansão da fronteira agrícola no país. Inicialmente foram estabelecidas culturas anuais, seguidas de culturas perenes com grande predominância do café.

O planejamento racional que visa encontrar um ponto de equilíbrio entre o uso racional dos recursos naturais e o potencial sócio-econômico de uma região requer uma avaliação mais ampla e quantitativa, que considere a distribuição espacial e temporal da paisagem agrícola. Esta avaliação pode ser realizada por meio da utilização de imagens de sensores remotos e fotografias aéreas para o mapeamento e análise da evolução do uso da terra (MARCHETTI; GARCIA, 1996; MOREIRA et al., 2004).

Neste estudo foram avaliadas as mudanças no uso da terra na localidade denominada Serra Negra. O Complexo Serra Negra, localizado a leste da cidade de Patrocínio, MG, ocupa um trato de terreno denominado Chapadão do Ferro. A região apresenta características peculiares por estar inserida em uma estrutura dômica. No compartimento interior desta estrutura, todas as vertentes contribuem para a formação de uma rede de drenagem se acumulando na Lagoa do Chapadão do Ferro que, unida à conformação do seu entorno, confere à paisagem forte vocação turística, além da já existente exploração agropecuária. Por outro lado, as características geológicas da área despertam o interesse de empresas de extração mineral (CASSETI, 1977). As Figuras 4 e 5 mostram a localização e características da área de estudo. Ao longo dos anos, tem-se notado o aumento da atividade agropecuária, principalmente com a cultura do café, com a consequente eliminação da vegetação natural e o assoreamento, redução no volume e eutrofização das águas da Lagoa do Chapadão do Ferro. Torna-se importante, portanto, o conhecimento do ambiente local para o correto entendimento das variações encontradas e determinação das possibilidades de aproveitamento conjunto das potencialidades de uso da área de maneira harmônica e sustentável.

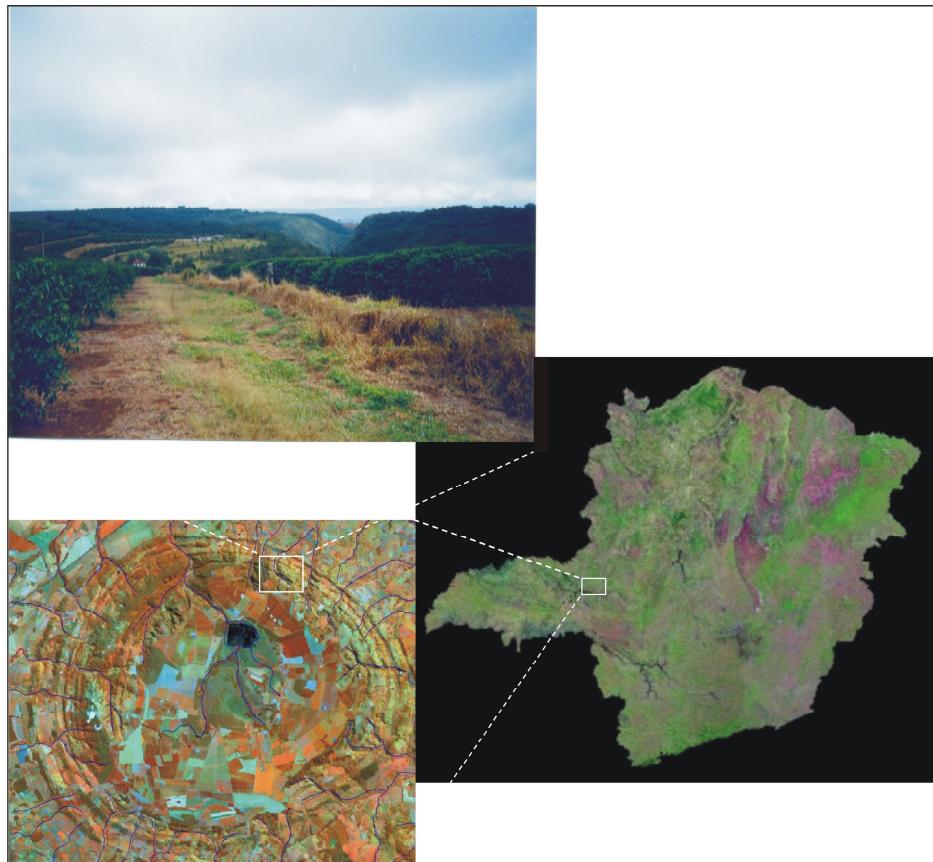


Figura 4 – Localização e características da paisagem e cafeicultura área de estudo, mostradas em imagens Landsat e fotografia digital.

