



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-14611-RPE/808

**USO DA GEOTECNOLOGIA PARA AVALIAR E MONITORAR A
CAFEICULTURA BRASILEIRA: FASE I – ESTADO DE MINAS GERAIS**

Mauricio Aves Moreira
Débora Rosa Rafaelli
Marco Aurélio Barros
Viviane Gomes Cardoso de Faria*
Tânia Litsue Imoto Nakaya Aulicino
Magog Araújo de Carvalho*

*Bolsista – Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)

AGRADECIMENTOS

Este Projeto é fruto de muita dedicação e persistência e, acima de tudo, da confiança de muitas pessoas e instituições, que de forma direta ou indireta, colaboraram para que nossos ideais fossem atingidos. Por essa razão agradecemos:

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE por meio:

- Do Diretor Dr. Gilberto Câmara Neto, pelo respaldo no desenvolvimento da pesquisa.
- Do Dr. João Viane Soares, Diretor da Observação da Terra – OBT e Dr. João Roberto dos Santos, Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto, pelo apoio logístico sem o qual esta pesquisa não teria se concretizada.

A CONAB por meio:

- Do Dr. Jacinto Ferreira, presidente, pelo voto de confiança em introduzir nas estatísticas agrícolas o uso do Sensoriamento Remoto e do Sistema de Informações Geográficas.
- Do Dr. Silvio Isopo Porto, Diretoria de Logística e Gestão Empresarial, por acreditar na competência desta equipe e pelo apoio financeiro para a compra de equipamento e contratação de bolsistas.
- Airton Camargo Pacheco da Silva, Chefe da Superintendência de Informações do Agronegócio, pela pronta resposta as nossas solicitações.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo auxílio de bolsas concedidas.

Ao meu bom e amigo DEUS pela força e o ânimo a nós concedidos, nos momentos que acreditávamos no fracasso.

RESUMO

Com a globalização da economia, aumento da população mundial e a questão da segurança alimentar diversos governos estão preocupados com a estimativa da área plantada e a produtividade das grandes culturas agrícolas de forma rápida e precisa. Alguns fatores meteorológicos como precipitação pluviométrica, seca prolongada, excesso de chuvas, granizo entre outros exercem forte influência sobre a produção agrícola. A informação sobre a quantificação dos efeitos adversos na produção agrícola é altamente relevante para o planejamento da atividade agrícola no que se refere ao transporte, armazenamento, processamento, comercialização, etc. O conhecimento sobre a distribuição espacial das culturas no que diz respeito à quantidade e localização dos plantios também é importante para o planejamento ambiental, práticas de manejo e controle da erosão. O presente trabalho descreve o mapeamento do parque cafeeiro do estado de Minas Gerais por meio do uso de imagens de satélites e Sistema Geográfico de Informação. Os resultados foram disponibilizados tanto na forma de números quanto na forma de mapas apresentando a distribuição espacial dos plantios de café em cada município produtor de Minas Gerais.

USE OF GEOTECHNOLOGY TO EVALUATE AND TO MONITOR THE BRASILIAN COFFEE CROP: Phase I – Minas Gerais State

ABSTRACT

With the globalization of the economy, increase of world population and the food security issue several governments are being concerned with the estimation of both crop area and crop yield of major agricultural crops in a rapid, precise way. Some meteorological factors such as precipitation, drought, excessive rain, and hail among others exert strong influence on agricultural production. Information to quantify the adverse effects on agricultural production is highly relevant to plan agricultural activities with respect to transport, storing, processing, commercialization, etc. The knowledge about the spatial distribution of crops with regard to the amount and localization of plantations is also important to environmental planning, management practices and erosion control. The present work describes the mapping of the coffee crop in the Minas Gerais State through the use of satellite images and Geographic Information System. The results are available in the form of both figures and maps that present the spatial distribution of coffee crop plantations in each producing municipality of Minas Gerais State.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DA CAFEICULTURA	15
CAPÍTULO 3 - USO DE IMAGENS DE SATÉLITES NA CAFEICULTURA	19
CAPÍTULO 4 - MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 - Área de Estudo	31
4.2 – Materiais	31
4.3 - Seleção das imagens	32
4.4 – Metodologia	33
4.4.1 - Etapa 1: Coleta de dados censitários sobre o cultivo do café no estado de Minas Gerais e espacialização desses dados numa base cartográfica.	34
4.4.2 - Etapa 2: Estruturação do banco de dados geográfico (BDG)	35
4.4.3 - Etapa 3: Preparo das imagens para a interpretação	36
4.4.3.1 - Restauração das Imagens	36
4.4.3.2 - Georreferenciamento ou registro de imagem	39
4.4.3.3 - Realce de imagem	39
4.4.4 - Etapa 4: Mapeamento das áreas de café e quantificação da área por município.	40
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DICUSSÕES	45
5.1 - Interpretação das imagens de satélites	44
5.2 - Cálculo da área de café por meso, microrregião e municípios do estado	51
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊDICE A - Resultados do mapeamento das áreas de café por Mesorregiões, Microrregiões e Municípios do estado de Minas Gerais	60

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Café novo próximo a lavoura em produção. Local: Campo Belo, MG	19
3.2 - Lavouras de café em relevo suave-ondulado. Local: Boa Esperança, MG	19
3.3 - Lavouras de café em relevo suave-ondulado. Local: Boa Esperança, MG	20
3.4 - Paisagem característica do ambiente cafeeiro em muitos municípios de Minas Gerais, com destaque para uma lavoura incrustada no meio da mata e em relevo inclinado	20
3.5 - Lavoura de café localizada no topo de morro.	21
3.6 - Lavoura de café Mundo Novo com mais de 10 anos e atacada pela cigarra. Local: Campo Belo, MG.	21
3.7 - Lavouras de café para mostrar o efeito da derriça numa lavoura pós-colheita.	22
3.8 - Lavoura de café nova e bem conduzida com alto índice de área foliar.	22
3.9 - Foto para mostrar o contraste da pastagem com café (plano superior) no período seco. Local: Campo Belo, MG	23
3.10 - Lavoura de café com quebra-ventos vista nos dados Google Earth	23
3.11 - Lavoura de café com quebra-ventos nas imagens TM/Landsat.	24
3.12 - Lavoura de café plantada no formato radial (dados Google Earth).	24
3.13 - Pivô Central plantado com café, visto através dos dados do Google Earth.	25
3.14 - Pivô Central plantado com café visto nas imagens TM/Landsat, ano de 2006.	25
3.15 - Outro pivô central plantado com café visto nas imagens TM/Landsat, ano de 2006.	26
3.16 - Lavoura de café com sombreamento vista nos dados Google Earth.	26
3.17 - Lavouras de café e de outras culturas vistas nas imagens TM/Landsat	27
3.18 - Imagens do TM/Landsat obtidas junho e outubro para mostrar o efeito de sombreamento do relevo devido ao ângulo de elevação solar Local: Zona da Mata, MG	29
4.1 – Área de Estudo	31
4.2 - Estratificação das áreas de café com base em dados cadastrais do IBGE, para o ano de 2004.	34
4.3 - Malha de órbita/ponto do sensor TM do Landsat-5	35
4.4 - Imagem TM/Landsat na composição 3(B), 4(R) e TM5(G), com pixel original, vista numa escala de 1:25.000.	37
4.5 - Imagem TM/Landsat na composição 3(B), 4(R) e TM5(G), restaurada com pixel de 10m, vista numa escala de 1:25.000.	37
4.6 - Definição do sistema sensor, banda a ser restaurada, tamanho do pixel e nome da imagem de saída.	38
4.7 - Esquema para mostrar uma ampliação de contraste nos valores dos níveis de cinza de uma imagem de satélite.	39
4.8 - Composição colorida nas bandas TM3 (B), TM4(G) e TM5(R), para mostrar o efeito de contraste.	40
4.9 - Lavoura de café vista na imagem Google Earth de alta resolução do ano de 2003.	42
4.10 - Lavouras de café vista nas imagens TM/Landsat no ano de 2006	42

5.1 - Lavouras de café vista na composição colorida TM3(B), TM4(R), TM5(G), em relevo suave ondulado a ondulado. Locais: Machado e Serrania, Sul de Minas.	44
5.2 - Lavouras de café em relevo plano e acidentado. Locais: Juruiaia (acidentado) e Nova Resende (áreas planas), Sul de Minas.	45
5.3 - Mudanças no comportamento espectral de lavouras cafeeiras vistas no ano de 2005 e 2006.	46
5.4 - Áreas de café podadas no ano de 2005 e recuperadas em 2006.	46
5.5 - Mudanças no comportamento espectral de lavoura em formação	47
5.6 - Diferentes modalidades de cultivo do café na região de Patrocínio – MG	48
5.7 - Café e outras culturas vistas na composição colorida TM#(B), TM(R) e TM5(B) do mês de junho de 2006.	49
5.8 - Composição colorida TM3(B), TM(R) e TM5(B) do mês de setembro de 2006 para mostrar que a maioria das áreas de outras culturas já foi colhida.	49
5.9 - Classe de cerrado que mais confundiu espectralmente com café.	50
5.10 - Área total de café do Estado de Minas Gerais e por Mesorregião do estado, obtida por meio da interpretação de imagens TM/Landsat-5 do ano 2006.	51
5.11 - Porcentagem de café por Mesorregião Geográfica do Estado de Minas Gerais, obtida por meio da interpretação de imagens TM/Landsat.	52
5.12 - Porcentagem de café em relação a área territorial das Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.	54
A1. Mapa de localização da Mesorregiões de Minas Gerais	58

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág</u>
2.1 – Dados comparativos de área plantada com café nos anos 2004 a 2006	15
2.2 - Situação do parque cafeeiro brasileiro para safra 2007/2008	16
2.3 - Situação da área ocupada com café no estado de Minas Gerais por Mesorregião Geográfica	16
4.1 – Imagens do TM/Landsat utilizadas para interpretação de áreas de café no estado de Minas Gerais.	33
4.2 - Imagens do HRV/SPOT utilizadas para interpretação de áreas de café no estado de Minas Gerais	33
5.1 – Relação percentual de café por mesorregião do Estado de Minas Gerais.	53
A1 – Área de café nos municípios da Mesorregião Campo das Vertentes	59
A2 - Área de café nos municípios da Mesorregião Central Mineira	60
A3 - Área de café nos municípios da Mesorregião Jequitinhonha	61
A4 - Área de café nos municípios da Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte	63
A5- Área de café nos municípios da Mesorregião Noroeste de Minas	66
A6- Área de café nos municípios da Mesorregião Norte de Minas	67
A7 - Área de café nos municípios da Mesorregião Oeste de Minas	70
A8 - Área de café nos municípios da Mesorregião Sudoeste de Minas	72
A9 - Área de café nos municípios da Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	77
A10 - Área de café nos municípios da Mesorregião Vale do Mucuri	79
A11 - Área de café nos municípios da Mesorregião Vale do Rio Doce	80
A12 - Área de café nos municípios da Mesorregião Zona da Mata	83

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira, apesar de sua importância econômica e social para o país, carece de informações complementares de seu sistema produtivo principalmente em relação a sua extensão, distribuição e o ambiente em que são cultivadas. Esta lacuna de informações restringe o planejamento desta importante atividade econômica e limita os cálculos dos índices de penalização de produtividade os quais permitem prever ou justificar possíveis alterações na produtividade da cultura provocadas por adversidades climáticas e/ou fitossanitárias. No entanto, conhecer um sistema complexo como o agroecossistema cafeeiro utilizando métodos convencionais, torna-se uma atividade extensa e de difícil desenvolvimento. Neste sentido, a utilização de geotecnologias apresenta-se como a opção mais indicada para a coleta de dados sobre a cafeicultura com o emprego de imagens de satélites, técnicas de geoprocessamento e sistemas de posicionamento global (GPS).

