

WALBERT JÚNIOR REIS DOS SANTOS

**GEOTECNOLOGIAS PARA O ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA
CAFEICULTURA DA REGIÃO DE SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO,
MG**

Relatório de projeto orientado apresentado à
EPAMIG na Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do curso de
Agronomia, para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientadora
Pesq. Tatiana Grossi Chquiloff Vieira

LAVRAS-MG
2009

WALBERT JÚNIOR REIS DOS SANTOS

**GEOTECNOLOGIAS PARA O ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA
CAFEICULTURA DA REGIÃO DE SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO,
MG**

Relatório de projeto orientado apresentado à
EPAMIG na Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do curso de
Agronomia, para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

APROVADA em ____ de _____ de ____.

Prof. _____

Prof. _____

Prof. _____

Pesq. Orientadora

LAVRAS-MG
2009

Dedico aos meus pais Waldemar e Rita.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Rita e Waldemar, por possibilitarem essa conquista;

Ao meu irmão Wesllen;

À querida Gil, pelo incentivo e amor;

A toda equipe da EPAMIG/GeoSolos pelos ensinamentos, amizade, acolhida durante toda a graduação e total contribuição para o desenvolvimento do trabalho, em especial às pesquisadoras Helena Maria Ramos Alves, Margarete Marin Lordelo Volpato e Tatiana Grossi Chquiloff Vieira;

Aos meus amigos Cássio, Gaspar (*in memoriam*), Parado, João Paulo, Richardson e Zélio, e todos os colegas conquistados na UFLA;

A toda minha família, pela torcida;

À Universidade Federal de Lavras, todos os professores e funcionários, em especial aos professores que tive maior contato professores Hécio Andrade, Vicente Gualberto, Geraldo César de Oliveira, Marx Leandro Naves Silva;

À FAPEMIG e Consórcio Pesquisa Café, pelo financiamento da bolsa de iniciação científica.

Obrigado Todos!

Sumário

Lista de Figuras	6
Lista de Tabelas	8
1. Introdução	9
2. Revisão de Literatura	10
2.1. Geotecnologias	10
2.1.1. Sensoriamento Remoto	10
2.1.2. Sistema de Informação Geográfica (SIG)	12
2.2. Geotecnologias para mapeamento do uso da terra	14
2.2.1. Mapeamento da cultura do Café	15
3. Materiais e Métodos	18
3.1. Metodologia	18
3.2. Localização e caracterização do ambiente	18
3.3. Imagens de satélites	20
3.4. Processamento dos dados	20
3.5. Interpretação visual das imagens	21
3.6. Dados secundários	22
3.7. Caracterização do ambiente cafeeiro	22
3.7.1. Altitude, Relevo e Orientação de Vertente	23
3.7.2. Solos	24
3.8. Evolução do Parque Cafeeiro	26
4. Resultados e Discussão	27
4.1. Caracterização da Área	27
4.2. Uso da Terra	30
4.3. Caracterização do ambiente cafeeiro 2009	34
4.4. Evolução do Parque Cafeeiro entre os Anos de 2000 e 2009	40
5. Conclusão	45
6. Referências Bibliográficas	46

Listas de Figuras

Figura 1.	Metodologia do desenvolvimento do trabalho	19
Figura 2.	Mapa de Altitude, São Sebastião do Paraíso, MG	27
Figura 3.	Mapa de Relevô, São Sebastião do Paraíso, MG	27
Figura 4.	Mapa de Orientação de Vertentes, São Sebastião do Paraíso, MG	28
Figura 5.	Mapa de Solos, São Sebastião do Paraíso, MG	28
Figura 6.	Uso da Terra ano 2000, São Sebastião do Paraíso, MG	31
Figura 7.	Uso da Terra ano 2003, São Sebastião do Paraíso, MG	31
Figura 8.	Uso da Terra ano 2005, São Sebastião do Paraíso, MG	32
Figura 9.	Uso da Terra ano 2009, São Sebastião do Paraíso, MG	32
Figura 10.	Quantificação das Classes de Uso da Terra	33
Figura 11.	A- Imagem Landsat TM, pixel de 30 m, ano 2005, B- Imagem Landsat TM, restaurada para 10 m, ano 2009	34
Figura 12.	Áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Altitude	34
Figura 13.	Quantificação da distribuição das Classes de Café em Classes de Altitude, São Sebastião do Paraíso, MG, 2009	35
Figura 14.	Áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Relevô	35
Figura 15.	Quantificação da distribuição das Classes de Café em Classes de Relevô, São Sebastião do Paraíso, MG, 2009.....	36
Figura 16.	Áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Orientação de Vertente	36
Figura 17.	Quantificação da distribuição das Classes de Café em Classes de Orientação de Vertentes, São Sebastião do Paraíso, MG, 2009.	37
Figura 18.	Áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Solos	37
Figura 19.	Quantificação da distribuição das Classes de Café em Classes de Solos, São Sebastião do Paraíso, MG, 2009.	38

Figura 20.	Classes de Altitude e Café x Altitude em km ² , e a ocupação percentual da cultura do café na classe.	39
Figura 21.	Evolução do parque cafeeiro da região de São Sebastião do Paraíso, MG, entre os anos de 2000 e 2009.	41
Figura 22.	Gráfico da tabulação cruzada entre Classes de Evolução e Altitude	42
Figura 23.	Gráfico da tabulação cruzada entre Classes de Evolução e Relevo	42
Figura 24.	Gráfico da tabulação cruzada entre Classes de Evolução e Solos	43

Lita de Tabelas

Tabela 1.	Modelo de correlação entre classes de declividade, domínios geológicos e classes de solo	25
Tabela 2.	Quantificação das Classes de Altitude	29
Tabela 3.	Quantificação das Classes de Relevo	29
Tabela 4.	Quantificação das Classes de Orientação de Vertentes	29
Tabela 5.	Quantificação das Classes de Solos	30
Tabela 6.	Quantificação das Classes de Evolução do Uso da Terra ...	41
Tabela 7.	Tabulação entre classes de evolução do uso da terra e Classes de Altitude	44
Tabela 8.	Tabulação entre classes de evolução do uso da terra e Classes de Relevo	44
Tabela 9.	Tabulação entre classes de evolução do uso da terra e classes de solo	44

1. Introdução

O uso da terra é um processo dinâmico, entre os fatores que modificam o uso da terra estão: a necessidade de produção de alimentos e energias alternativas, oscilação dos preços dos produtos agrícolas, conservação do meio ambiente, aumento da população, entre outros.

A busca por metodologias eficientes para o monitoramento desses fatores e a compreensão dessa dinâmica é fundamental para construção de uma agricultura sustentável e passível de gerenciamento. Nesse contexto, geotecnologias, como imagens de satélites e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), possibilitam monitorar grandes extensões, com maior periodicidade e custo relativamente baixo quando comparado ao monitoramento tradicional.

Minas Gerais é o maior produtor brasileiro de café e a região sul contribui com mais de 50% da produção mineira. A região produz café arábica e a altitude média é de aproximadamente 950 metros. As variedades mais cultivadas são o Catuaí e o Mundo Novo. A cafeicultura foi inserida na região na década de 1850 e muitas cidades surgiram a partir das grandes fazendas. Devido a aspectos climáticos, a região também é a principal produtora dos cafés tipo *gourmet*, cafés especiais que possuem nuances diferentes e se destacam pelo sabor diferenciado e pelo aroma mais acentuado. Por esta razão são considerados diferentes comercialmente e tornam-se muito valorizados no mercado. Com 70% da renda das propriedades rurais do Sul de Minas vindas do café, percebe-se a importância dessa cultura na região (Coffee Breake, 2009).

Segundo Vieira et al. (2009a) mudanças na área ocupada pela cultura do café refletem mudanças econômicas e ambientais. Justificando a importância da realização de uma análise espaço-temporal, que responderá como o parque cafeeiro evolui num determinado período de tempo.

A região de São Sebastião do Paraíso, sul de MG, é um importante pólo de produção de café de Minas Gerais, onde o café conjuntamente com a bovinocultura de leite são as principais atividades agrícolas da região.

O objetivo desse trabalho foi mapear e caracterizar o parque cafeeiro da região de São Sebastião do Paraíso, MG, e estudar a evolução da cafeicultura por meio de geotecnologias entre os anos de 2000 e 2009.

2. Revisão de Literatura

2.1. Geotecnologias

As geotecnologias são conjuntos de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. Estas são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem em poderosas ferramentas para tomada de decisão, também chamadas de "Geoprocessamento". Dentre estas geotecnologias estão o Sensoriamento Remoto por Satélites e o Sistema de Informação Geográfica - SIG (Assad, 1993).

2.1.1. Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é um modo de coleta de dados a alguma distância do objeto de interesse, diferentemente da coleta *in situ* ou *in locu* que ocorre diretamente em campo (Jesen, 2009).

Novo (1995) define sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações. Estes sensores são equipamentos capazes de detectar e registrar a energia proveniente de um objeto,

convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo de forma adequada à extração de informação.

Crosta (1993) define 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.

Segundo Jesen (2009) há definições mais globalizantes, que o autor chama de “*definição máxima*” referindo apenas a aquisição de dados sobre um objeto sem tocá-lo, e outras mais restritas, “*definição mínima*”, que adiciona qualificadores e mais qualificadores numa tentativa, de assegurar que apenas funções legítimas sejam incluídas do termo; segundo o autor, cada uma das definições é correta num contexto apropriado.

Segundo Moreira (2005), sensoriamento remoto, tem sido definido de várias maneiras, no entanto, todas elas expressam uma idéia comum, ou seja, é um sistema por meio do qual se obtêm informações a respeito dos recursos naturais renováveis e não-renováveis do planeta Terra, pela utilização de sensores colocados em aviões satélites ou mesmo nas superfícies.

Imagens de satélites são produtos do sensoriamento remoto orbital, que possibilitam o estudo dos recursos naturais de modo periódico e a custo relativamente mais baixo que os métodos tradicionais. Segundo Machado (2002) o uso de imagens de satélite representa uma ferramenta de grande utilidade para fins de mapeamento, devido a sua grande abrangência, em termos de área, periodicidade de imageamento em intervalos curtos, possibilidade de análise visual e espectral e baixo custo. Campos et al. (2004) salientam que as imagens de satélite, em forma digital ou papel, são muito importantes e úteis, pois

permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento.