Fonte: Bernardes (2006).

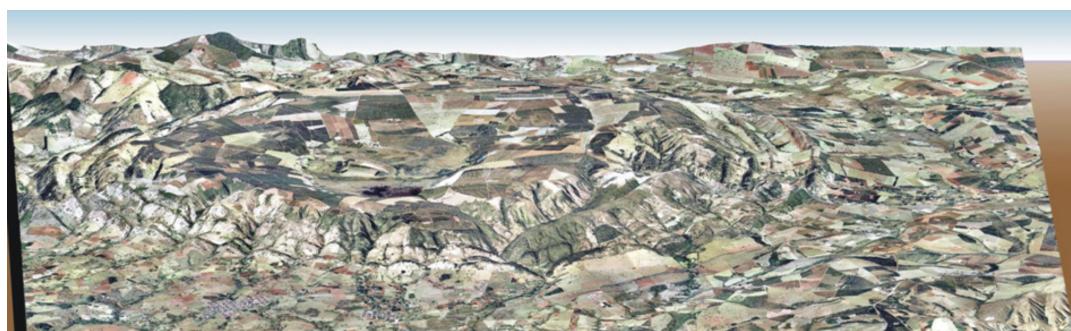


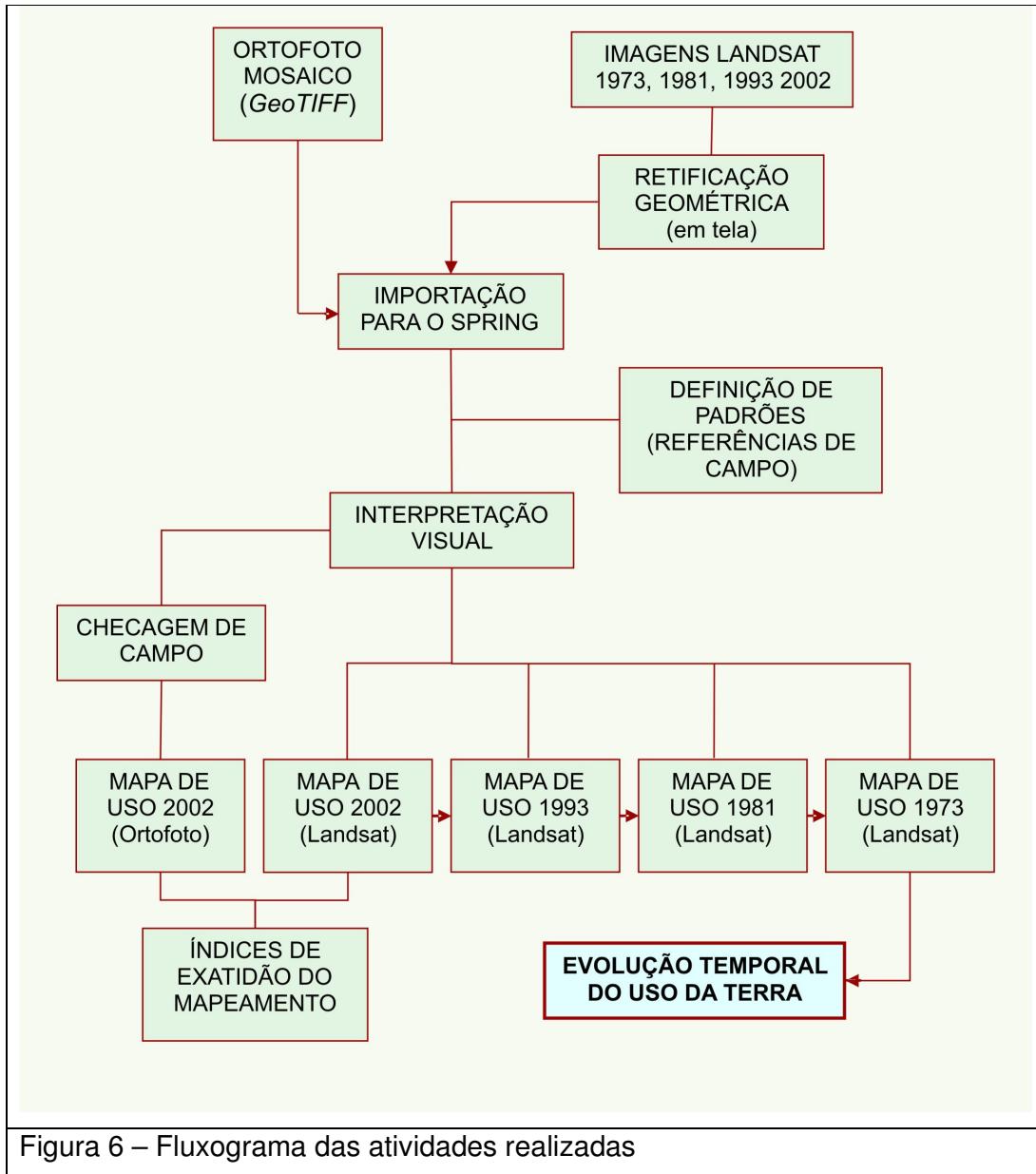
Figura 5 - Fotografia aérea vertical ortorestituída e com Modelo Digital do Terreno.