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 identificar e estimar 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, uma vez que neste sensor foi introduzida a banda TM5, que opera no infravermelho médio do espectro eletromagnético. Todavia, esses trabalhos não exploraram o aspecto multitemporal das imagens e não definiram 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, pode ser identificada e mapeada em imagens de satélites com razoável precisão, desde que existam informações complementares sobre a cultura, quer seja de levantamentos subjetivos ou de técnicos que trabalham no local de interesse. É bom salientar que não se tem um conhecimento espectral de todo o parque cafeeiro do Brasil, pois todos os estudos sobre mapeamento de café foram realizados em pequenas áreas, e essa cultura, ocupa grande área do território nacional, instalada sob diferentes ambientes, o que exige mudanças em metodologias já desenvolvidas. Dentre as vantagens do uso de imagens orbitais destacam-se a ampla cobertura territorial, baixo custo e sua periodicidade.

Por outro lado, a chance de sucesso no mapeamento de áreas cafeeiras é ainda maior com o avanço tecnológico dos *sistemas de informações geográficas* (SIG's), que permitem integrar informações de diferentes fontes, inclusive imagens de sensores orbitais. Com essa ferramenta o analista pode interferir nos resultados da classificação,

através da *Edição Matricial*, implementada no SPRING. Torna-se possível criar um banco de dados georreferenciados da cultura contendo mapas temáticos da distribuição espacial e diversas informações complementares, como dados cadastrais e seus atributos, o que permite gerar informações de alta confiabilidade.

Diante desta realidade, para tornar operacional uma metodologia voltada para a cafeicultura é necessário validar as metodologias desenvolvidas em pequenas áreas, em projetos arrojados englobando grandes áreas. Como exemplo, o projeto de mapeamento da cana-de-açúcar denominado Canasat foi o precursor em despertar o interesse dos pesquisadores do INPE em validar metodologias consagradas em grandes áreas territoriais. Em 2004 foi colocada à disposição dos usuários, no ambiente web, informações sobre área plantada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (Rudorff et al., 2005). Atualmente, consta-se no site informações sobre área plantada com cana na região Centro-Sul do Brasil. O Canasat foi e está sendo um laboratório de aprendizagem, através de muitas pesquisas e conhecimento dos diferentes ambientes canavieiros do Brasil. Além disso, proporcionou uma nova maneira de divulgar as informações sobre a cana-de-açúcar, com a disponibilização em ambiente web.

Tal como o Canasat, o *Projeto Café* foi delineado para gerar um banco de dados georreferenciados, com todas as informações pertinentes ao agroecossistema cafeeiro das principais regiões produtoras do Brasil. O meio integrador de todas estas informações será no ambiente web. Por este motivo, a internet será o instrumento chave de disponibilização das informações e dos produtos gerados no projeto, facilitando a interatividade com usuários e clientes e exercendo um papel fundamental no processo de transferência das tecnologias geradas. Em outras palavras, disponibilizar informações no ambiente web é fundamental para que possa ser acessado e utilizado pelos vários segmentos da cadeia produtiva do café.

Assim, a presente pesquisa tem como objetivo geral desenvolver uma metodologia para mapear áreas de café por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento, com vista no monitoramento do agroecossistema cafeeiro nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Espírito Santo.

CAPITULO 2

CARACTERIZAÇÃO DA CAFEICULTURA

Conforme Zambolim (2001), o sucesso na cafeicultura ocorre em virtude de vários fatores, destacando-se a redução dos custos de produção, o aumento na produtividade, a busca constante de qualidade, a preservação do meio ambiente, a conquista de novos mercados consumidores e a definição de políticas agrícola para o setor cafeeiro.

Estima-se que a cafeicultura esteja presente em 1700 municípios brasileiros, num total de 300 mil propriedades, o que gera inúmeros empregos e conseqüentemente renda.

Os dados da Tabela 2.1 referem-se as informações sobre o Parque cafeeiro nos anos 2004, 2005 e 2006, conforme divulgado pelo IBGE (2006) e CONAB (2006).

Tabela 2.1 – Dados comparativos de área plantada com café nos anos 2004 a 2006.

Estados da Federação (UF)	Parque Cafeeiro			Variação (%)	
	Área (ha)			(2)/(1)	(1)/(3)
	2004 (1)*	2005 (2)**	2006 (3)*		
Minas Gerais	1.081.983	1.033.533	1.088.898	-4,68	0,63
Espírito Santo	547.211	493.958	472.260	-10,78	-15,87
São Paulo	219.800	221.040	201.200	0,56	-9,24
Paraná	116.759	106.380	106.700	-9,75	-9,42
Bahia	148.308	97.175	97.794	-52,619	-51,65
Rondônia	171.168	165.910	164.208	-3,16	-4,23
Mato Grosso	34.517	34.500	32.230	-0,05	-7,09
Pará	23.245	22.600	17.056	-2,85	-36,28
Rio de Janeiro	13.908	13.970	13.800	0,44	-0,78
Outros	30.240	28.600	25.810	-5,73	-17,16
BRASIL	2.389.598	2.271.666	2.139.956	-5,19	-11,66

*IBGE - Produção Agrícola Municipal, (2006); ** Conab (2006)

Mesmo sendo informações subjetivas, nota-se que a área plantada com café sofreu uma redução de 2004 para 2006. Os estados mais penalizados com esta redução foram; Bahia, Espírito Santo, Pará, como 51,65; 15,87 e 36,28%, respectivamente.

Em 15 de dezembro de 2006 foi divulgada uma previsão inicial de produção do parque cafeeiro para a safra 2007/2008 conforme é mostrado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Situação do parque cafeeiro brasileiro para safra 2007/2008

Estados da Federação	Parque cafeeiro		Percentual
	Em formação	Em Produção	
Minas Gerais	152.812	967.945	46,4
Espírito Santo	18.213	465.284	22,3
São Paulo	11.670	215.100	10,3
Paraná	4.400	100.100	4,8
Bahia	3.963	3.849	0,2
Rondônia	2.653	162.027	7,8
Mato Grosso	1.878	16.970	0,8
Pará	945	21.320	1,0
Rio de Janeiro	260	13.970	0,7
Outros	703	27.480	1,3
Brasil	197.497	2.086.400	100

*FONTE: CONAB (2006)

Com base nos dados contidos nas Tabelas 2.2, nota-se que o estado de Minas Gerais ainda é o maior produtor de café da federação com 46,4% da área plantada com café no Brasil. O Espírito Santo é o estado com maior área plantada com o café Canéfora e o segundo maior produtor, com (22,3%), o que corresponde uma área de 465.284 ha. No estado de Minas Gerais o café se distribui conforme mostrado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Situação da área ocupada com café no estado de Minas Gerais por Mesorregião Geográfica.

Minas Gerais*	Parque Cafeeiro*		
	Área (ha)		
	2005/2006	2006 /2007	2007/2008
Sul e Centro-Oeste	496.613	507.093	487.873
Triângulo, alto Paranaíba e Noroeste.	160.714	154.999	148.013
Zona da Mata, Jequitinhonha, Mucuri, Rio Doce, Central e Norte.	376.206	349.773	332.059
Total	1.033.533	1.011.865	967.945

*FONTES: IBGE - Produção Agrícola Municipal, (2006) e Conab (2006)

Segundo comentários dos técnicos da CONAB, a queda de área plantada com café, conforme mostrado na Tabela 2.3, foi motivada pela oscilação de preços e a política adotada para o setor agropecuário. Foram observados nesta região diversas situações como abandono e erradicação dos cafezais como também replantios. Diante de tais mudanças, constata-se a necessidade de um diagnóstico do setor produtivo do café para que se obtenha um quadro que retrate com bastante precisão a sua real situação. Neste contexto, a questão que se apresenta é de como realizar este levantamento e dimensionar estas áreas e como estabelecer uma metodologia expedita e confiável, que possibilite o monitoramento deste parque, com a atualização periódica das informações.

O levantamento e a organização informatizada dos problemas e fatores condicionantes, que permitam avaliar os vários aspectos da cafeicultura e respectivos mapeamentos, são instrumentos para reorganizar e para gerar informações precisas. A superação dos problemas enfrentados pelos cafeicultores no Estado de Minas Gerais somente se dará com a aplicação dos conhecimentos da ciência e da tecnologia ao processo produtivo. Esse problema pode ser melhorado com o uso das geotecnologias.

Entende-se como geotecnologias o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. Estas são compostas por soluções em hardware, software 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, 1996).

CAPITULO 3

USO DE IMAGENS DE SATÉLITES NA CAFEICULTURA

O mapeamento de áreas plantadas com café e, por conseguinte, o monitoramento, por meio da interpretação de imagens de satélites, é mais complexo do que culturas como a cana-de-açúcar. Tal complexidade está relacionada às características do sistema de cultivo desta cultura, que diferem em cada propriedade rural explorada. Dentro de uma região fisiográfica, por exemplo, num município encontram-se diversidades nas lavouras quanto ao tamanho da área, variedade plantada, condições de relevo e sistema de manejo.

Plantam-se café em relevo plano, inclinado ou até mesmo no topo dos morros. As variedades mais cultivadas são: Mundo Novo, Catuaí, Acaiaí, Caturra, etc. O espaçamento também varia muito e, em razão disso, pode-se encontrar num mesmo município pelo menos três modalidades de cultivos, ou seja, plantio normal, adensado e super-adensado. O manejo varia pouco, no entanto observam-se lavouras de café sombreado, com proteção de ventos (quebra-ventos), irrigado por pivô central e o cultivo de sequeiro tradicional.

Essa heterogeneidade no cultivo do café acarreta mudanças significativas na radiância captada pelos sensores em decorrência de variações na geometria entre alvo, iluminação e sensor. Por essa razão, o desenvolvimento de uma metodologia embasada na utilização de imagens de sensores orbitais de forma eficiente para monitorar o heterogêneo agroecossistema cafeeiro de Minas Gerais, necessita de estudos para desenvolver métodos eficazes que possam atender as necessidades dos usuários de uma forma técnica sem perder o rigor científico. Nas Figuras 3.1 a 3.18 seguir serão mostradas diferentes situações de cultivo e manejo do café no estado de Minas Gerais e alguns padrões espectrais do café nas imagens de satélites.



Figura 3.1 – Café novo próximo a lavoura em produção. Local: Campo Belo, MG.



Figura 3.2 – Lavouras de café em relevo suave-ondulado. Local: Boa Esperança, MG.