Dessa forma, o sensoriamento remoto é uma importante ciência que vem cada vez mais, contribuindo para a obtenção de informações sobre os recursos naturais, de forma mais rápida, sendo, a cada dia, aperfeiçoada tecnológica e metodologicamente, a fim de suprir a alta demanda pelo conhecimento da superfície da terra (Moura, 2007).

2.1.2. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

SIG é um modelo matemático dinâmico construído com um banco de dados digitais gerenciados para facilitar a atualização e a aplicação dos dados georreferenciados de infinitas camadas de informação no planejamento e otimização de uma determinada tarefa (Liu, 2007).

Segundo Moreira (2005) os SIGs apresentam duas características principais, a primeira é que permitem inserir e integrar, numa única base de dados (banco de dados), informações espaciais provenientes de diversas fontes, como: cartografia, imagem de satélites, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de redes e de MNT (Modelo Numérico de Terreno). A outra característica é que os SIGs oferecem mecanismo para combinar várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados.

O SIG é constituído de cinco componentes independentes, porém interligados uns aos outros por meio de funções específicas. Os componentes do SIG, segundo Moreira (2005) são:

- **Interface:** Conjunto de funções que serve como suporte de entrada e integração dos dados;

- **Entrada e integração de dados:** Refere-se os aspectos de aquisição de dados espaciais contidos em mapas, imagens, dados de campo, etc.;
- **Consulta e análise espacial:** Possibilita aos operadores analíticos a manipulação do conjunto de dados, para gerar novas informações;
- **Visualização e plotagem:** Permite visualizar e plotar os dados, sejam espaciais ou alfa numérico;
- **Banco de dados geográficos:** Conjunto de arquivos estruturados, de forma a facilitar o acesso a algumas informações que descrevem determinadas entidades do mundo real.

Existe uma diversidade de aplicação no SIG, o que permitiu sua inclusão à rotina de várias áreas do conhecimento, tendo como consequência o seu uso pelos mais diversos profissionais (Burrough, 1986), porém, para alcançar seu objetivo de aplicações diversas, a construção de um banco de dados digitais georreferenciados é crucial. Os processos incluem a escolha, obtenção e armazenagem de dados, de modo padronizado, em escalas compatíveis para fornecer e facilitar aos usuários a utilização, recuperação e manipulação das várias camadas de dados para atender suas aplicações específicas (Liu, 2007).

A possibilidade de integrar informações de diferentes fontes, e fazer análises e operações complexas de dados espaciais torna o SIG uma ferramenta poderosa para estudos ambientais, segundo Burrough (1986), o SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real. Silva (2003) ressalta, porém, que a utilização dos SIGs não garante a certeza e a segurança de que o produto final corresponda às alternativas de soluções corretas. A qualidade do banco de dados determinará a qualidade dos resultados obtidos, especialmente no que diz respeito às formas de representações geográficas.

Os SIGs têm modificado as atividades de caracterização ambiental do ponto de vista metodológico, tornando-as mais ágeis, ao combinar os avanços da cartografia automatizada e dos sistemas de manipulação de banco de dados com o desenvolvimento da análise geográfica (Vieira et al., 2006).

De forma genérica, sempre que o “*onde*” aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG (Câmara et al., 2001).

2.2. Geotecnologias para mapeamento do uso da terra

O mapeamento do uso da terra é de extrema importância, pois existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso e ocupação do solo para que tendências possam ser analisadas com o objetivo de fornecer subsídios às ações de planejamento regional (Rosa, 1990).

As primeiras classificações de uso da terra baseavam-se em trabalhos de campo. Posteriormente, a partir de década de 50, um grande número de pesquisadores em várias partes do mundo têm se dedicado à identificação detalhada de culturas agrícolas em fotografias aéreas (Steiner, 1970). Na década de 70, com o advento das imagens orbitais, essas começaram a ser utilizadas por diversos pesquisadores para o mapeamento do uso da terra.

Imagens de satélites tornam-se atraentes para o mapeamento e monitoramento do uso da terra, devido a periodicidade dos dados, grande área capturada, e custos relativamente baixo, ou, até, fornecidas gratuitamente, a exemplo das imagens da série Landsat e CBERS disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Segundo Freitas Filho (1993), as vantagens de se utilizar imagens de satélite para mapeamento, são de atingir grandes áreas, de difícil acesso e fazer o imageamento a altitudes, possibilitando uma visão sinóptica da superfície terrestre, com repetitividade, viabilizando, portanto, as ações de monitoramento.

Estudos empregando imagens de satélite para o mapeamento de áreas agrícolas, no Brasil foram realizados, em diferentes culturas, como cana-de-açúcar, trigo, arroz, feijão e café, etc (Moreira, 2004).

2.2.1. Mapeamento da cultura do café

A necessidade do aumento de produção de alimentos para suprir a demanda da população em crescimento, tem causado sérios danos ao meio ambiente, reflexo, segundo Demattê et al. (2004), de uma urbanização, industrialização, desflorestamento e falta de planejamento do uso da terra; evidenciando a necessidade, segundo os mesmos autores, na sistematização do mapeamento e monitoramento das terras, como base para uma produção agrícola sustentável, preservando o ambiente.

Segundo Sanches et al. (2005), para o monitoramento da atividade agrícola, é preciso fazer um acompanhamento periódico, visto que as culturas levam um determinado tempo para se desenvolver. Para acompanhar a dinâmica agrícola, o caráter global, sinóptico, multiespectral e repetitivo do sensoriamento remoto tornam-se altamente qualificados para essa atividade, principalmente em países de grandes dimensões como o Brasil.

Segundo Moreira (2004) a cultura do café destaca-se historicamente no desenvolvimento do País. Além do emprego direto, o agronegócio do café proporciona, no setor urbano, emprego indireto nas fases de beneficiamento e comercialização do produto.

Minas Gerais é o estado que mais produz café no Brasil, sendo que a região sul contribui com a metade dessa produção, é a cultura mais importante da região, com 70% da renda das propriedades rurais provenientes do café.

A cafeicultura mineira não é estática, ou seja, está em constante transformação, especialmente pela necessidade atual de renovação do parque cafeeiro mineiro. Mudanças na área ocupada pela cultura na região refletem

mudanças econômicas e ambientais. A avaliação de tais mudanças pode subsidiar tomada de decisão por parte de toda cadeia produtiva do café, incluindo planejadores e legisladores. Visto que, uma região que possui sua cobertura do solo mapeada está mais apta a obter melhores estimativas de safra, e ter uma melhor política de uso da terra para o desenvolvimento da região. Daí a importância da realização de uma análise espaço-temporal, que responderá como o parque cafeeiro evolui num determinado período de tempo (Vieira et al., 2009b).

Estudos empregando sensoriamento remoto e SIG para o mapeamento de áreas cafeeiras demonstram o potencial dessas ferramentas, assim como em estudos temporais.

A cultura do café tem sido estudada por meio do sensoriamento remoto desde o lançamento do primeiro satélite da série Landsat. Os resultados dos primeiros estudos realizados com imagens do sensor MSS (Multispectral Scanner Subsystem) do Landsat 1, 2 e 3, para identificação e estimativa de áreas com café, não permitiram uma adequada discriminação dos cafezais em relação aos alvos adjacentes (Velloso, 1974; Velloso e Souza, 1976; Velloso e Souza, 1978). Posteriormente, Tardin et al. (1992) mostraram que esta cultura poderia ser mapeada através de imagens do sensor TM do Landsat-5. Todavia, este trabalho não explorou o aspecto multitemporal das imagens e não definiu épocas mais favoráveis para identificação das lavouras de café e sua discriminação dos demais alvos da cena. Aspectos culturais da lavoura de café, tais como: espaçamento, idade, cultivar, face do relevo e tratamentos culturais, podem ter influência relevante no comportamento espectral e também não foram considerados nos trabalhos citados acima. Moreira et al. (2004) mostraram que a cultura do café, embora apresente variações no comportamento espectral, devido a fatores como espaçamento, idade, época do ano, essa cultura pode ser identificada e mapeada em imagens de satélites com razoável precisão, desde

que existam informações sobre a cultura, quer seja de levantamento subjetivos ou de técnicos que trabalham na área que esta sendo classificada.

Vieira et al. (2009 a, b), estudaram a evolução do parque cafeeiro das regiões de Três Pontas e Machado, MG, por meio de imagens dos satélites Landsat 5/TM e Landsat 7/MSS, as áreas cafeeiras foram mapeadas por meio de classificação automática e refinadas através da classificação visual nos anos de 2000, 2003, 2005 e 2007, para todo o processamento dos dados utilizaram o SIG Spring (Câmara, et al. 2006). Em Três Pontas, observaram que o parque cafeeiro cresceu 7,45%, e em Machado, 7,62%. Os autores, salientam, que a utilização de dados de sensoriamento remoto foi imprescindível nesse estudo, assim como o sistema de informação geográfico, o qual possibilitou tanto o mapeamento, como a análise espaço-temporal.

Moreira et al. (2008) utilizaram imagens do sensor CBERS/CCD, e Landsat5/TM, para o mapeamento das áreas cafeeiras dos municípios de Aguanil, Boa Esperança, Campo Belo e Cristais, em MG, e auxílio das imagens do Google Earth (2006). As imagens foram classificadas de forma supervisionada com o classificador Maxver e posteriormente realizaram a interpretação visual para a correção dos erros de omissão e inclusão. Segundo os autores, os resultados mostraram que foi possível identificar e mapear as áreas cultivadas com café por meio de imagens de satélites de sensoriamento remoto.

3. Materiais e Métodos

3.1. Metodologia

A figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia do trabalho.

3.2. Localização e caracterização do ambiente

A região de São Sebastião do Paraíso, MG esta localizada no sudeste do país, no sul do estado de Minas Gerais, onde o café e a bovinocultura de leite são as principais atividades agrícolas (São Sebastião do Paraíso, 2009).