Fonte: Ortofotomosaico do Complexo Serra Negra; cedido pelo IBGE.

Para a extração das classes de uso da terra foram usadas imagens Landsat-1/MSS e Landsat-5/TM em formato TIFF de diversas datas e um Ortofotomosaico com resolução espacial de 1 metro, em escala 1:25.000, conforme descrito abaixo:

- *Landsat-1/MSS (Multispectral Scanner Subsystem), tomadas em 05 de setembro de 1973 e 08 de agosto de 1981, com resolução espacial de 80 metros, correspondentes à órbita/ponto 236/73, bandas 4, 5 e 6;*
- *Landsat-5/TM (Thematic Mapper), tomadas em 28 de maio 1993 e 16 de julho de 2002, com resolução espacial de 30 metros, correspondentes à órbita/ponto 220/73, bandas 3, 4 e 5;*
- *Ortofotomosaico, para a data de 15 de julho de 2002, com resolução espacial de 1 metro, em escala 1:25.000, material inédito, cedido em caráter extraordinário pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.*

As classes de uso foram compostas da seguinte forma: **Mata** – formações florestais densas e florestas de galeria às margens dos córregos; **Cerrado** – campo sujo, cerrado e cerradão; **Café em Formação** – lavouras em idade não produtiva, ou seja, até 3 anos; **Café em Produção** – lavouras com idade superior a 3 anos; **Solo Exposto** – áreas em preparo para plantio, extração mineral ou com culturas em fase de germinação; **Outros Usos** – áreas com culturas anuais em diversos estágios de desenvolvimento, pastagens e vegetação de brejo; **Água** – correspondente à lâmina d'água na Lagoa do Chapadão do Ferro e represas. A Figura 6 apresenta o fluxograma das atividades realizadas e a Figura 7 apresenta os mapas resultantes do mapeamento do uso e ocupação do solo nas datas selecionadas.