Figura 3.3 – Foto de lavoura cafeeira para mostrar influencia do substrato. Local: Cristais, MG



Figura 3.4 – Paisagem característica do ambiente cafeeiro em muitos municípios de Minas Gerais, com destaque para uma lavoura incrustada no meio da mata e em relevo inclinado.



Figura 3.5- Lavoura de café localizada no topo de morro.



Figura 3.6 - Lavoura de café Mundo Novo com mais de 10 anos e atacada pela cigarra.
Local: Campo Belo, MG.



Figura 3.7 – Lavouras de café para mostrar o efeito da derrixa numa lavoura pós-colheita.



Figura 3.8 – Lavoura de café nova e bem conduzida com alto índice de área foliar.



Figura 3.9 – Foto para mostrar o contraste da pastagem com café (plano superior) no período seco. Local: Campo Belo, MG.

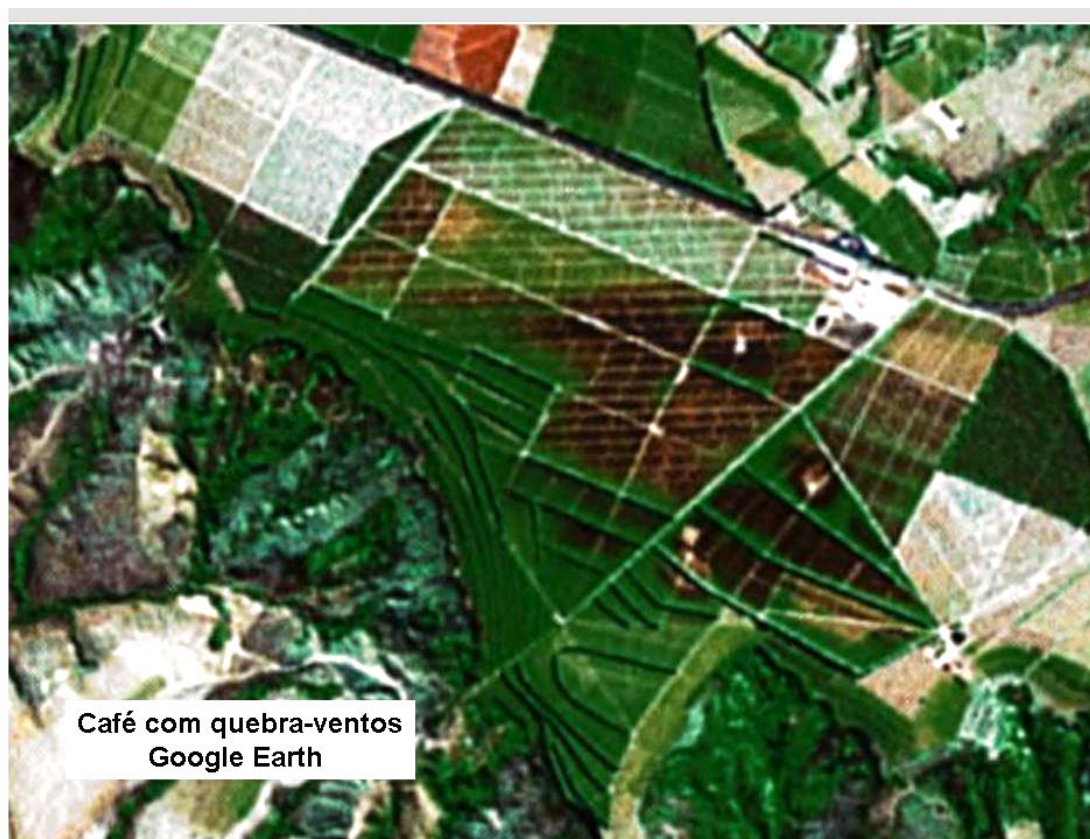
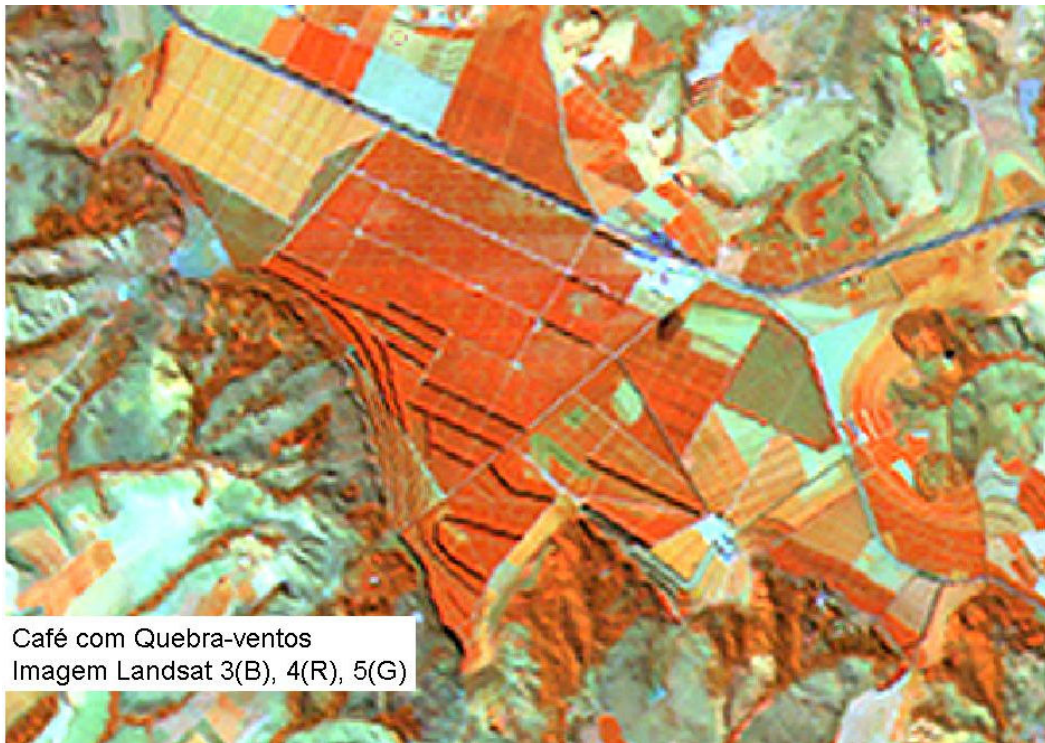


Figura 3.10- Lavoura de café com quebra-ventos vista nos dados Google Earth



Café com Quebra-ventos
Imagem Landsat 3(B), 4(R), 5(G)

Figura 3.11 – Lavoura de café com quebra-ventos nas imagens TM/Landsat.



Figura 3.12 – Lavoura de café plantada no formato radial (dados Google Earth).



Figura 3.13 –Pivô Central plantado com café, visto através dos dados do Google Earth.

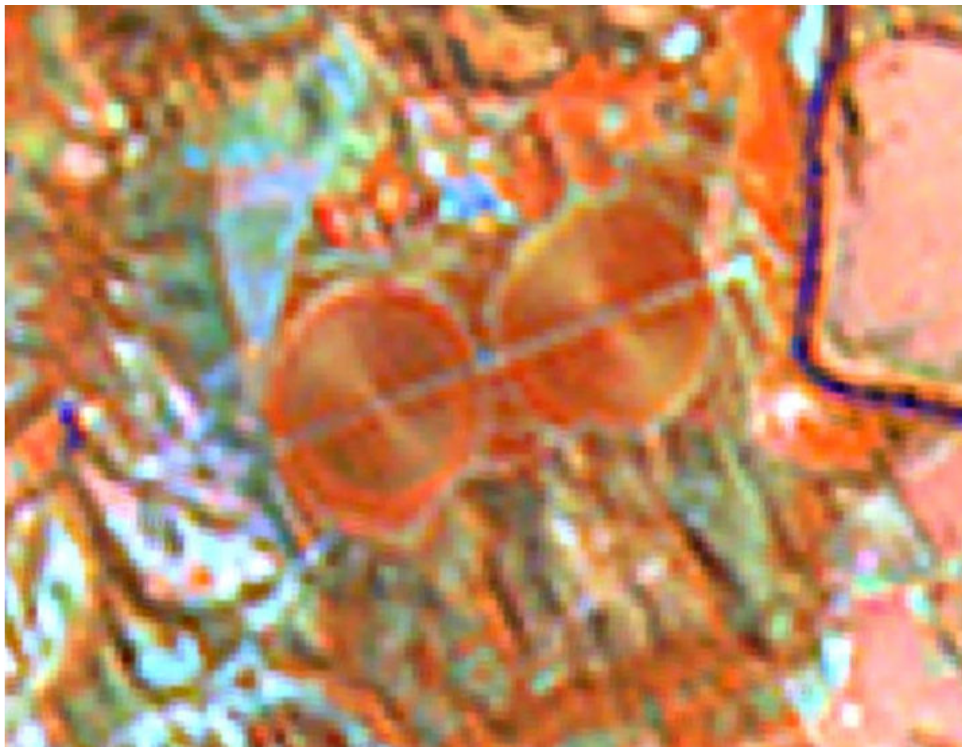


Figura 3.14 – Pivô Central plantado com café visto nas imagens TM/Landsat, ano de 2006.



Figura 3.15 – Outro pivô central plantado com café visto nas imagens TM/Landsat, ano de 2006.



Figura 3.16- Lavoura de café com sombreamento vista nos dados Google Earth.

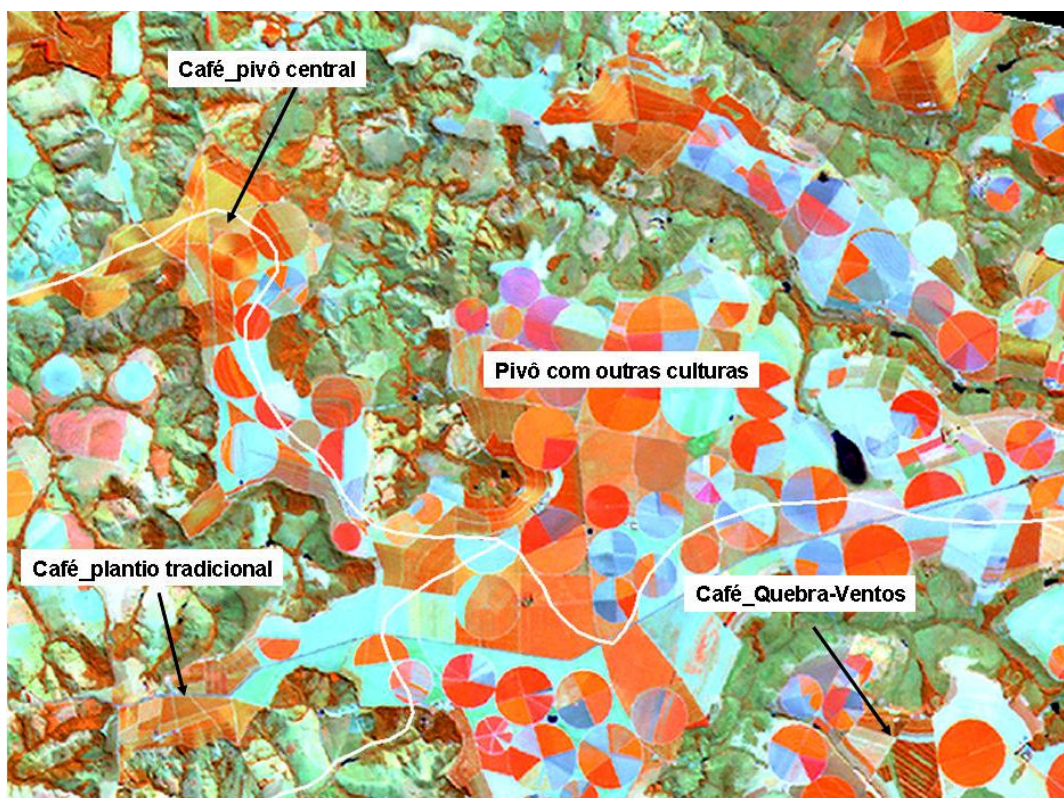


Figura 3.17 - Lavouras de café e de outras culturas vistas nas imagens TM/Landsat