O ambiente é caracterizado por uma altitude que varia de 800 a 1150 m, 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 médias a altas tecnologias possibilitam a produção de bebidas finas

A área estudada é de 520 km² delimitada pelas coordenadas UTM 274000 e 300000 m E e 7680000 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).

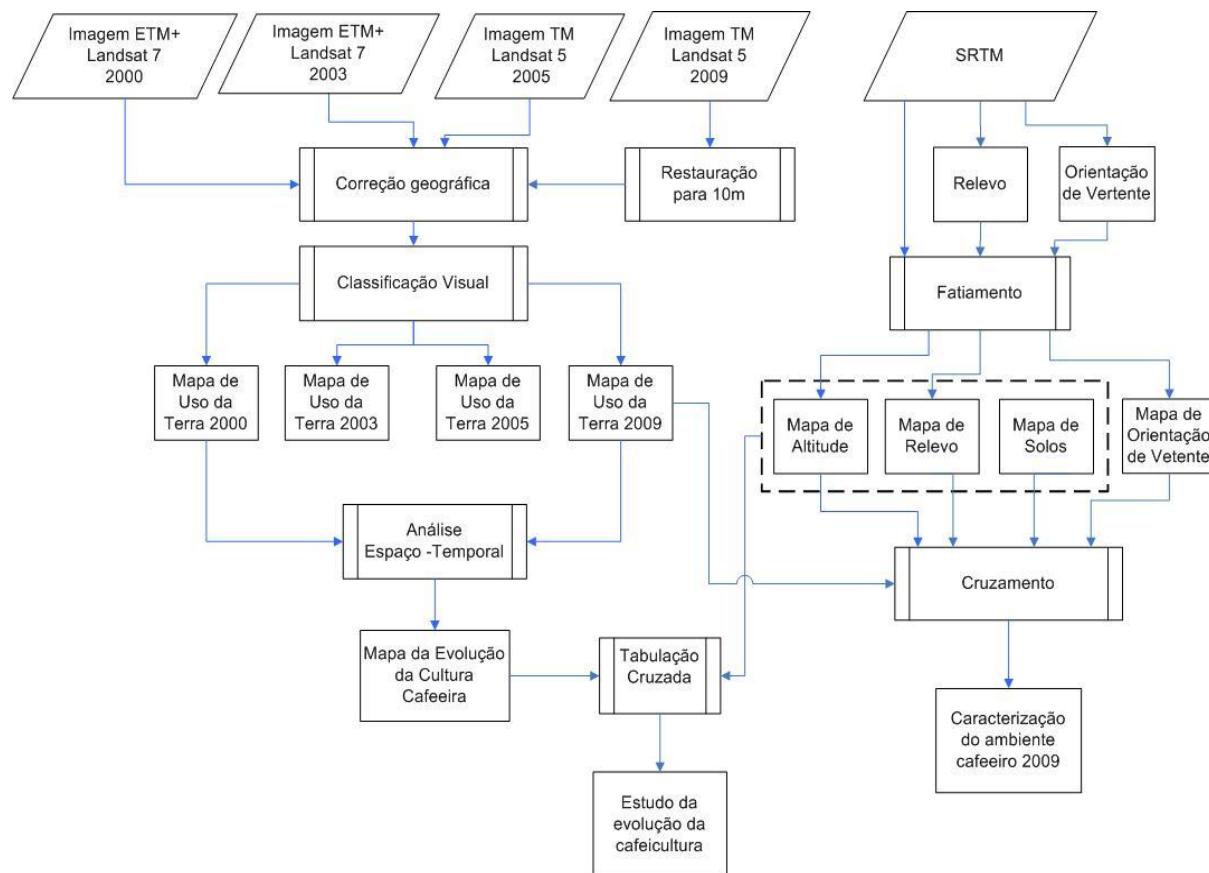


Figura 1. Metodologia do desenvolvimento do trabalho

3.3. Imagens de satélites

Para o mapeamento do uso da terra, utilizou as seguintes imagens em formato Geotiff:

- Landsat 7/ETM+, Bandas 3, 4 e 5, adquirida em 27/06/2000, resolução espacial de 30 m;
- Landsat 7/ETM+, Bandas 3, 4 e 5, adquirida em 30/04/2003, resolução espacial de 30 m;
- Landsat 5/TM, Bandas 3, 4 e 5, adquirida em 11/04/2005, resolução espacial de 30 m;
- Landsat 5/TM, Bandas 3, 4 e 5, adquirida em 24/05/2009, resolução espacial de 30 m, restaurada para 10 m.

3.4. Processamento dos dados

Para o processamento das imagens, mapeamento do uso da terra, cruzamento dos planos de informação para a caracterização do ambiente cafeeiro e estudo da evolução, utilizou o SIG SPRING 4.3.3 (Sistema para Processamento de Informação Georreferenciadas) (Câmara et al.,1996), desenvolvido pelo INPE que apresenta as seguintes características (Moreira, 2005):

- Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitação de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo o banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (raster) e realiza a integração de dados de sensoriamento remoto num SIG;
- Proporciona um ambiente de trabalho amigável e poderoso, por meio da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente

programável pelo usuário (LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico);

- É capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde microcomputadores a estação de trabalho de alto desempenho.

A correção geográfica das imagens foi feita no módulo registro do SIG Spring.

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.

3.5 Interpretação Visual das Imagens

As imagens foram interpretadas de forma visual, adotando-se 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 seqüências 4, 5 e 3 respectivamente.

Foram mapeadas as seguintes Classes de Uso da Terra:

- **Mata** – Áreas ocupadas por florestas densas e florestas de galeria às margens dos córregos;
- **Café em Formação/Renovação** – Lavouras até 3 anos, ou lavouras em renovação;
- **Café em Produção** – Lavouras com idade superior a 3 anos;
- **Outros Usos** – áreas com culturas anuais em diversos estágios de desenvolvimento, e demais alvos;
- **Área Urbana.**

As classes foram mapeadas no módulo “edição matricial” do SIG Spring 4.3.3, sobre as imagens citadas no item 3.3, pontos de dúvidas de interpretação foram marcados e conferidos em campo.

A cultura cafeeira é muito heterogênea variando características como: espaçamento, variedades distintas, idade e formas de manejos diferenciadas que influenciam no comportamento espectral das áreas ocupadas por café, fazendo a cultura ter uma grande variabilidade de padrões na imagem (Machado, 2002), o que aumenta a confusão e pontos de dúvidas no mapeamento.

Áreas com relevo movimentado, lavouras fragmentadas, remanescentes de vegetação nativa, são outros fatores que aumentam pontos de dúvidas no mapeamento.

Para a interpretação da imagem do ano de 2009 utilizou o Google Earth, em áreas que era disponibilizado imagens de alta resolução espacial, minimizando pontos de dúvidas para checagem em campo.

3.6 Dados Secundários

Para a geração dos Mapas de Altitude, Relevo e Orientação de Vertente utilizou as informações do radar SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), disponibilizados pelo INPE no site <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>.

Foi utilizado o mapa de solos gerado por Lacerda et al. (2006) por meio de modelagem geomorfopedológica da região de São Sebastião do Paraíso, para o estudo das áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Solos.

3.7 Caracterização do ambiente cafeeiro

3.7.1 Altitude, Relevo e Orientação de Vertente

Com o MNT (Modelo Numérico de Terreno) obtido do radar SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), fez-se as transformações para dados numéricos de relevo e orientação de vertente, posteriormente, procedeu os

fatiamentos dos dados para obtenção de mapas temáticos de altitude, relevo e orientação de vertente.

Para a confecção do mapa temático de altitude, as classes foram fatiadas com os seguintes intervalos de altitude: <850 m, entre 850 e 900 m, 900 e 950 m, 950 e 1000 m, 1000 e 1050 m, 1050 e 1100 m, e > 1100 m.

Para o mapa de relevo, fez-se o fatiamento da grade de declive segundo Embrapa (2006):

- **Plano** – superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.
- **Suave Ondulado** – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 a 100 m), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
- **Ondulado** – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.
- **Forte Ondulado** – superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100 m e de 100 a 200 m de altitudes relativas) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
- **Montanhoso** – superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.
- **Escarpado** – áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes, tais como: aparados,

itaimbés, frentes de costas, falésias, vertentes de declives muito formtes, usualmente ultrapassando 75%.

Orientação de Vertente (também chamada de exposição ou direção), é definida como o ângulo azimutal correspondente à maior inclinação do terreno, no sentido descendente, é expressa em graus de 0° a 360° (Valeriano, 2008), para a confecção do mapa temático de Orientação de Vertente fez-se o fatiamento da grade com os seguintes intervalos:

- **N-NE** – 0 a 45°;
- **NE-E** – 45 a 90°;
- **E-SE** – 90 a 135°;
- **SE-S** – 135 a 180°;
- **S-SW** – 180 a 225°;
- **SW-W** – 225 a 270°;
- **W-NW** – 270 a 315°;
- **NW-N** – 315 a 360°;
- **Sem Orientação** – Relevo plano.

3.7.2 Solos

Larcerda et al. (2006) para a confecção do Mapa de Solos da região de São Sebastião do Paraíso, utilizaram o programa LEGAL (Linguagem Espacial de Processamento Algébrico) do Spring. Estabeleceram uma modelagem para a distribuição de solos na paisagem, correlacionando 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 declividade e o mapa de domínios geológicos para a área de Sebastião do Paraíso, de acordo com modelo proposto na Tabela 1. O Mapa de domínios geológicos foi obtido pela digitalização do mapa disponível realizado pelo DNPM (1978).

Tabela 1. Modelo de correlação entre Classes de declividade, domínios geológicos e Classes de solo (Lacerda et al., 2006)

Classes de declive	Domínios geológicos ⁽¹⁾	Classes de solo
0-12%	Qa	Associação de Gleissolo Háplico (GX) + Neossolo Flúvico (RU) ^(*)
	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 (1978), 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 sílticos; apresentam estratificação cruzada e planar de pequeno a médio porte.