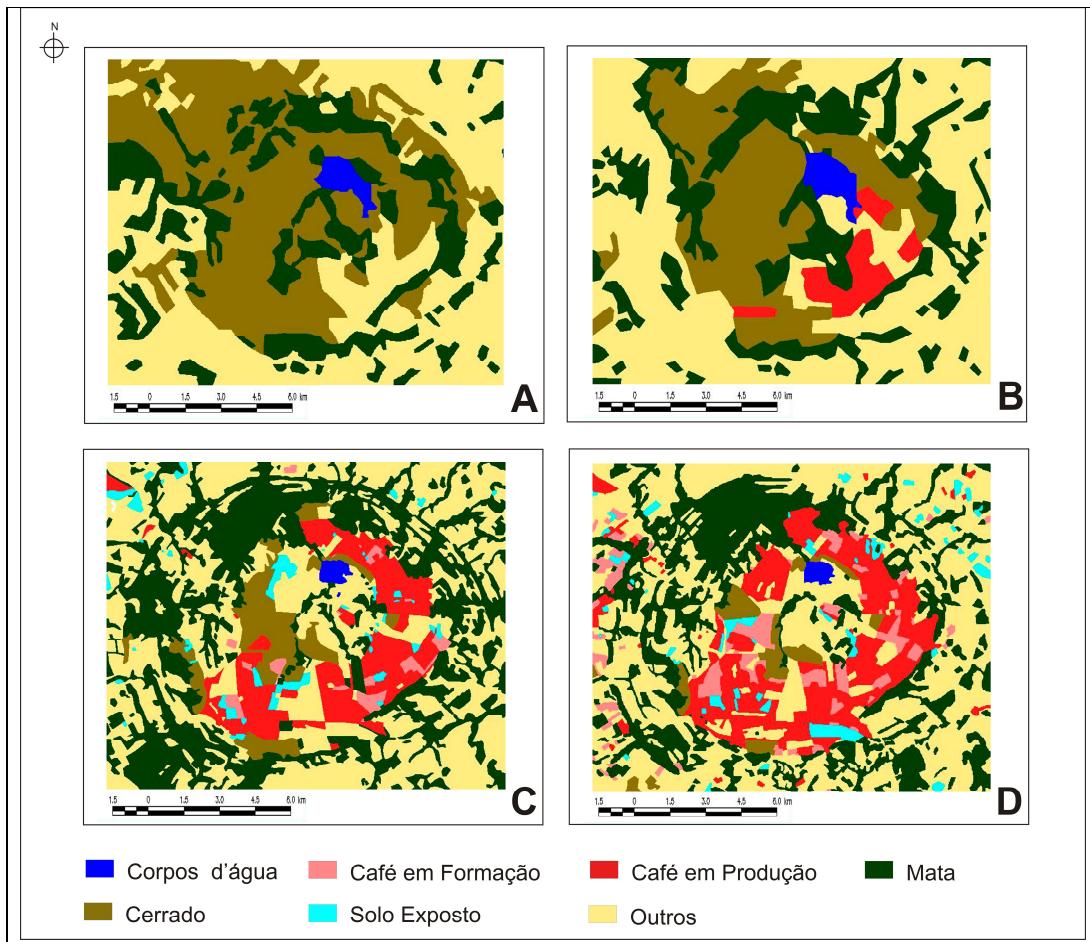


Figura 7 - Classes de uso da terra mapeadas por interpretação visual das imagens Landsat nas datas de 1973 (A), 1981 (B), 1993 (C), 2002 (D).

Fonte: Bernardes (2006).

A Figura 7 ilustra as mudanças no uso da terra dentro do período estudado. Houve influência da baixa resolução das imagens do sensor MSS (80 metros) na discriminação das classes de uso da terra de 1973. Esta imagem apresentou ruído, necessitando de um processamento adicional para remoção do mesmo, que melhorou sua visualização, mas não por completo. Justificadamente, houve considerável confusão entre as classes Mata e Cerrado, que gerou uma superestimativa do cerrado em detrimento das matas, possivelmente pela incorporação das fases de transição entre as duas na classe Cerrado. Ferreira e Azevedo (2003) concluíram que resoluções espaciais mais detalhadas que 50 metros apresentam menor influência na

estimativa de fragmentos de matas ciliares. Contudo, mesmo que a baixa resolução espacial tenha dificultado a discriminação adequada dos diferentes extratos de vegetação nativa, isto não influenciou na determinação da ocupação agrícola da área, uma vez que esta expansão ainda não havia ocorrido. Na comparação dos mapeamentos de 1973 e 1981 observa-se um ligeiro aumento na área de mata, decorrente da melhor condição radiométrica da imagem de 1981 que proporcionou um ganho em qualidade na sua interpretação. Em 1993 a área da classe Mata foi novamente maior, o que pode ser explicado pela melhor resolução espacial do sensor TM (30 metros), que permitiu a adequada individualização das classes Mata e Cerrado. Com a melhor resolução das imagens de 1993 e 2002, foi possível obter uma estimativa mais adequada das condições de uso agrícola, quando a ocupação com culturas anuais e perenes, sobretudo café, foi intensificada. Foram observadas áreas ocupadas com diferentes culturas anuais, café em formação e áreas em preparo para plantio (solo exposto). As áreas de solo exposto em áreas anteriormente ocupadas com vegetação nativa evidenciam a expansão de culturas anuais e as áreas de café em formação, o crescimento do parque cafeeiro.