Ainda no contexto de uso de imagens para mapeamento de lavouras de café, Crosta (1992) comentou que esses dados podem ser obtidos de duas maneiras: via interpretação visual e através de algoritmos de classificação, que por sua vez pode ser realizado através do processo pixel a pixel ou por extração de regiões homogêneas. Nesse sentido, e enfocando a cafeicultura, Batista et al. (1990) avaliaram os dados do HVR-SPOT e TM-Landsat na discriminação das culturas de café (*Coffea arabica L.*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), trigo (*Triticum aestivum L.*) e pastagens. Foram coletados em campo na data de passagem do satélite diversos atributos, como variedade, data de plantio, estágio fenológico, altura de plantas, espaçamento e orientação de plantio, porcentagem de cobertura do solo, entre outros. Os resultados demonstraram não haver diferença significativa na identificação visual das culturas com 5% de significância. Entretanto, verificou-se uma importante diferença entre os produtos, quando analisados separadamente. Os resultados da análise automática também não mostraram diferenças com 5% de significância para os dados multiespectrais do sensor HRV-SPOT equivalentes ao sensor TM. Porém, a inclusão de uma banda do TM na região do infravermelho médio, em substituição a uma banda do visível, melhorou sensivelmente o desempenho obtido na análise final dos dados.

Leonardi (1990) utilizou as bandas de 1 a 5 e a 7 do sensor TM e dados coletados em campo para avaliar a influência dos parâmetros culturais do café sobre sua resposta espectral. Os parâmetros culturais foram coletados quase simultaneamente à passagem do satélite e são resultantes da média de medições de campo, dados de arquivos e entrevistas. Os dados digitais correspondentes aos pontos amostrados em campo foram

convertidos para valores de reflectância. A análise dos dados foi feita em quatro etapas: correlação entre parâmetros culturais, correlação dos valores de reflectância entre as bandas espectrais, correlação entre parâmetros culturais e resposta espectral do café e regressão múltipla entre parâmetros culturais e resposta espectral. Nesta pesquisa o autor constatou que os parâmetros relativos às características da planta (altura, ano e poda, porcentagem de cobertura do terreno, idade, vigor vegetativo e tipo de poda) são mais bem correlacionados com a reflectância do cafezal do que parâmetros relativos às características do substrato (porcentagem de cobertura nas entrelinhas, matéria orgânica, ervas daninhas verdes, solo exposto) ou da geometria (orientação das fileiras de plantio, declividade e orientação de declive).

Tardin (1990) mostrou que a inclusão da banda TM5 na classificação das imagens é muito importante, pois esta faixa espectral contribuiu muito para identificar a vegetação com maior teor de água de outras em estresse hídrico. Além disso, o autor concluiu que nestas condições o classificador MAXVER foi eficiente para separar a cultura do café de outros alvos de uso do solo.

Ao utilizar imagens Landsat TM e MSS para mapeamento de uso do solo na região de Marília-SP, Pellerin et al. (1993), observaram que os piores resultados de interpretação ocorreram em áreas de cafeicultura, cujas parcelas foram espectralmente semelhantes às outras classes, desde florestas a culturas anuais. Essa semelhança de resposta espectral ocorreu em função da fitogeografia da área, relacionadas com variáveis como altura das árvores, densidade dos dosséis e das práticas culturais sazonais efetuadas entre linhas de cultivo (solo exposto, consórcio de culturas como o milho, feijão, arroz de sequeiro, gramíneas). Somente talhões com áreas medindo entre 1,5 a 2,0 metros de altura foram bem identificados e discriminados de outros alvos de ocupação.

De acordo com Crepani et al. (2001), a topografia está relacionada diretamente com a forma do relevo e declividade, logo é um importante fator a ser considerado na instalação e condução dos cafezais. Nesse sentido, a declividade tem sido a variável mais explorada em trabalhos que exigem a representação do espaço geográfico, referindo-se à inclinação do relevo em relação ao horizonte, o que na prática, tem relação direta com a velocidade de escoamento da água em escoamento superficial, fator primário na formação de voçorocas.

Alguns trabalhos de pesquisa na área de sensoriamento remoto têm demonstrado que a topografia do terreno influencia significativamente a resposta espectral de alvos em determinada superfície (Strahler et. al ,1978, Lacerda, 2004). Leonardi (1990) especifica que em dados orbitais o efeito topográfico diminui com o comprimento de onda, o que exige cuidados na interpretação dos dados principalmente em terrenos com topografia ondulada. O efeito do relevo é importante principalmente para ângulos de elevação solar mais baixo, conforme é mostrado na Figura 3.18.

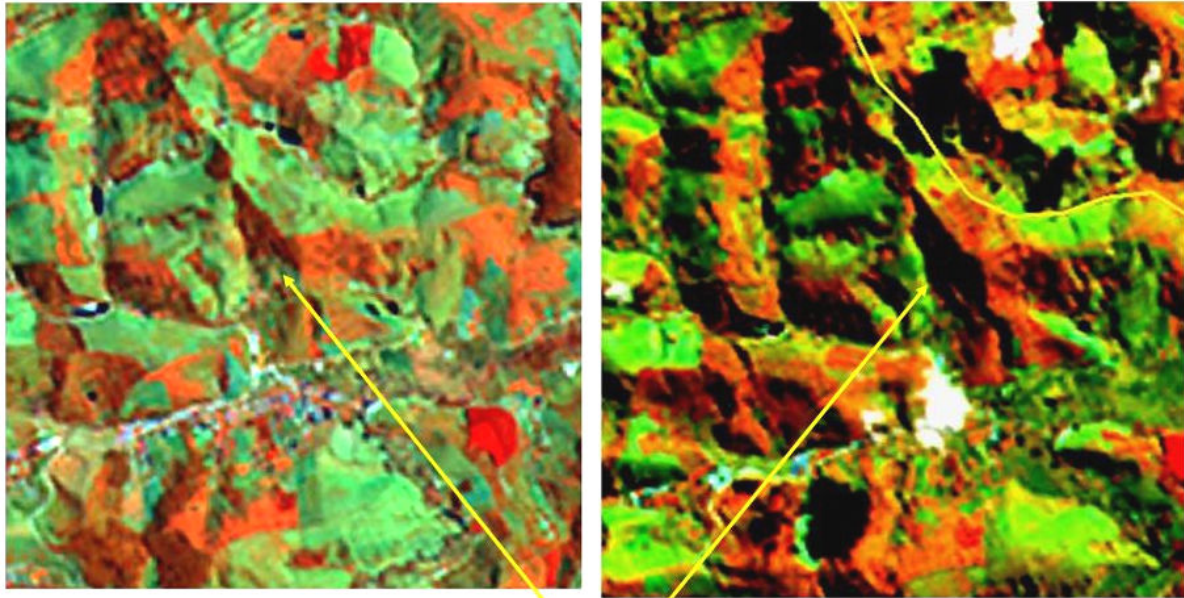


Imagem outubro
ângulo solar 60 °

imagem junho
ângulo solar 30 °

Figura 3.18 – imagens do TM/Landsat obtidas junho e outubro para mostrar o efeito de sombreamento do relevo devido ao ângulo de elevação solar Local: Zona da Mata, MG.

CAPITULO 4

MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 . Área de Estudo

A área de estudo abrange todo o estado de Minas Gerais inserido entre as coordenadas 51° 44' 13''W e 39° 07' 08''W e 23° 08' 51''S e 13° 55' 18''S conforme Figura

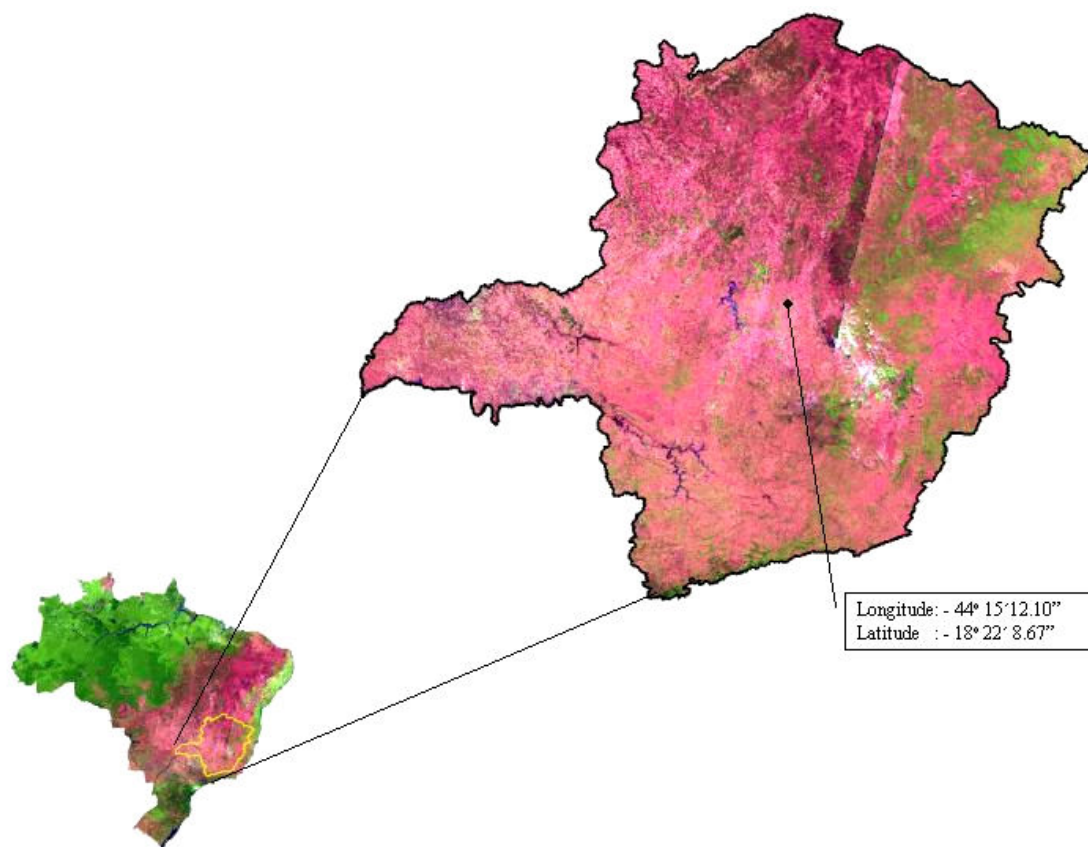


Figura 4.1 – Área de estudo

4.2 Materiais

Para a interpretação das áreas ocupadas com café foram utilizados os seguintes materiais:

- Imagens do sensor TM do Landsat-5 dos anos de 2005 e 2006. Cabe ressaltar que em muitos casos foram usadas imagens de 2004, para dirimir dúvidas na interpretação das imagens mais recentes Tabela 4.1.
- Imagens do SPOT-4 de algumas áreas do Sul de Minas e Zona da Mata (Anexo B).
- Mapas digitais com limites municipais

- Dados do Google Earth.
- Computadores e HD externo para tratamento e armazenagem dos dados.