3.8 Evolução do parque cafeeiro

Para o estudo da evolução do uso da terra, cruzaram-se no SIG Spring os dados de Uso da Terra do ano de 2000 com o de 2009, definindo as seguintes Classes de Evolução:

- **Novas Áreas:** áreas ocupadas por café em produção ou formação no ano de 2009, e no ano 2000 classe diferente de café;
- **Áreas de Interseção:** áreas ocupadas no ano 2000 e 2009 por café em produção ou formação;
- **Áreas Extintas:** áreas ocupadas no ano de 2000 por café em produção ou formação, e não ocupadas por café em 2009..

4. Resultado e Discussão

4.1. Caracterização da Área

As Figuras 2, 3, 4 e 5, e as Tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam os mapas temáticos de Altitude, Relevo, Orientação de Vertente e Solos, e a quantificação das Classes dos mapas respectivamente.

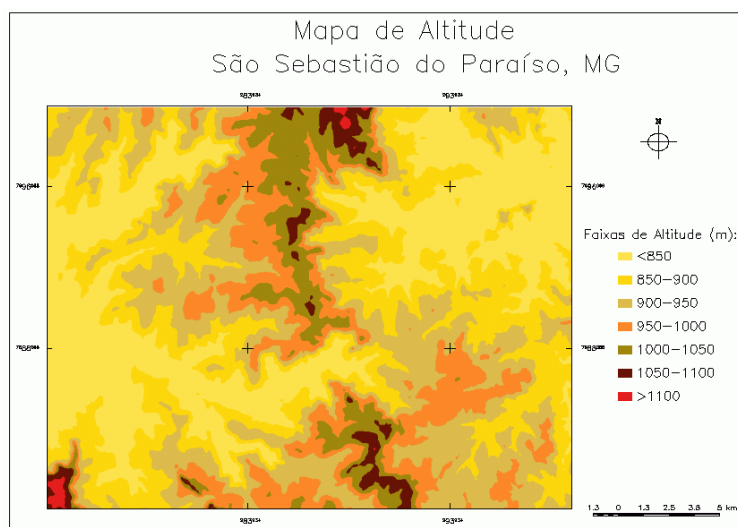


Figura 2. Mapa de Altitude, São Sebastião do Paraíso, MG

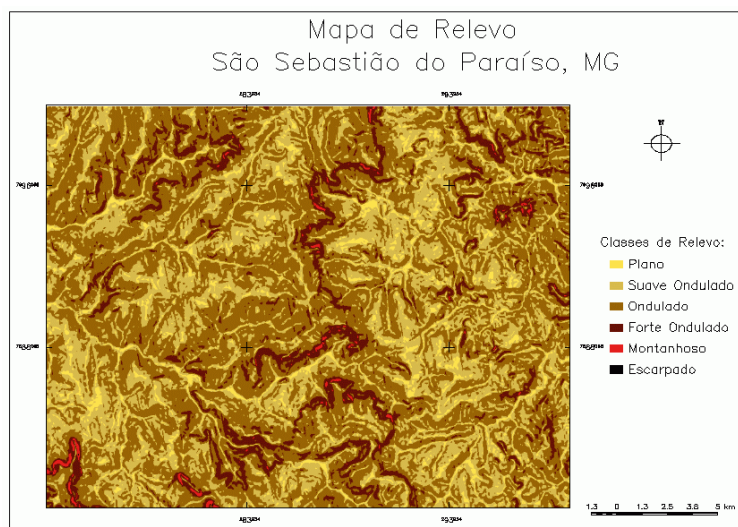


Figura 3. Mapa de Relevo, São Sebastião do Paraíso, MG

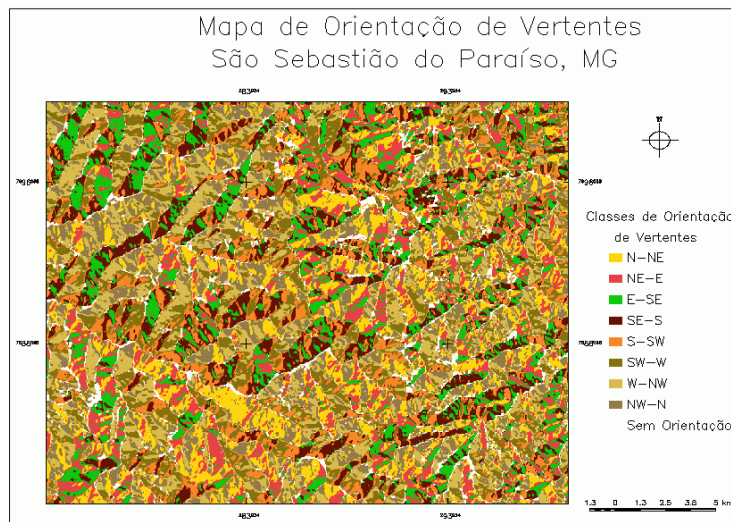


Figura 4. Mapa de Orientação de Vertentes, São Sebastião do Paraíso, MG

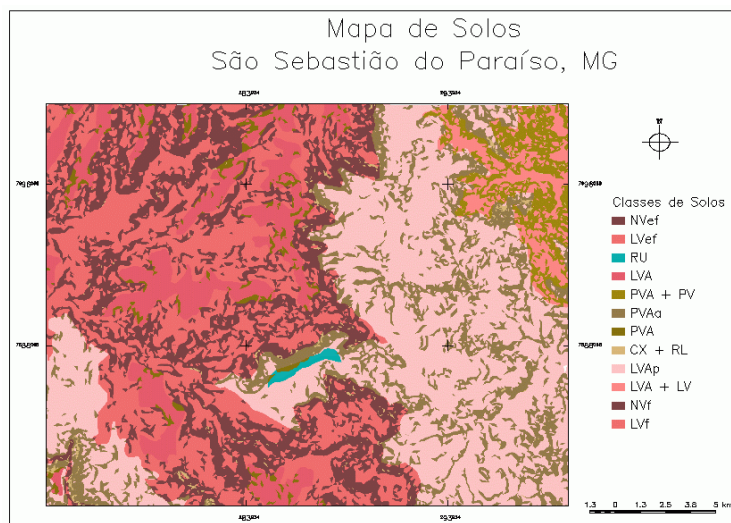


Figura 5. Mapa de Solos, São Sebastião do Paraíso, MG (Lacerda et al., 2006)

Tabela 2. Quantificação das classes de altitude

Classes de Altitude	km²	%
<850	146,05	28%
850-900	134,29	26%
900-950	121,09	23%
950-1000	69,95	13%
1000-1050	36,18	7%
1050-1100	10,84	2%
>1100	1,60	0%
TOTAL	520	100%

Tabela 3. Quantificação das classes de relevo

Classes Relevo	km²	%
Plano	27,35	5%
Suave Ondulado	165,20	32%
Ondulado	277,12	53%
Forte Ondulado	48,20	9%
Montanhoso	2,10	0%
Escarpado	0,04	0%
TOTAL	520	100%

Tabela 4. Quantificação das classes de orientação de vertentes.

Classes de Orientação de Vertentes	km²	%
N-NE	67,07	13%
NE-E	60,26	12%
E-SE	55,85	11%
SE-S	56,93	11%
S-SW	50,87	10%
SW-W	63,61	12%
W-NW	71,17	14%
NW-N	66,69	13%
Sem orientação	27,54	5%
TOTAL	520	100%

Tabela 5. Quantificação das classes de solos.

Classes de Solos	Km²	%
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%
TOTAL	520	100%

A classe de altitude que mais ocorre na região é <850 m, com 28% da área, seguidas pelas Classes 850-900 e 900-950 m, com 26% e 23% respectivamente (Tabela 2).

O relevo predominante da região é o ondulado (8 a 20% de declive), com 53% da área, seguido pela classe suave ondulado (3 a 8% de declive), com 32% (Tabela 3).

As classes de orientação de vertente são mais homogêneas na distribuição, variando de 10% da classe S-SW, e 13% as Classes N-NE e NW-N, 5% da área é plana, não apresentando ângulo azimutal (Tabela 4).

A predominância dos solos na área são de LATOSSOLOS VERMELHO AMARELO psamítico com 29% e LATOSSOLO VERMELHO férrico, 24% (Tabela 5).

4.2. Uso da Terra

As Figuras 6, 7, 8 e 9 apresentam os mapas de uso da terra da região de São Sebastião do Paraíso, MG nos anos de 2000, 2003, 2005 e 2009 respectivamente, e a Figura 10, exibe a quantificação das classes mapeadas.

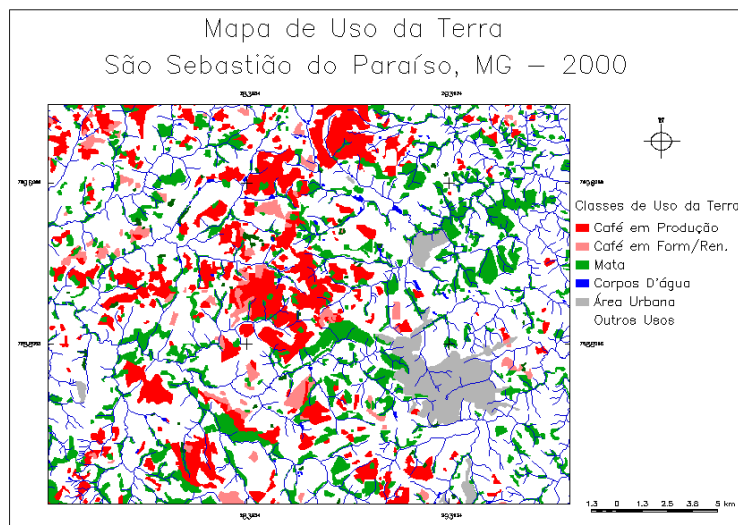


Figura 6. Uso da Terra ano 2000, São Sebastião do Paraíso, MG.