A Tabela 3 e Gráfico 1 apresentam a área em km² e em porcentagem de ocupação da área total das classes de uso da terra nas diferentes datas de estudo. Para facilitar a análise, as áreas com culturas anuais foram agrupadas na classe Outros Usos e as classes Mata e Cerrado foram agrupadas na classe Vegetação Nativa. A não coincidência dos totais da área nas quatro datas é decorrente de erros operacionais, considerados dentro dos limites aceitáveis (Walsh et al., 1987; Sano et al., 1993).

Tabela 3 - Área das classes de uso da terra do Complexo Serra Negra, mapeadas por interpretação visual das imagens de satélite nas quatro diferentes datas avaliadas.

Fonte: Bernardes (2006).

| CLASSE | 1973 | | 1981 | | 1993 | | 2002 | |
|------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| | km ² | % |
| Água | 2,92 | 1,27 | 3,82 | 1,66 | 1,12 | 0,48 | 1,05 | 0,45 |
| Café formação | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,52 | 1,52 | 12,21 | 5,29 |
| Café produção | 0 | 0 | 9,62 | 4,18 | 25,58 | 11,05 | 35,83 | 15,52 |
| Outros usos | 92,75 | 40,19 | 110,55 | 47,98 | 102,02 | 44,06 | 105,62 | 45,76 |
| Vegetação nativa | 135,07 | 58,54 | 106,41 | 46,18 | 94,79 | 40,94 | 70,60 | 30,59 |
| Solo exposto | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,51 | 1,95 | 5,52 | 2,39 |
| TOTAL | 230,74 | 100 | 230,40 | 100 | 231,55 | 100 | 230,83 | 100 |

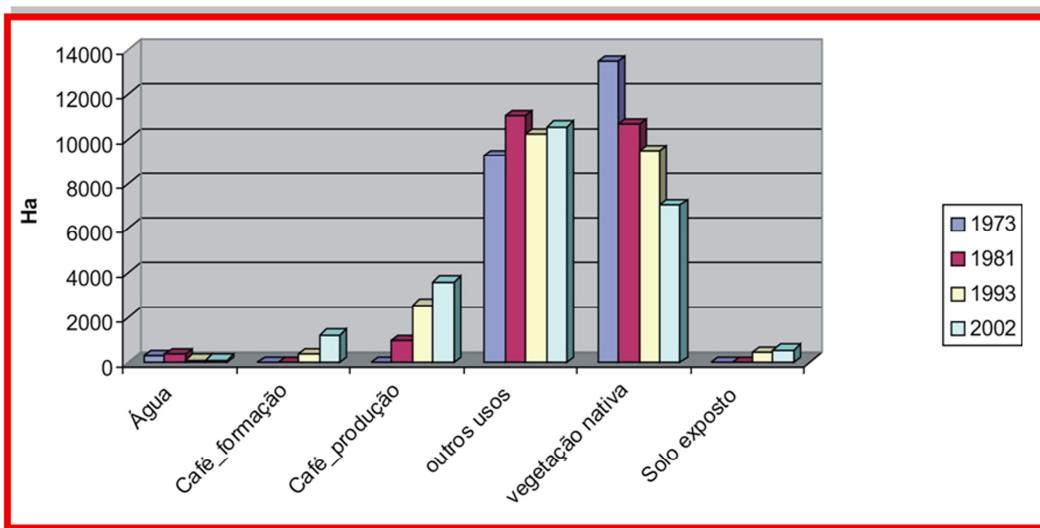


Gráfico 1 – Evolução das áreas das classes de uso da terra do Complexo Serra Negra entre os anos 1973 e 2002.

Fonte: Bernardes (2006).