4.3 Seleção das imagens

A escolha das imagens para efetuar o mapeamento do café é um ponto crucial para o sucesso na interpretação.

O café é uma cultura bianual quanto a produção de grãos, ou seja, um ano de produção alta e outro baixa. Entre uma produção e outra apresenta dois períodos fenológicos chamado de vegetativo e reprodutivo. No período entre outubro a março ocorre o período reprodutivo, por tanto o de maior vigor vegetativo e com a máxima atividade fotossintética. Este período é o ideal para adquirir imagens de satélites para fins de mapeamento. Todavia, nesta época cultivam-se outras culturas agrícolas. Esta situação corrobora com o erro de mapeamento devido à semelhança espectral entre as diferentes espécies vegetais, sendo necessário a utilização de um período alternativo ao supramencionado para a discriminação de lavouras cafeeiras.

Por essa razão Moreira et al. (2004) comentou a importância do uso de imagens obtidas no período seco, entre os meses de junho a setembro, pois nesta época do ano o contraste espectral do café e de outros alvos é bastante realçado, mesmo tendo sido efetuada a colheita e provocado derriça de folhas.

Em regiões de relevo acidentado observou-se que imagens obtidas com ângulo solar mais alto são as mais indicadas, por que diminui muito o efeito de sombreamento provocado pelo relevo, conforme foi mostrado na Figura 3.18.

Desta forma as imagens foram selecionadas, quando possível, no período entre junho a setembro, conforme é mostrado na Tabela 4.1.

Além das imagens TM/Landsat foram utilizadas também imagens do sensor HRV do SPOT-4 conforme consta na Tabela 4.2.

Tabela 4.1 – Imagens do TM/Landsat utilizadas para interpretação de áreas de café no estado de Minas Gerais.

Imagens do TM/Landsat-5							
Órbita	Ponto	Aquisição		Órbita	Ponto	Aquisição	
		Data 1	Data 2			Data1	Data2
216	71	23.07.2006	-	219	70	13.10.2005	
	72	23.07.2006	-		71	13.10.2005	
	73	23.07.2006	-		72	13.10.2005	14.09.2006
	74	23.07.2006	-		73	09.07.2005	14.09.2006
	75	23.07.2006	-		74	09.07.2005	14.09.2006
			-	75	09.07.2005	14.09.2006	
			-	76	23.06.2005	30.06.2006	
217	71	15.10.2005	-	220	70	13.05.2005	
	72	15.10.2005	-		71	17.08.2005	24.01.2006
	73	15.10.2005	-		72	17.08.2006	16.05.2006
	74	15.10.2006	16.10.2006		73	23.07.2005	16.05.2006
	75	15.10.2005	16.10.2006		74	14.04.2006	
			-	75	14.04.2006	05.09.2006	
218	70	18.07.2005	-	221	73	23.07.2005	
	71	18.07.2005	-		74	09.09.2005	
	72	18.07.2005	02.05.2006				
	73	18.07.2005	-	222	73	14.07.2005	
	74	18.05.2006	-		74	14.07.2005	
	75	02.05.2006	-				
	76	15.05.2005	18.05.2006				

Tabela 4.2 - Imagens do HRV/SPOT utilizadas para interpretação de áreas de café no estado de Minas Gerais.

Imagens do HRV/SPOT-4					
Órbita	Ponto	Data de aquisição	Órbita	Ponto	Data de aquisição
714	392	10.10.2005	722	392	30.08.2005
716	392	14.07.2005	723	391	08.02.2006
716	392	30.07.2005	723	392	23.01.2006
716	393	10.07.2005	724	389	25.08.2005
716	394	11.10.2005	724	390	25.08.2005
718	392	09.07.2005	724	392	16.07.2005
718	394	09.07.2005	725	389	08.02.2006
718	395	09.07.2005	725	391	05.07.2005

4.4. Metodologia

A metodologia desenvolvida na pesquisa pode ser resumida em quatro etapas: 1) coleta de dados censitários sobre o cultivo do café no estado de Minas Gerais e espacialização desses dados por município numa base cartográfica; 2) estruturação do banco de dados

geográfico (BDG); 3) preparo das imagens para a interpretação; 4) mapeamento das áreas de café e quantificação da área plantada por município.

4.4.1 - **Etapa 1: Coleta de dados censitários sobre o cultivo do café no estado de Minas Gerais e espacialização desses dados numa base cartográfica.**

Anteriormente ao processo de interpretação das imagens orbitais a primeira etapa do trabalho foi determinar onde a cultura está instalada. Mesmo sabendo que as informações oficiais sobre a área plantada são subjetivas, elas são de grande valia para o analista checar os resultados da interpretação ou dar atenção redobrada em áreas com maior concentração da cultura. Por essa razão, esta etapa da pesquisa consistiu de uma análise dos dados disponíveis sobre municípios produtores de Minas Gerais extraídos do banco de dados oficial disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados foram especializados sobre a malha municipal e as informações de área plantada em hectares em cada um dos municípios foram estratificadas (Figura 4.2).

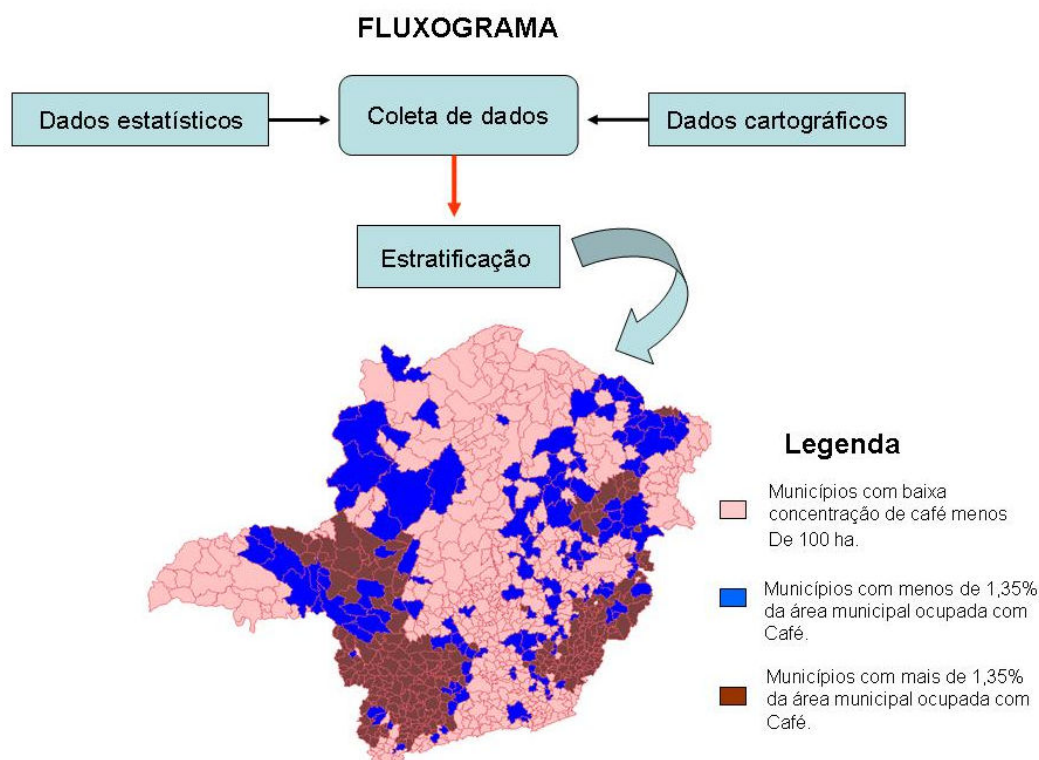


Figura 4.2 - Estratificação das áreas de café com base em dados cadastrais do IBGE, para o ano de 2004.

Sobre o mapa resultante do cruzamento dos dados estatísticos e cartográficos foi sobreposto a malha de órbita/ponto do sensor TM do Landsat-5. Além disso, foi realizada uma outra estratificação redefinindo limiares de área plantada no município em ha. Os resultados desta operação pode ser visto na Figura 4.3. Esta informação foi

muito útil durante o processo de aquisição das imagens de satélites. Nas regiões de maior concentração de café procurou adquirir imagens de datas recentes, ou seja, no período entre junho a setembro de 2006.

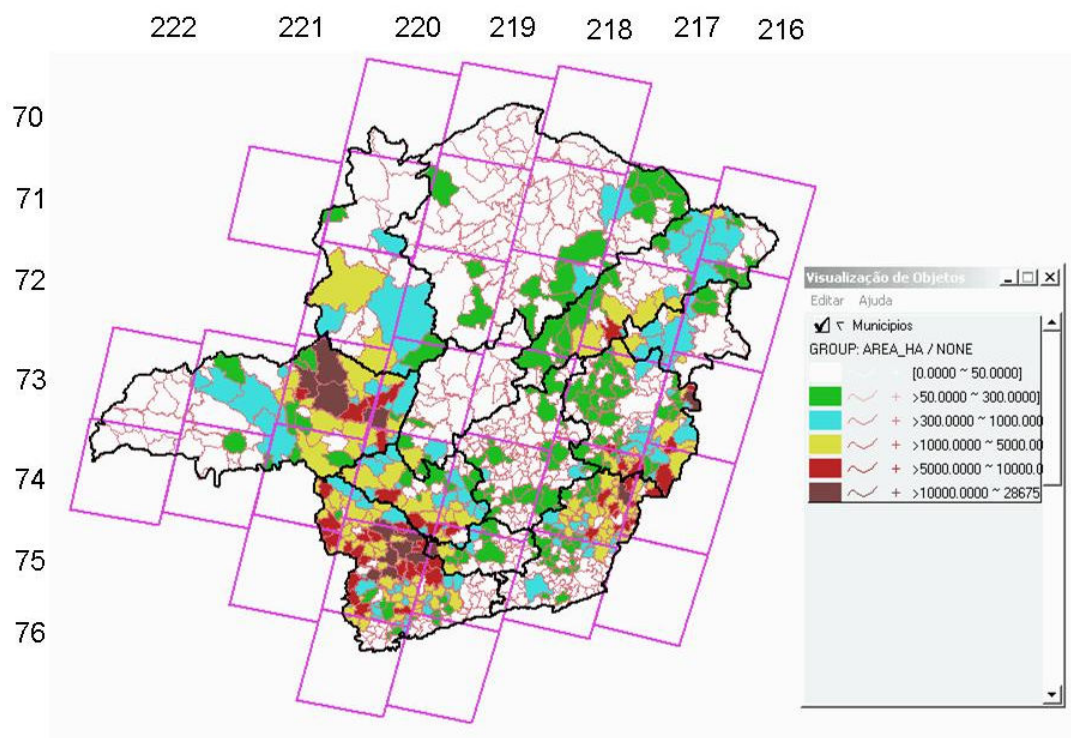


Figura 4.3 – Malha de órbita/ponto do sensor TM do Landsat-5

Observa-se que o estado de Minas Gerais está contido em 35 cenas do TM/Landsat. Dentre as 35 cenas, apenas quatro imagens (222/73 e 74; 219/70 e 218/70) não foram interpretadas para a classe café.