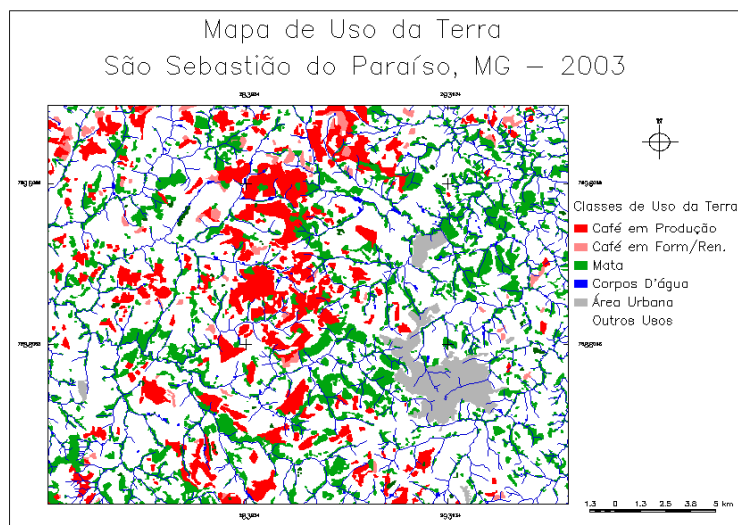


Figura 7. Uso da Terra ano 2003, São Sebastião do Paraíso, MG

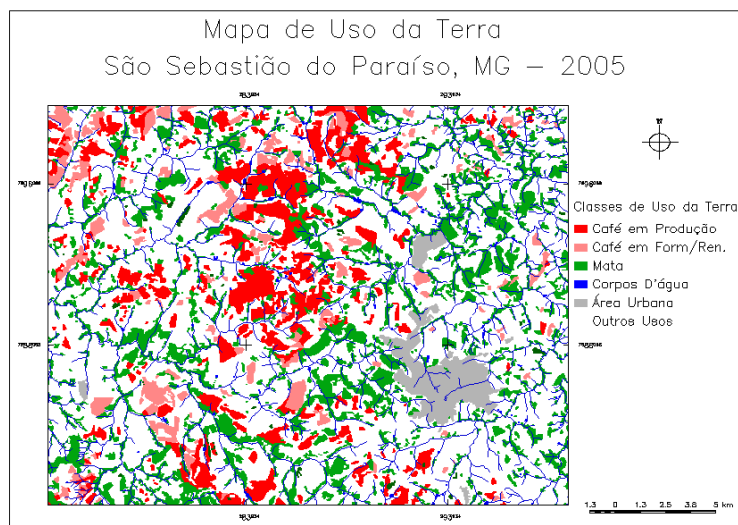


Figura 8. Uso da Terra ano 2005, São Sebastião do Paraíso, MG.

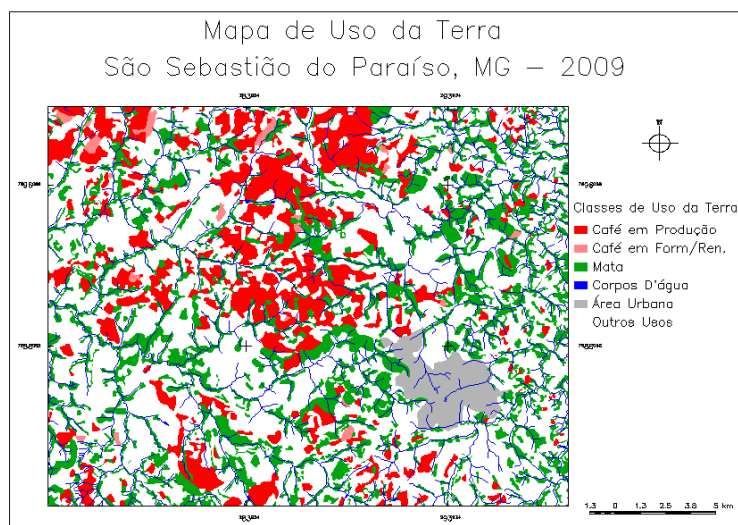


Figura 9. Uso da Terra ano 2009, São Sebastião do Paraíso, MG.

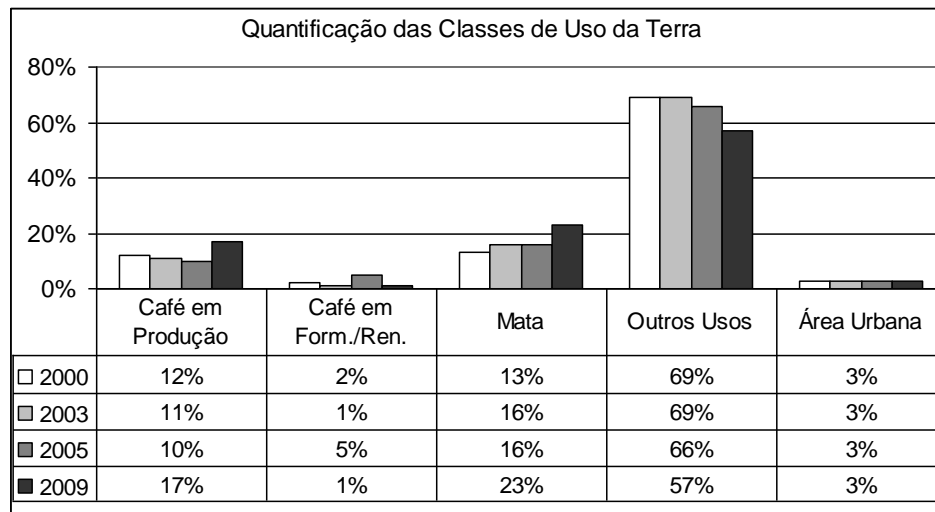


Figura 10. Quantificação das Classes de Uso da Terra.

No ano de 2009, observou um aumento da distinção das classes Mata e Café em Produção, pois, a cena de 2009 passou pelo processo de restauração, segundo Moreira, et al. (2004), o problema encontrado no procedimento de Edição Matricial é identificar e delimitar lavouras muito pequenas (menores de 5ha), quando as imagens são de média resolução espacial, como as do sensor TM do Landsat-5 (pixel de 30m). Com esse tamanho de pixel não é possível ampliar as imagens para uma escala maior que 35 a 40.000. Entretanto, através de técnicas de restauração é possível melhorar a qualidade da imagem degradada e também gerar imagens com melhor resolução espacial efetiva em uma grade de amostragem mais fina (Fonseca, 1988).

Utilizando a imagem restaurada foi possível identificar detalhes nos talhões de café, como as curvas de nível, e o aspecto rugoso na mata, isso explica a queda de 9% da classe Outros Usos, porque, além da expansão da cultura do café, a restauração possibilitou uma maior distinção dos alvos, como lavouras e fragmentos de matas menores (Figura 11).

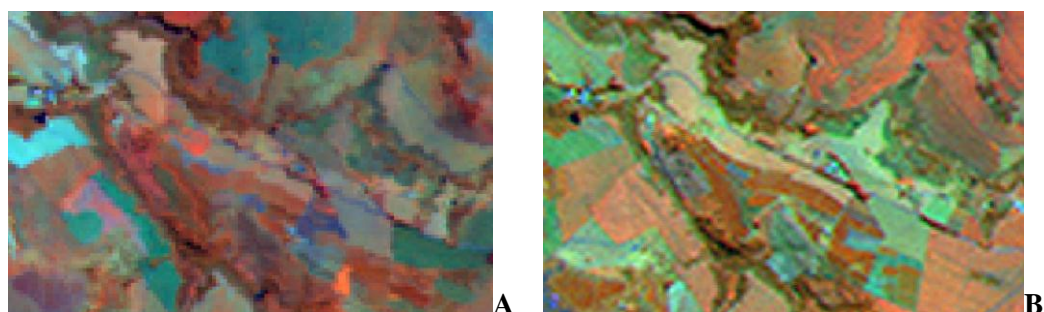


Figura 11. A- Imagem Landsat TM, pixel de 30 m, ano 2005, B- Imagem Landsat TM, restaurada para 10 m, ano 2009.

4.3 Caracterização do ambiente cafeeiro 2009

Por meio do cruzamento do uso da terra de 2009, com os dados de altitude, relevo, orientação de vertente e solos, caracterizou o ambiente cafeeiro da região (Figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17).

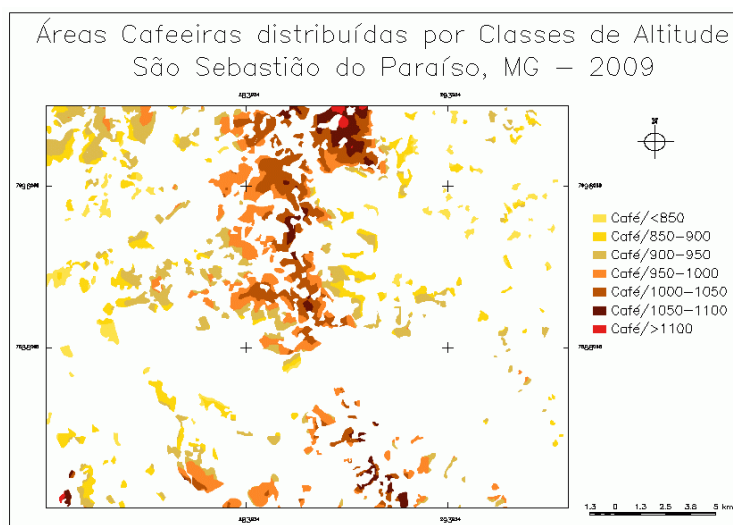


Figura 12. Áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Altitude

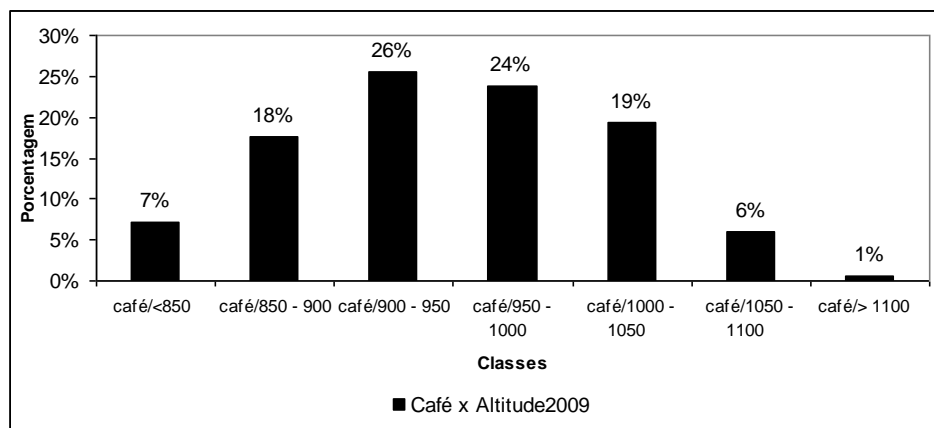


Figura 13. Quantificação da distribuição das Classes de Café em Classes de Altitude, São Sebastião do Paraíso, MG, 2009.