Em 1973, 58,54% da área eram ocupados por vegetação nativa. Os indícios de desmatamento se concentravam em uma pequena área a sudeste da Lagoa do Chapadão do Ferro servida por uma ramificação da estrada de acesso entre Patrocínio e Cruzeiro da Fortaleza e no entorno do complexo. O início do desmatamento no alto do Chapadão, em faixa adjacente à estrada principal que corta a região, marca o desencadeamento do processo de ocupação agrícola. As áreas não ocupadas por cerrado ou mata perfaziam 40,19% do total e correspondiam basicamente a pastagens ou culturas anuais, refletindo padrões de ocupação típicos da década de 70, com uma pecuária

extensiva e de baixo ou nenhum investimento. Até então a cafeicultura ainda não havia se desenvolvido no cerrado, mas o Plano de Renovação e Revigoramento de Cafezais lançado pelo Governo Federal em 1970, estimularia Minas Gerais (principalmente as regiões Sul de Minas, Triângulo e Alto Paranaíba), a aumentar significativamente seu parque cafeeiro. Com o desmatamento, em 1981 a vegetação nativa já ocupava 46,18% da área total estudada apontando uma redução em torno de 20% da área de mata num período de apenas 8 anos. As áreas de vegetação nativa continuaram dando espaço ao café e outros usos até 1993, com uma redução de cerca de 11% da área existente na década anterior. Cerca de 41% da área total se mantém intacta, sobretudo nas bordas da estrutura dômica e fragmentos descontínuos ao longo dos córregos. Um franco desenvolvimento da atividade agrícola se faz perceber neste período. Aproximadamente 29 km² de café se distribuem pelas extensas áreas de Latossolos no topo da chapada, correspondendo a 12,57% da superfície total de estudo. Culturas anuais passam a ocorrer com mais freqüência na classe Outros Usos, fato inferido pela incidência de grandes áreas em preparo (4,51 km² de solo exposto) para plantio na época em que foi tomada a imagem neste ano.

Em 2002 aproximadamente 20% da área encontrava-se ocupada por lavouras cafeeiras em produção ou formação. Culturas anuais e pastagens, agrupadas na classe Outros Usos ocupavam cerca de 45% da área do Chapadão. Quanto à vegetação nativa, restavam agora 30,59% da área com fragmentos descontínuos de mata em relevo acidentado, ou seja, nas bordas da estrutura dômica, evidenciando uma redução de 64 km² de vegetação nativa ao longo das quatro décadas. Sob os aspectos ecológicos estes fragmentos restantes parecem permanecer nas posições onde realmente são desejáveis, isto é, nas porções mais susceptíveis à erosão devido à ocorrência de declives íngremes e solos menos estruturados como os Cambissolos. Além disso, são nestas áreas onde se concentram a maioria dos cursos d'água e a manutenção destes remanescentes de vegetação nativa deve ser fortemente incentivada para a proteção das nascentes.

A superfície original da Lagoa do Chapadão do Ferro pode ser considerada como aquela detectada na imagem de 1981, que era de 3,82 km² ou 382 ha. Em 2002 a área superficial da lagoa era de 1,05 km² (105 ha), as

áreas de vegetação nativa representavam apenas 30% da área total com uma redução de 64,47 km² (6.447 ha) e o parque cafeeiro local já somava 48,04 km² (4.804 ha), representando 15% da área total. Durante o período de estudo, portanto, foi detectada uma redução na superfície da lagoa de 277 ha. A drástica redução na superfície das águas da lagoa está correlacionada ao desmatamento e incremento nas áreas agrícolas, com o desencadeamento de processos de erosão e eutrofização das águas, evidenciando estreita correlação entre o estado trófico da lagoa e os usos do ambiente terrestre circundante. Foi detectada na lagoa grande concentração de plantas macrófitas aquáticas, indicativo de um aumento da concentração de nutrientes, aliado à remoção da vegetação ripária. Fiorio et al. (2000) detectaram uma redução de 50% nas águas de uma represa na microbacia hidrográfica do Ceveiro, em Piracicaba-SP, em função do crescimento desordenado da cultura da cana-de-açúcar e desencadeamento de processos erosivos em solos Litólicos e Argissolos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da evolução do uso e ocupação das terras nas regiões de Machado, São Sebastião do Paraíso, Três Pontas e Patrocínio indica diferentes comportamentos em cada região produtora, evidenciando a dinamismo das principais regiões cafeeiras de Minas Gerais.