De acordo com os dados do IBGE e observando a Figura 4.3 nota-se que a cafeicultura mineira está concentrada nas regiões Sul/Sudoeste, Oeste de Minas; Campo das Vertentes; Zona da Mata e Central de Minas e parte do Alto Paranaíba.

4.4.2 - Etapa 2: Estruturação do banco de dados geográfico (BDG)

O Banco de Dados Georreferenciados num ambiente SIG é a etapa inicial de qualquer projeto, em que se pretende utilizar o geoprocessamento de dados no formato digital. Nesta pesquisa, foram inseridas no BDG todas as informações disponíveis e que foram geradas durante o desenvolvimento da pesquisa. O banco de dados georreferenciado recebeu a denominação de BancoMG. Os principais tipos de dados foram:

Para facilitar o trabalho nas etapas de interpretação, no BDG foram criados 35 projetos, sendo cada um correspondente a uma cena do TM/Landsat. Desta forma, cada projeto é

independente dos outros, o que permitiu o gerenciamento mais fácil de toda interpretação, pelo coordenador.

4.4.3 -Etapa 3: Preparo das imagens para a interpretação

A interpretação de imagens digitais via computador, requer uma fase preliminar, também conhecida como pré-processamento. O pré-processamento tem por finalidade melhorar a qualidade visual das imagens. No SPRING há diferentes técnicas que transforma as imagens originais, tais como:

- Modelo Linear de Mistura espectral.
- Componentes Principais.
- Restauração
- Fusão de Imagens HRV/SPOT.

Nesta pesquisa foram aplicados às imagens os seguintes procedimentos de pré-processamento:

- Restauração de imagens TM/Landsat
- Fusão das imagens HRV/SPOT
- Georreferenciamento
- Contraste

4.4.3.1 - Restauração das Imagens

Qualquer abordagem de classificação adotada, para classificar áreas de café no estado de Minas Gerais, os resultados obtidos não serão satisfatórios, devido às características da cafeicultura mineira. A Edição matricial é solução para o analista melhorar a precisão dos mapas obtidos, através dela, o interprete pode alterar os resultados da classificação interagindo diretamente na tela do computador. Para aplicar o procedimento da Edição Matricial é importante o fator escala de trabalho, pois lavouras muito pequenas são de difícil visualização e individualização nas imagens de satélites numa escala, por exemplo, 1: 50.000. Por outro lado, as imagens TM/Landsat originais (pixel's de 30 m) quando ampliada para uma escala maior que 1:40.000 há o realçamento dos pixel's o que acarreta uma descontinuidade das feições espectrais dos alvos contidos na cena. O procedimento de restauração permite obter um produto originado dessas imagens com pixel's de menor tamanho e, conseqüentemente, possibilitando uma ampliação para escala até 1:15.000. Na Figuras 4.4 é mostrado o efeito visual de uma área numa imagem com pixel original (30m) e na Figura 4.5, uma imagem restaurada com pixel de 10m.

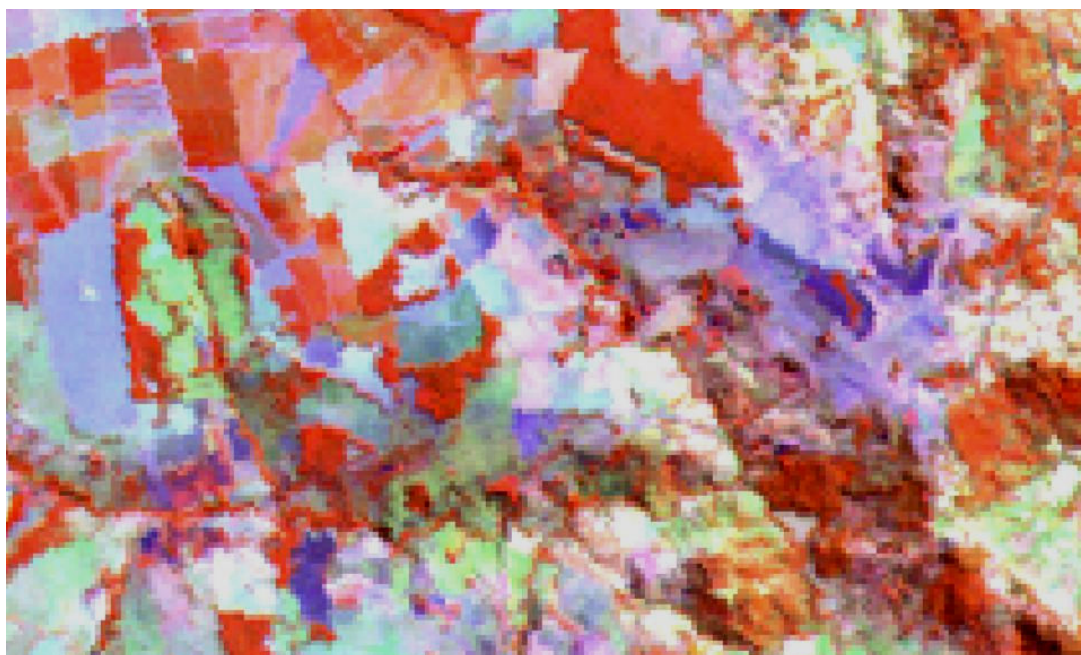


Figura 4.4 – Imagem TM/Landsat na composição 3(B), 4(R) e TM5(G), com pixel original, vista numa escala de 1:25.000.

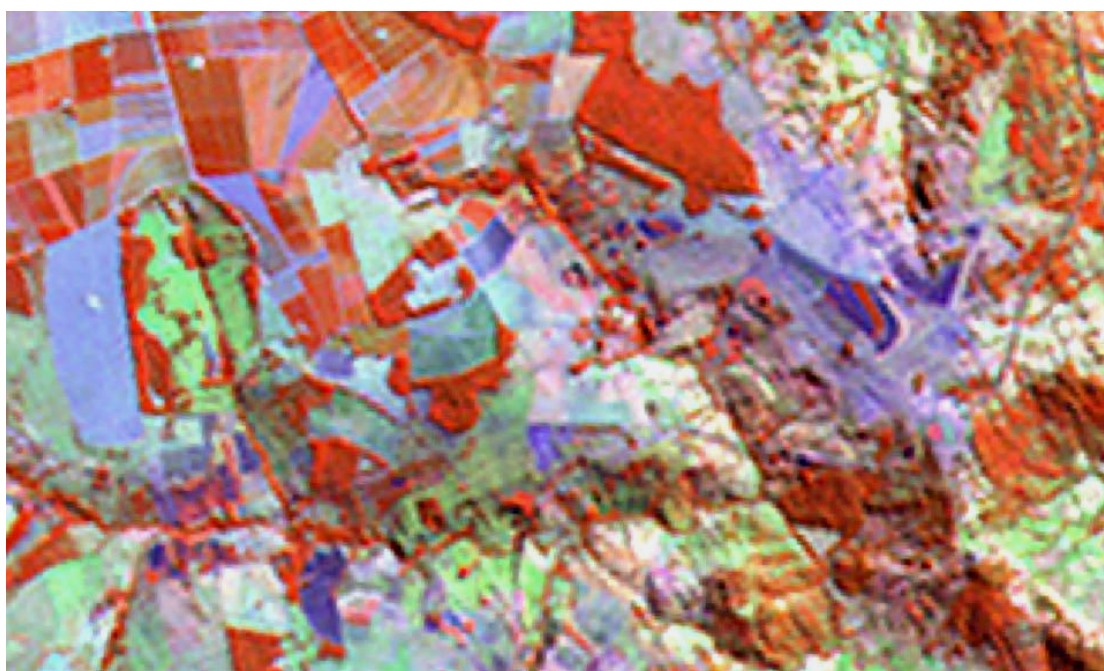


Figura 4.5 - Imagem TM/Landsat na composição 3(B), 4(R) e TM5(G), restaurada com pixel de 10m, vista numa escala de 1:25.000.

De acordo com Fonseca (1988) a restauração é realizada por um filtro linear. Os pesos do filtro de restauração são obtidos a partir das características do sensor, e não de forma empírica como é feito no caso dos filtros de realce tradicionais. Neste caso, o filtro é específico para cada tipo de sensor e banda espectral. As imagens originais, isto é, com

pixel de 30m x 30m foram restauradas para pixels de 10 m, cujo procedimento é descrito a seguir:

- Selecionar no painel de controle do SPRING a categoria imagem.
- Selecionar a opção restauração.
- Na janela auxiliar faz-se a seleção do sensor, no caso o TM. Como a restauração é feita banda a banda é necessário indicar qual imagem deseja restaurar.
- Defini um PI (plano de informação) para cada tamanho de pixel.
- Clica no botão executar, para disparar o processo.

Todo este procedimento é mostrado na Figura 4.6.