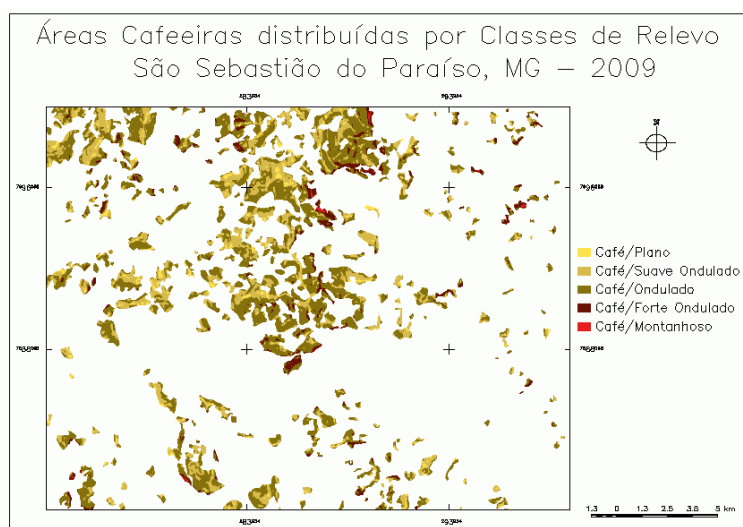


Figura 14. Áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Relevo

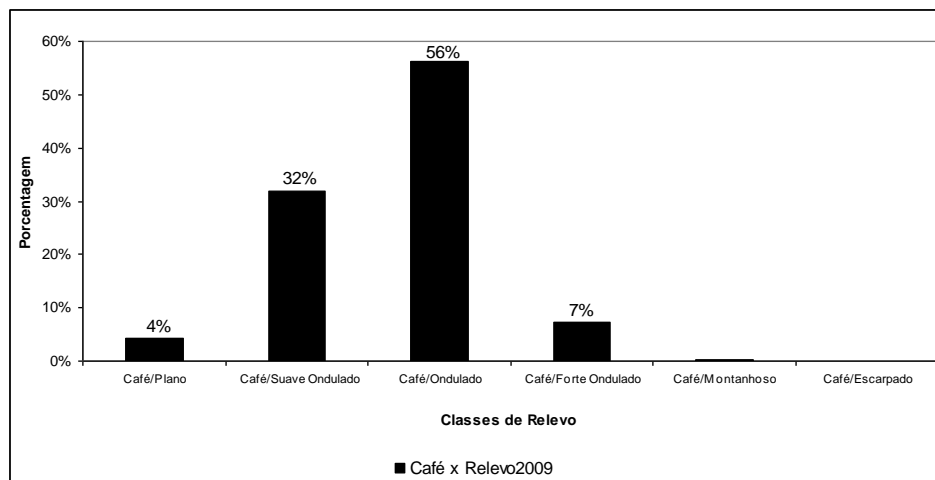


Figura 15. Quantificação da distribuição das Classes de Café em Classes de Relevo, São Sebastião do Paraíso, MG, 2009.

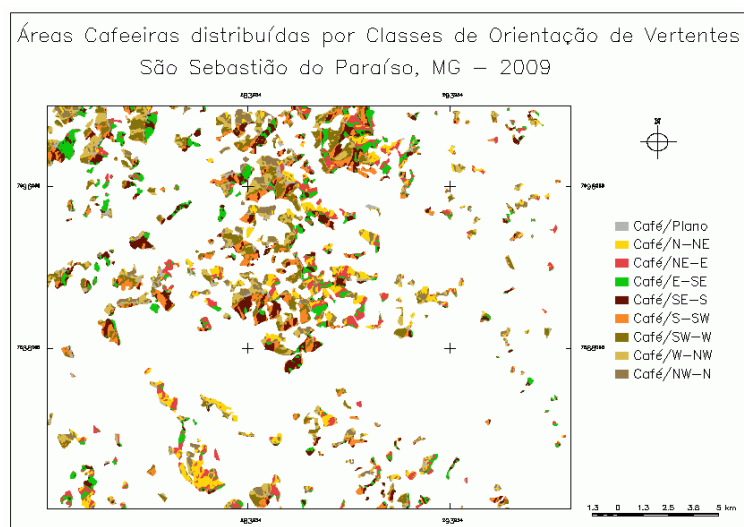


Figura 16. Áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Orientação de Vertente

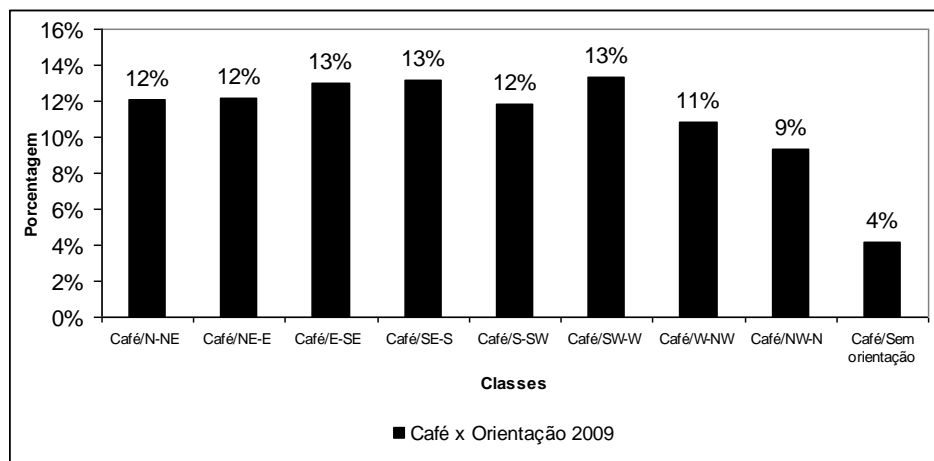


Figura 17. Quantificação da distribuição das Classes de Café em Classes de Orientação de Vertentes, São Sebastião do Paraíso, MG, 2009.

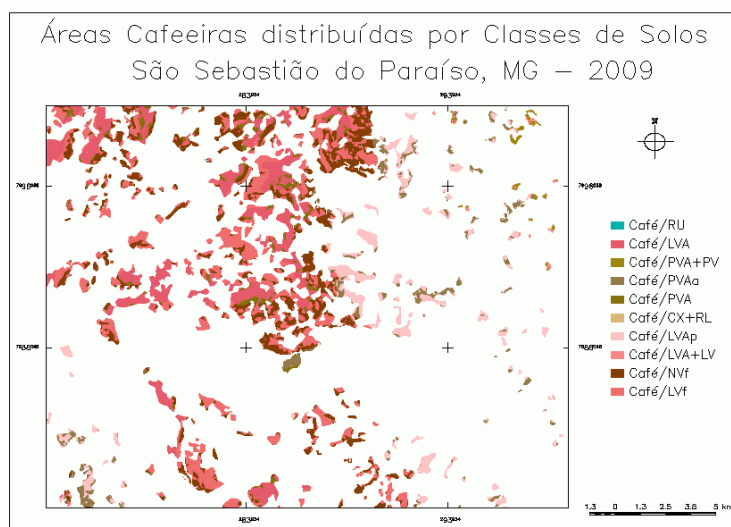


Figura 18. Áreas cafeeiras distribuídas por Classes de Solos

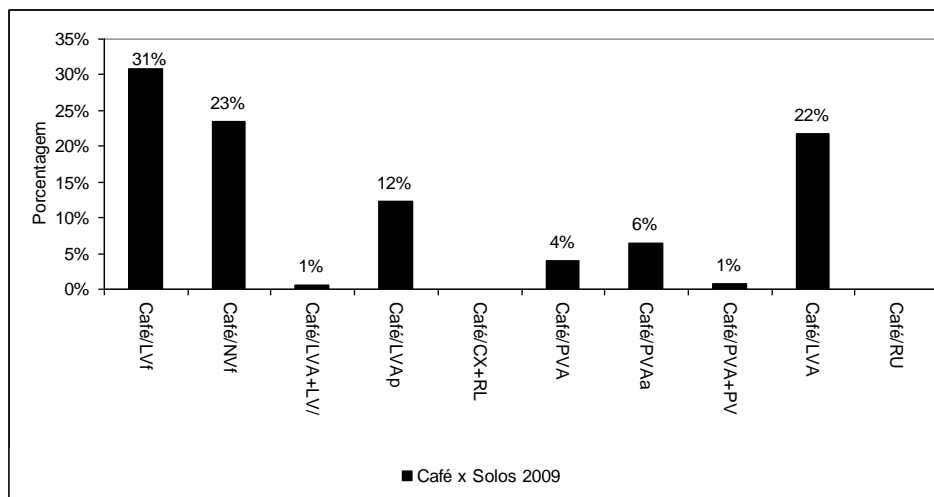


Figura 19. Quantificação da distribuição das Classes de Café em Classes de Solos, São Sebastião do Paraíso, MG, 2009.

O parque cafeeiro da região São Sebastião do Paraíso, MG, esta predominantemente implantado nas faixas de altitude de 900 a 1000 m, totalizando 50% da área cafeeira implantada (Figura 13).

Na área estudada as faixas de altitude entre 800 e 900 m, totalizam 54% da área de estudo (Tabela 2), porém, são as classes de menor ocupação do parque cafeeiro, esse comportamento pode ser explicado, pois para a implantação da lavoura cafeeira deve-se desprezar os fundos de terreno, pelo acúmulo de umidade e de ar frio e as baixadas, pela má drenagem no solo (Matiello et al., 2005).