Na área experimental do Complexo Serra Negra, entre 1973 e 2002, observou-se o aumento da ocupação agrícola, principalmente pela cafeicultura, associado a uma acentuada redução das áreas de vegetação nativa, com os remanescentes ocupando as porções mais acidentadas da paisagem, não apropriadas ao uso agrícola. A permanência dos fragmentos restantes é de fundamental importância na preservação das nascentes e conservação do solo. A retirada da vegetação nativa e intensificação da atividade agropecuária provocaram uma redução de cerca de 270 hectares na superfície da Lagoa do Chapadão do Ferro, localizada no interior da estrutura dômica do Complexo, com a crescente ocupação por macrófitas aquáticas e avanço dos colúvios associados à erosão e eutrofização das águas.

A interpretação visual das imagens de sensoriamento remoto se apresentou melhor que todas as classificações automáticas realizadas,

indicando que mesmo em imagens de baixa e média resolução espacial esta técnica pode ser utilizada na avaliação da ocupação da terra.

A utilização do sensoriamento remoto e do sistema de informação geográfica (SPRING) foram eficientes na avaliação da dinâmica espaço-temporal das áreas cafeeiras estudadas, fornecendo subsídios para a análise de tendências e a proposição de cenários futuros e ações alternativas visando a sustentabilidade da cafeicultura mineira.

As geotecnologias permitem uma maior compreensão dos ambientes cafeeiros e a criação de banco de dados georreferenciados que auxiliam no processo de planejamento e gerenciamento agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, H. M. R.; RESENDE, R. J. T. P.; ANDRADE, H. Utilização do SPRING para avaliação do uso da terra em agroecossistemas cafeeiros da região de São Sebastião do Paraíso-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2000. v.2, p.1364-1367.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas -** aplicações na agricultura. 2., Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1998. 434 p.

BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.** 2006. 119f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

CASSETI, V. **Estrutura e gênese da compartimentação da paisagem de Serra Negra – MG.** 1977. 124f. Dissertação (Mestrado em Geomorfologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

FERREIRA, M. C.; AZEVEDO, T. S.; Influência da resolução espacial na estimativa da dimensão fractal de fragmentos de matas ciliares. SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., Belo Horizonte, 2003.
Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p.2721-2727, CD ROM.

FIORIO, P. R.; DEMATTÉ, J. A. M.; SPAROVEK, G. Cronologia do impacto ambiental do uso da terra na Microrregião do Ceveiro, em Piracicaba, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.671-679, abr. 2000.

FORMAGGIO, A. R.; ALVES, D. S.; EPIPHANIO, J. C. N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.249-256, 1992.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics:** the ecology of landscapes and regions. Cambridge: University Press, 1995. 632p.

INPE. **Manual de usuário: manual do SpringWeb 3.0.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. 32p. Disponível em < http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/spring_web/manual_springweb.pdf>. Acesso em: Agosto/2007.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação.** São Paulo: Nobel, 1996. 264 p.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, 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, mar. 2004.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto:** princípios e aplicações. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308p.

SANO, E. E.; LUIZ, A. J. B.; ASSAD, E. D.; BEZERRA, H. S.; MOREIRA, L. Estimativa de erros cometidos pelo sistema de informações geográficas SGI na medida de áreas de polígonos. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE**

GEOPROCESSAMENTO, 2., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EDUSP, 1993, p.105-120.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; SOUZA, V. C. O.; BERNARDES, T.; LACERDA, M. P. C. Assessing and mapping changes, in space and time, of coffee lands of the state of Minas Gerais in Brazil. In: ISPRS THECNICAL COMMISSION SYMPOSIUM, 2., 2006, Vienna. **Proceedings...** Vienna: ISPRS, 2006a. p.31-35.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; LACERDA, M. P. C.; VEIGA, R. D.; EPIPHANIO, J. C. N. Crop parameters and spectral response of coffee (*Coffea arábica* L.) áreas within the State of Minas Gerais, Brazil. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p.111-118, jul./dez. 2006b.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; BERTOLDO,M. A.; SOUZA, V.C.O. Uso de geotecnologias na avaliação espaço-temporal das principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,12.,2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p.313-320, CD ROM

WALSH, S. J.; LIGHTFOOT, D. R.; BUTHLER, D. Recognition and assessment of error in geographic information systems. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.53, n.10, p.1423-1430, 1987.

ZONNEVELD, I. S. **Land Ecology**. SPB Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands, 1995.