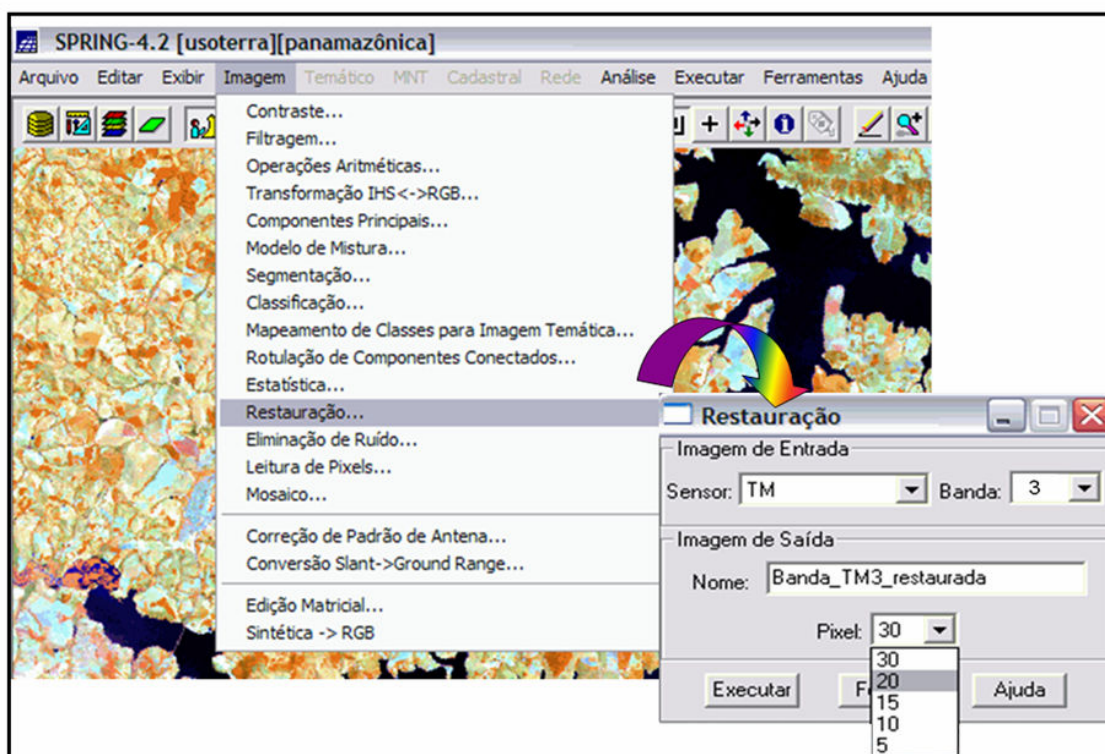


Figura 4.6 – Definição do sistema sensor, banda a ser restaurada, tamanho do pixel e nome da imagem de saída.

De acordo ainda com Fonseca (1988), a restauração é um procedimento que deve ser realizado em imagens não georreferenciadas. Em razão disso, criou-se no SPRING um projeto sem projeção e importou as imagens para este projeto para serem restauradas. Após a restauração as imagens foram exportadas e georreferenciadas no aplicativo ENVI.

4.4.3.2 - Georreferenciamento ou registro de imagem

De acordo com Richards (1995), não se deve confundir georreferenciamento com correção geométrica. Enquanto a correção geométrica é aplicada para eliminar as distorções sistemáticas introduzidas na etapa de formação das imagens, o georreferenciamento é empregado para estabelecer um mapeamento entre as coordenadas da imagem e as de um sistema de referência. Em outras palavras, associar cada pixel de uma imagem a uma coordenada geográfica (latitude e longitude). Neste projeto o georreferenciamento foi realizado imagem-imagem. Inicialmente fez-se o georreferenciamento das imagens TM/Landsat originais com os mosaicos disponibilizados pela NASA (GEOCOVER), posteriormente fez-se a restauração destas imagens para pixel's de 10m, as quais serviram de base para georreferenciar às imagens restauradas sem georreferenciamento. O georreferenciamento foi realizado no aplicativo ENVI, por ser mais fácil. Para o georreferenciamento empregou-se a função bilinear que suaviza o efeito serrilhado de bordas dos talhões ou de estradas.

4.4.3.3 - Realce de imagem

Os dados de satélites, uma vez processados no laboratório de geração de imagem em Cachoeira Paulista-SP, contem um contraste espectral de baixa qualidade visual. O realce de imagens digitais consiste num conjunto de procedimentos aplicados para melhorar a qualidade visual da mesma. Neste caso, o tipo de realce empregado foi ampliação de contraste de feições existentes na cena, ou seja, os níveis de cinza mais baixos são arrastados para próximos de zero (tonalidade mais escura) e os mais altos para próximos de 255 (cinza claro), conforme é ilustrado nas Figuras 4.7 e 4.8.

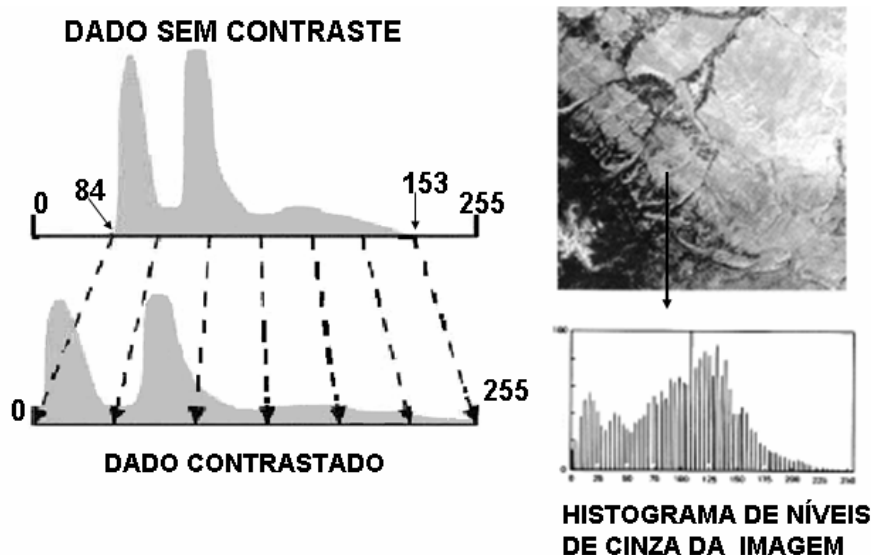


Figura 4.7 – Esquema para mostrar uma ampliação de contraste nos valores dos níveis de cinza de uma imagem de satélite.



Imagem sem contraste

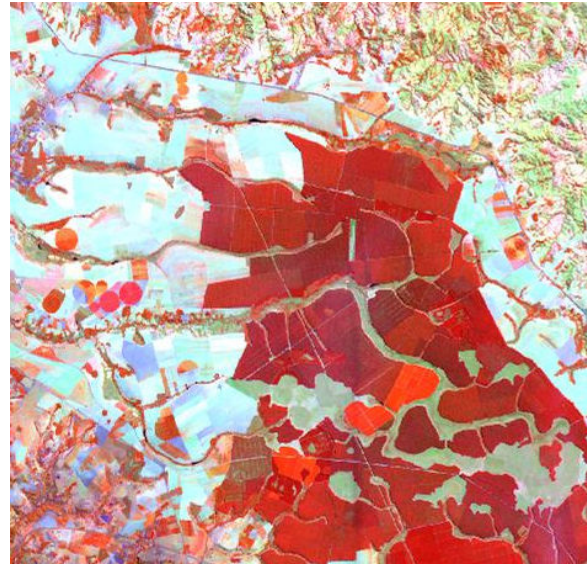


Imagem com contraste

Figura 4.8 – Composição colorida nas bandas TM3 (B), TM4(G) e TM5(R), para mostrar o efeito de contraste.

4.4.4 - **Etapa 4: Mapeamento das áreas de café e quantificação da área por município**

Uma vez criado o banco de dados e realizados todos os pré-processamentos nas imagens o passo seguinte consistiu-se no mapeamento das áreas de café nas imagens TM/Landsat e, certas regiões do estado, empregaram-se também imagens HRV/SPOT. Lembrando-se que cada cena Landsat correspondeu a um projeto do banco de dados BancoMG_.

O contraste das imagens foi feito no ENVI, uma vez que neste aplicativo é automático e baseado nos valores máximo e mínimo dos níveis de cinza da imagem. Ao passo que no SPRING o contraste é feito pelo interprete e não possui um critério quantificável que possa ser utilizado por outro interprete. Além disso, no ENVI as imagens são salvas no formato Tif. Essas imagens foram depois importadas para dentro do SPRING.

A interpretação visual foi inicialmente realizada nas imagens do ano de 2005. No entanto, quando observou a existência de imagens do ano de 2006 estas foram inseridas no banco de dados e realizou-se uma re-interpretação do café nestas novas imagens.

Foram testadas diferentes abordagens de classificação, supervisionadas e não-supervisionadas, no intuito de facilitar o procedimento de edição matricial. No entanto, ao analisar os resultados notou-se que nenhuma abordagem de classificação foi satisfatória para classificar o café, uma vez que houve muitas áreas de cerrado classificadas como café. No caso, a classificação digital serviu apenas para obter a base temática. O mapeamento foi realizado através da Edição Matricial lavoura por lavoura.

A edição matricial se faz através de um link dinâmico entre o analista e o computador, que permite visualizar vários Planos de Informação (PIs) de forma simultânea e interativa. Serve tanto para corrigir erros de classificação, como realizar o mapeamento total, tal como empregado neste projeto. Além dessa vantagem operacional, na edição matricial não há mudanças na matriz temática a não ser aquelas realizadas pelo interprete.

Como o café é uma cultura perene, o emprego dos dados do Google Earth foi muito importante nesta etapa de interpretação. Em outras palavras, as imagens do Google Earth foram usadas como verdade terrestre, uma vez que estas permitem maior ampliação de escala e assim facilitou identificar se o alvo era ou não café. Através deste procedimento foi possível, por exemplo, identificar pequenas lavouras incrustadas no interior da classe cerrado (Figura 3.4). A grande vantagem do uso dos dados do Google Earth é a visão sinóptica e vertical da área a ser interpretada como se interprete estivesse sobrevoando a área do município.

É importante ressaltar que quando se iniciou a interpretação das imagens TM/Landsat, os dados do Google Earth, para áreas rurais, eram compostos de imagens ETM+ fusionadas, o que permitia uma ampliação da escala bem maior do que a imagens TM/Landsat. No entanto, no meio do ano de 2006 foram inseridas no Google Earth, imagens de alta resolução espacial dos anos de 2003 a 2005, em áreas rurais para grande parte do território brasileiro. Esse fato foi extremamente útil porque muitas áreas cafeeiras do estado foram cobertas por essas imagens. Diante disso, fez-se uma ré-interpretação de tudo o que já havia sido feito, no intuito de melhorar ainda mais a precisão do mapeamento. Nas Figuras 4.9 e 4.10 pode ser visto uma lavoura de café nas imagens do Google Earth e na imagem TM/Landsat. Esta fase foi a mais demorada no processo, porque exigiu muita dedicação e paciência do interprete.