No entanto, as classes de Altitude entre 1000 a 1050 m e 1050 a 1100 m, estão ocupada com 48 e 49% da área da classe com café (Figura 20). A OIC (1991) realizou uma pesquisa com cafés cultivados em diferentes altitudes na região de Patrocínio, no Estado de Minas Gerais, e mediante avaliação sensorial, concluiu-se que a altitude exerce uma grande influência sobre a qualidade da bebida do café. Barbosa (2009) estudou a relação entre altitude e latitude na

qualidade do café, por meio das notas do concurso Emater/UFLA 2007. Foi observado, que quanto maior a altitude maiores as notas. O que provavelmente explica a predileção da implantação das lavouras em altitudes maiores que 1000 m.

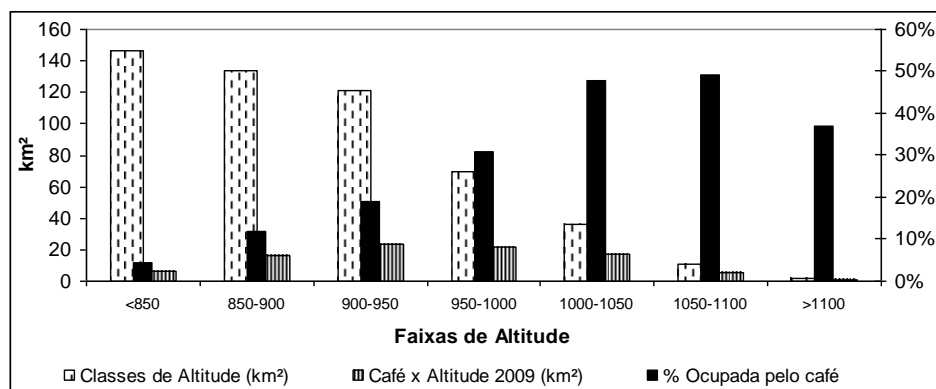


Figura 20. Classes de Altitude e Café x Altitude em km², e a ocupação percentual da cultura do café na classe.

Quanto ao relevo, o parque cafeeiro está predominantemente implantado sobre a classe de relevo ondulado, com 56% dos cafés sobre essa classe (Figura 15), seguidas pelas classes suave ondulado com 32% dos cafés, a classe de relevo ondulado ocupada a maior percentagem 52% da área de estudo (Tabela 3), o que esclarece a alta percentagem de café na classe. Já a distribuição dos cafezais quanto a Orientação de Vertente, é mais uniforme, variando de 9% na classe NW-N e 13% nas Classes E-SE, SE-S e SW-W (Figura 17).

O parque cafeeiro de São Sebastião do Paraíso, MG, está predominantemente implantada sobre LATOSSOLO VERMELHO férrico com 31% dos cafés, seguidos pelo NEOSSOLO VERMELHO férrico com 23% e LATOSSOLO AMARELO com 22% dos cafés implantados.

4.4 Evolução do parque cafeeiro entre os anos de 2000 e 2009

A Figura 21 apresenta o mapa da evolução do uso da terra da região de São Sebastião do Paraíso, MG, e a Tabela 20 a quantificação das Classes.

Pela análise foi possível mostrar que 26% do parque cafeeiro da região de São Sebastião do Paraíso, do ano de 2000 foi extinta, e 35% se manteve (Área de Interseção), no entanto, existiu um incremento de 16 km² da área cafeeira no ano de 2009 (Áreas Novas – Áreas Extintas) (Tabela 6).

As Tabelas 7, 8 e 9 e as Figuras 22, 23 e 24, apresentam o resultado da tabulação cruzada entre as Classes de Evolução do Uso da Terra, e as Classes de Altitude, Relevo e Solos, respectivamente.

A faixa de altitude entre 950 e 1000 m foi a que mais houve incremento da cultura do café, com 29% do incremento, seguidas pelas Classes 900 a 950 m e 1000 a 1050 m, ambas com 22% do total do incremento (Tabela 12).

O relevo Ondulado, foi o que apresentou maior incremento de área, com mais de 8 km² dos 16 km² totais (Figura 23), isso, pois, a Classe de Relevo Ondulado é a predominante, ocupando 53% da área de estudo (Tabela 3). Seguida pela Classe Forte Ondulado, apesar da mesma apresentar apenas 9% da área (Tabela 3) e com 7% do total do café implantado na região (Figura 15).

O incremento do relevo forte ondulado pode ser explicado, porque, relevos acidentados provocam sobras do lado oposto à incidência da luz solar, e onde há sombra, a incidência de luz é muito baixa, tendo como consequência pouca energia refletida, dificultando a identificação dos alvos de interesse (Moreira, 2005), e geralmente em relevos movimentados encontram-se lavouras menores, e intercaladas com fragmentos de matas, tal configuração aumenta a dificuldade de interpretação, e, a imagem de 2009 passou pelo processo de restauração, o que possibilitou a interpretação de lavouras e fragmentos de matas menores em comparação à imagem de 2000, que não passou pelo processo.

A classe de solos NITOSSOLO VERMELHO férrico foi a que teve o maior percentagem do incremento com 33% do total, seguidas pelos LATOSSOLOS VERMELHOS e LATOSSOLOS VERMELHOS psamítico ambos com 19% do total do incremento da área de café (Tabela 9).

Tabela 6. Quantificação das Classes de Evolução do Uso da Terra.

Classes de Evolução	Km ²	%
Áreas de Interseção	43	35
Áreas Extintas	32	26
Novas Áreas	48	39
TOTAL	122	100%

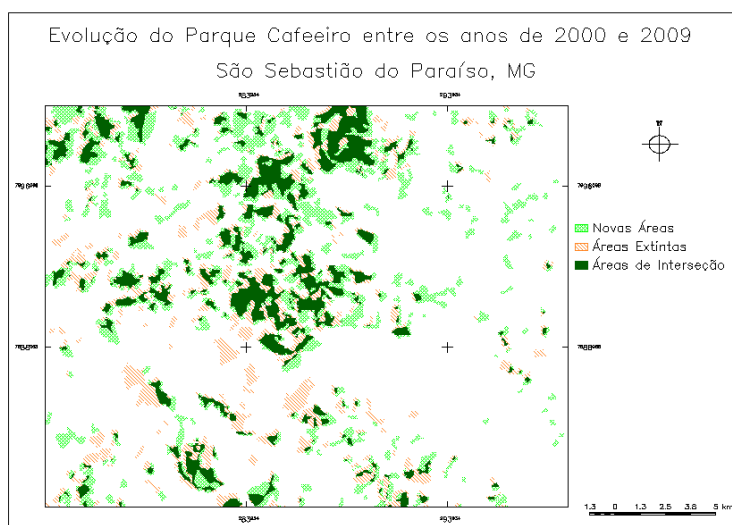


Figura 21. Evolução do parque cafeeiro da região de São Sebastião do Paraíso, MG, entre os anos de 2000 e 2009.

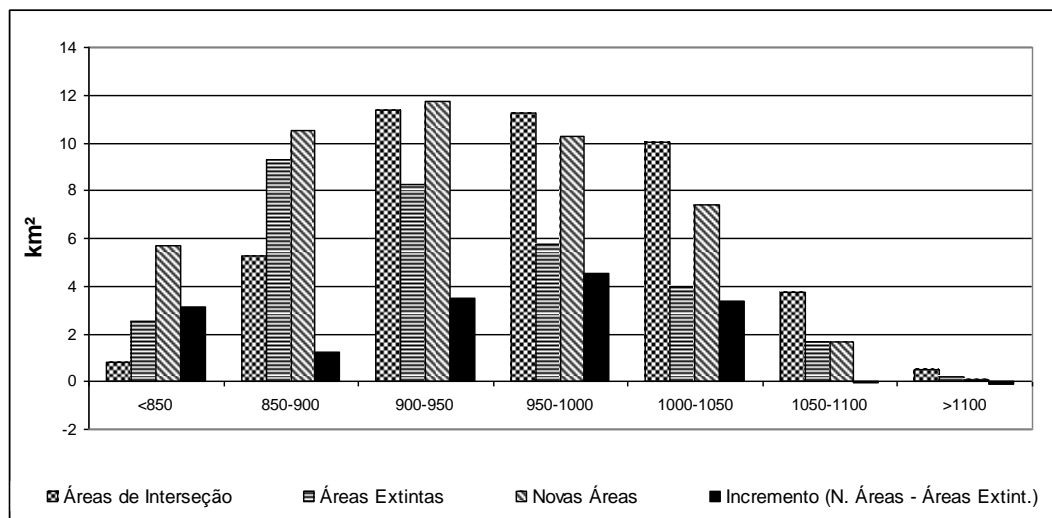


Figura 22. Gráfico da tabulação cruzada entre Classes de evolução e altitude.

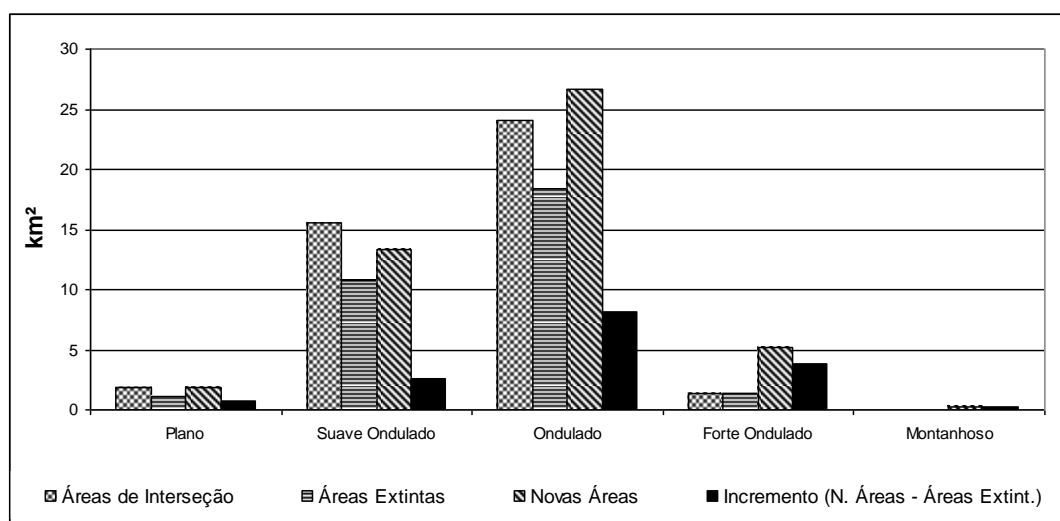


Figura 23. Gráfico da tabulação cruzada entre Classes de evolução e relevo

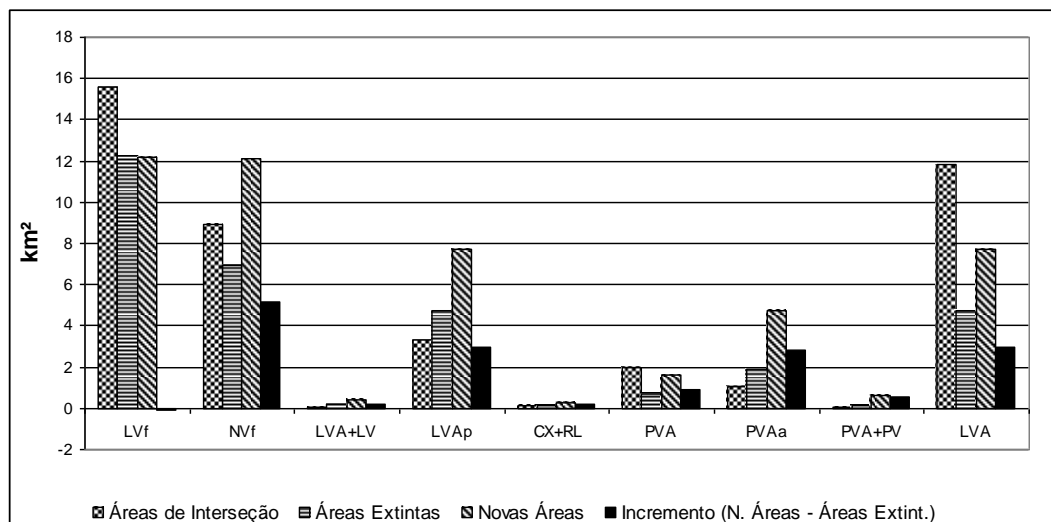


Figura 24. Gráfico da tabulação cruzada entre Classes de evolução e solos

Tabela 7. Tabulação entre Classes de evolução do uso da terra e Classes de Altitude

	<850	850-900	900-950	950-1000	1000-1050	1050-1100	>1100	TOTAL
Áreas de Interseção	2%	12%	26%	26%	23%	9%	1%	100%
Áreas Extintas	8%	29%	26%	18%	13%	5%	1%	100%
Novas Áreas	12%	22%	25%	22%	16%	4%	0%	100%
Incremento	20%	8%	22%	29%	22%	0%	-1%	100%

Tabela 8. Tabulação entre Classes de evolução do uso da terra e Classes de Relevô

	Plano	Suave Ondulado	Ondulado	Forte Ondulado	Montanhoso	Escarpado	TOTAL
Áreas de Interseção	4%	36%	56%	3%	0%	0%	100%
Áreas Extintas	4%	34%	58%	4%	0%	0%	100%
Novas Áreas	4%	28%	56%	11%	1%	0%	100%
Incremento	5%	17%	53%	25%	1%	0%	100%

Tabela 9. Tabulação entre Classes de evolução do uso da terra e Classes de solo

	LVf	NVf	LVA+LV	LVAp	CX+RL	PVA	PVAa	PVA+PV	LVA	TOTAL
Áreas de Interseção	36%	21%	0%	8%	0%	5%	3%	0%	27%	100%
Áreas Extintas	39%	22%	1%	15%	0%	2%	6%	0%	15%	100%
Novas Áreas	26%	26%	1%	16%	1%	3%	10%	1%	16%	100%
Incremento	0%	33%	1%	19%	1%	6%	18%	3%	19%	100%

5. Conclusão

A aplicação de dados de sensoriamento remoto e SIG mostram-se eficaz para a caracterização do ambiente e estudo do uso da terra da região de São Sebastião do Paraíso, MG, foi possível concluir que:

- Na região predomina a classe de altitude entre 800 e 850 m, relevo ondulado e a classe de solo LATOSSOLO VERMELHO psamítico, e uniformidade na distribuição das Classes de Orientação de Vertente.
- A cafeicultura da região de São Sebastião do Paraíso ocupa 18% da área, e esta predominantemente implantada entre as faixas de altitudes de 900 a 950 m, no Relevo Ondulado, e na classe de solo LATOSSOLO VERMELHO férrico e distribuída de maneira uniforme nas Classes de Orientação de Vertente.
- Entre os anos 2000 e 2009 houve um incremento de área da cafeicultura de 16 km², 35% da cafeicultura não foi modificada, 26% foi extinta e existiu 39% de áreas novas.

6. Referências Bibliográficas

ASSAD, E.D. **Sistema de informação geográficas:** aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa- SPI/Embrapa- CPAC, 1993. 317p.

BARBOSA, J. N. **Distribuição espacial de cafés do Estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade** 2009. 90p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

BURROUGH, P. A. **Principles of geographic information systems for land resources assessment.** Oxford: Oxford University Press, 1986. 193p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** São Sebastião do Paraíso, INPE, 345 p.; 2001.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, May/June 1996, p.395-403, 1996.

CAMPOS, S.; ARAÚJO JUNIOR, A. A.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; EDSON, P. L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, **Eng. Agríc.**, Botucatu - SP., vol.24, n.2, pp. 431-435, 2004.

COFFEE BREAK, O. C. **Sul de Minas:** café representa 70% da renda agrícola. 2008. Disponível em:
<<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=6&ID=38>>. Acesso em: 08.set.2009.

CONAB, C. N. D. A. **Café - Série histórica de área em produção.** 2008. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/serie_historica_mai2008.xls>. Acesso em: 30 ago. 2009.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas: Unicamp, 1993. 170p.

DEMATTE, J. A. M.; TOLEDO, A.M.A.; SIMÕES, M.S. Metodologia para reconhecimento de três solos por sensores: laboratorial e orbital. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:877-889, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL.
COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS-DNPA/CPRM.
Projeto Mantiqueira-Furnas. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, n.7. 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

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/SP.1988.

FREITAS FILHO, M.R.; MEDEIROS, J.S. Análise multitemporal da cobertura vegetal em parte da Chapada do Araripe- CE, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1993. p.73-80.

GOOGLE EARTH. Google Inc. Disponível em: < earth.google.com/>. Acesso em: 03 set. 2009.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Trad. José Carlos Epiphany (coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 679p.

LACERDA, M. P. C.; BARBOSA, I. O.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. MENEZES, P. R. The use of soil-landscape relationships modelling and geotechnologies for detailing the soil map of Distrito Federal in Brazil. In: ISPRS TECHNICAL COMMISSION SYMPOSIUM, 2., 2006, Vienna. **Proceedings...** Vienna: ISPRS, 2006. p.13-18.

LIU, W. T. H. . **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. 1. ed. Campo Grande: Editora UNIDERP, 2007. v. 1. 908 p.

MACHADO, M. L. **Caracterização de agroecossistemas cafeeiros da Zona da Mata de Minas Gerais, usando Sensoriamento Remoto e Sistemas de**

Informações Geográficas. 2002. 137 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDEZ, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações.** Varginha: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; SARC/PROCAFÉ; SPAE/DECAF; Fundação Pró-café, 2005. 4389.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** São José dos Campos: INPE, 2005. 307p.

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

MOREIRA, M. A.; BARROS, M. A.; RUDORFF, B. F. T. Geotecnologias no mapeamento da cultura do café em escala municipal. **Soc. nat. (Online)**, Uberlândia, v. 20, n. 1, 2008.

MOURA, L. C. **A ocupação espaço-temporal dos cafezais no município de Machado no sul de Minas Gerais:** a relação entre a aptidão agrícola da terra e seu uso na atividade cafeeira. 2007. 117 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 1995. 308p.

ORGANIZATION INTERNATIONAL DEL CAFÉ. **Estúdios de investigacion de evaluacion sensorial sobre la calidad del café cultivado em la region de Patricinio em el Estado de Minas Gerais em Brasil.** Londres, 1991. 28 p.

ROSA, R.A. Utilização de imagens TM/LANDSAT em levantamento de uso do solo. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., Manaus, 1990, **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1990. v.2, p.419-425.

SANCHES, I. D. A.; EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Culturas agrícolas em imagens multitemporais do satélite Landsat. **Agric.** São Paulo, v.52, n.1, jan./jun. 2005, p.83-96, 2005.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas, SP: Editora Unicamp, 2003. 236 p.

STEINER, D. Time dimension for crop surveys from space. **Photogrammetric Enginnering**. Falls Church, v.36, n.2, p.187-194. 1970.

TARDIN, A. T.; ASSUNÇÃO, G. V.; SOARES, J. V. Análise preliminar de imagens TM visando a discriminação de café, citrus e cana-de-açúcar na região de Furnas-MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.27, n.9, p. 1355-1361, set.1992.

VALERIANO, M. M. . **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais 72p., 2008 (Boletim).

VELOSO, M.H. **Coffe inventory throght orbital imagery**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1974. 20p. (SR-525).

VELOSO, M.H.; SOUZA, D.D. **Sistema automático de inventário cafeeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Café, 1976. 8p.

VELOSO, M.H.; SOUZA, D.D. **Trabalho experimental de inventariação automática de cafezais utilizando imagens orbitais e o equipamento image-100**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1978. 2p.

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 arabica* L.) areas within the state of Minas Gerais, Brazil. **Coffee Science**, v.1, n.2, p.111-118, 2006.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L.; SOUZA, V. C. O. Mudanças no parque cafeeiro da região de Machado – MG, 2000-2007: estudo espaço-temporal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6369-6376. DVD. (a)

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L.; SOUZA, V. C. O. Análise espacial do parque cafeeiro da região de Três Pontas - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6361-6368. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (b)