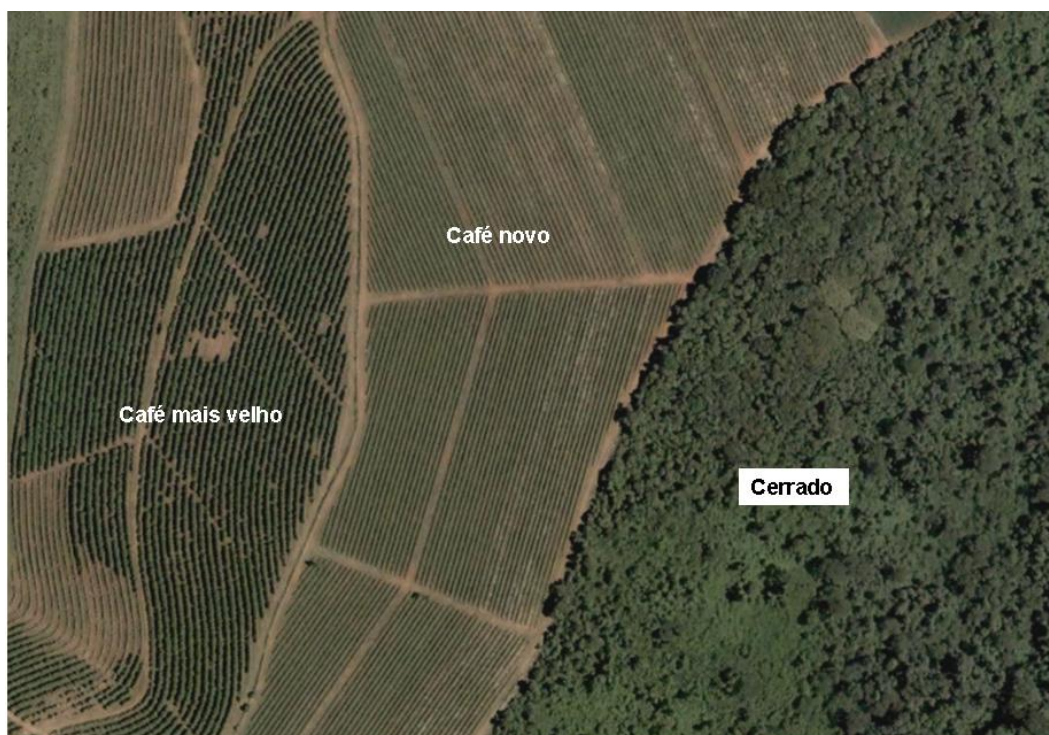


Figura 4.9 – Lavoura de café vista na imagem Google Earth de alta resolução do ano de 2003.

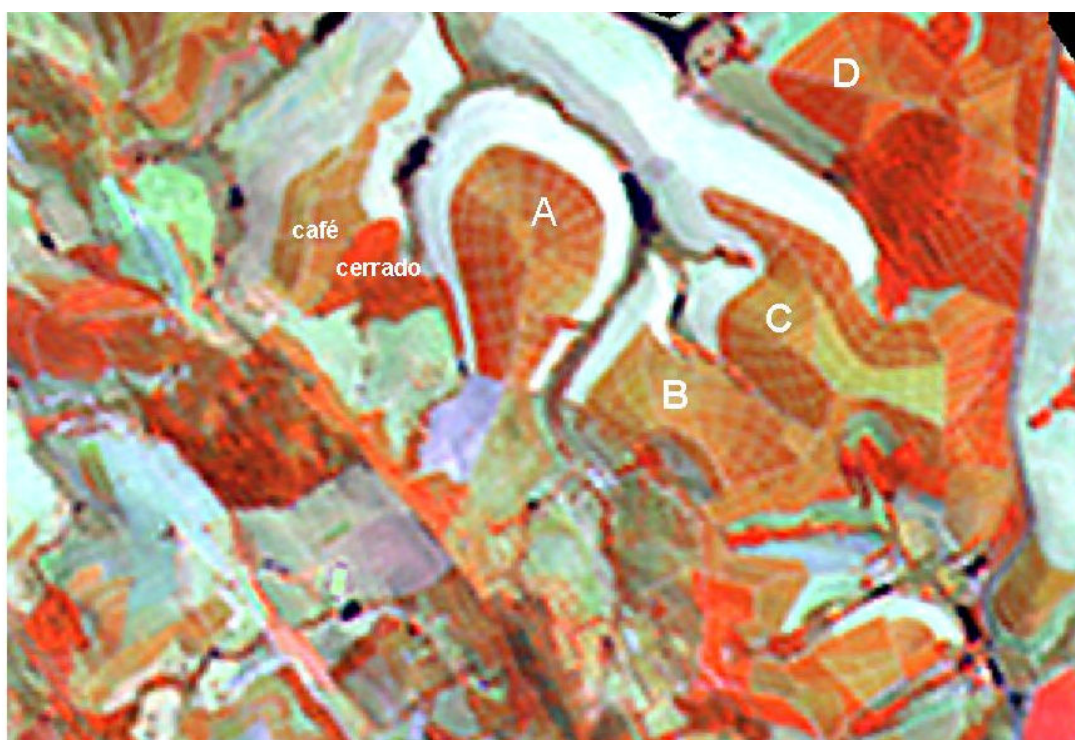


Figura 4.10 – Lavouras de café vista nas imagens TM/Landsat no ano de 2006

De acordo com as informações oficiais mostradas na Figura 4.3 os municípios com baixa concentração de café e com presença de eucalipto, a delimitação das lavouras foi realizada somente quando se tinha certeza de que o alvo era café, isto é, perfeitamente identificável, em relação aos demais alvos contidos na imagem. Caso contrário adotou-se como área de café no município os dados fornecidos pelo IBGE, quando o valor era menor de 100 ha. Nos municípios onde a quantidade de café era pequena, mas se dispunha de imagens Google Earth com alta resolução espacial, mesmo tendo eucalipto fez-se a interpretação e a delimitação do café observado nessas imagens.

Alguns municípios localizados na Mesorregião do Vale do Mucuri, mesmo tendo uma quantidade expressiva de café, segundo informação do IBGE, não foi possível realizar o mapeamento, porque não se dispôs de imagem Google Earth de alta resolução espacial e não se observou uma resposta espectral característica do café nas imagens TM/Landsat. Aliado a isso observou-se uma concentração alta de reflorestamentos de eucalipto, que na fase jovem forma um dossel com comportamento espectral semelhante ao comportamento espectral do dossel cafeeiro.

Após realizar a interpretação das lavouras de café para um dado município, o resultado era comparado com as informações oficiais. No caso de divergência de área foi feita uma nova interpretação muito criteriosa para verificar se não houve erro de omissão. Persistindo a diferença de área (oficial e interpretada) realizava-se um contato telefônico com técnicos da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG) do município para esclarecer dúvidas de interpretação.

Nem sempre foi necessário constatar nos dados Google Earth se o alvo era ou não café, pois a semelhança de comportamento espectral facilitou o mapeamento de muitas lavouras sem essa consulta prévia, como pode ser visto para as lavouras A, B e C da Figura 4.10.

Ao final do processo de classificação foi obtido um Plano de Informação (PI) temático contendo as classes mapeadas: café, cidade, água, e cana. Através do cruzamento desse PI com o mapa cadastral do geominas, contendo os limites políticos municipais (Prodemge, 1998), foi estimada a área de café em cada município, empregando a ferramenta “*Estatística por Polígono*”, implementado no aplicativo SPRING.

Os mapas temáticos foram gerados numa resolução de 10m x 10m. Com isso, o arquivo ficou com tamanho de 1,5 Giga Byte. Como o objetivo final é inserir esse banco de dados no ambiente web foi necessário transforma a matriz temática em vetorial e exportar o resultado da vetorização em *Shapefile* para reduzir o tamanho do arquivo. As imagens restauradas também tiveram que ser transformadas em JPEG.

CAPITULO 5

RESULTADOS E DICUSSÕES

5.1. Interpretação das imagens de satélites

Durante a fase de interpretação das imagens de satélites pode-se observar que o comportamento espectral do café típico (lavouras bem conduzidas) no estado de Minas Gerais apresenta numa tonalidade amarronzada, o que lembra a cor do café levemente torrado ou do cobre, conforme é mostrado na Figura 5.1 e 5.2.

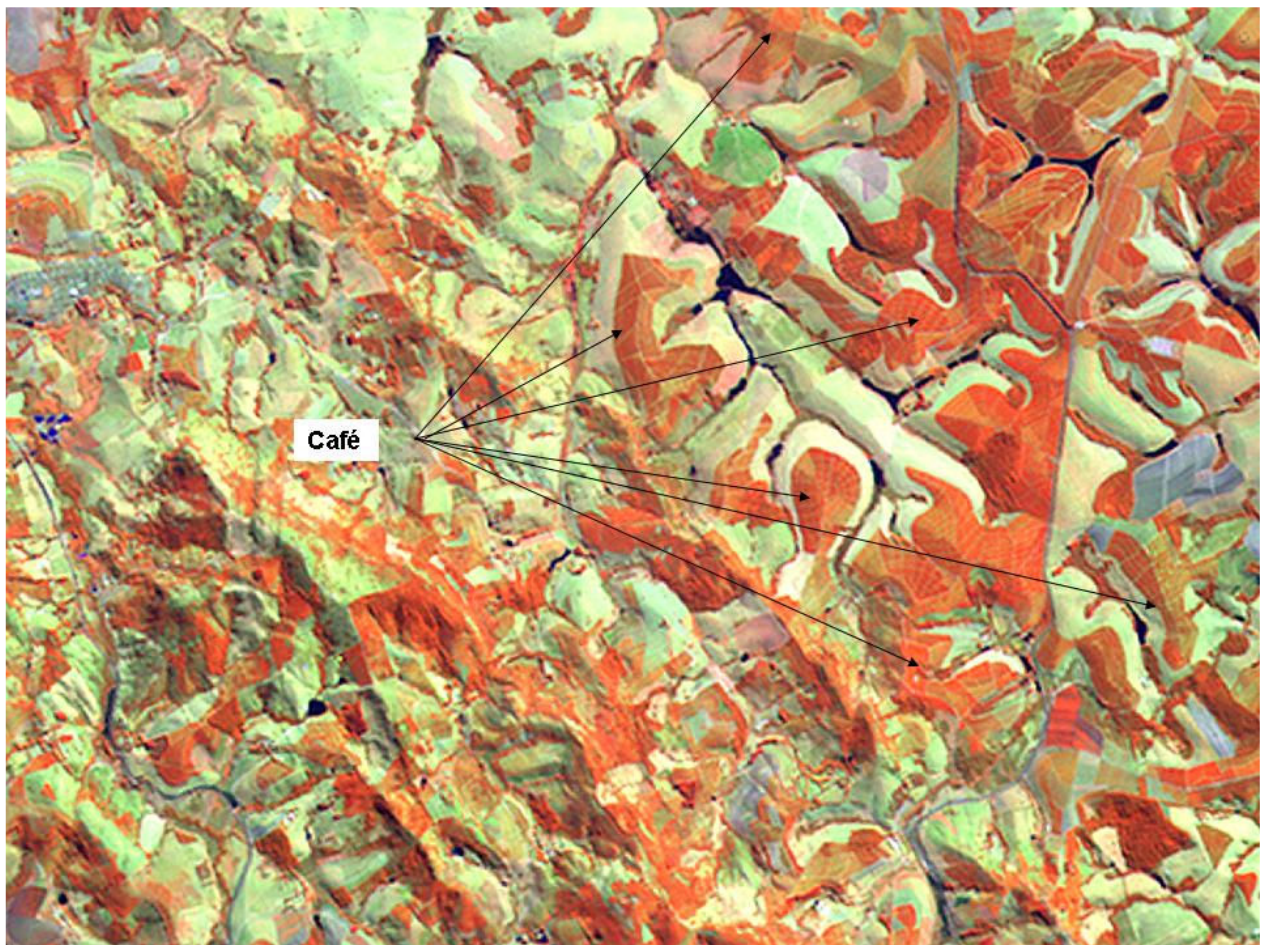


Figura 5.1 – Lavouras de café vista na composição colorida TM3(B), TM4(R), TM5(G), em relevo suave ondulado a ondulado. Locais: Machado e Serrania, Sul de Minas.

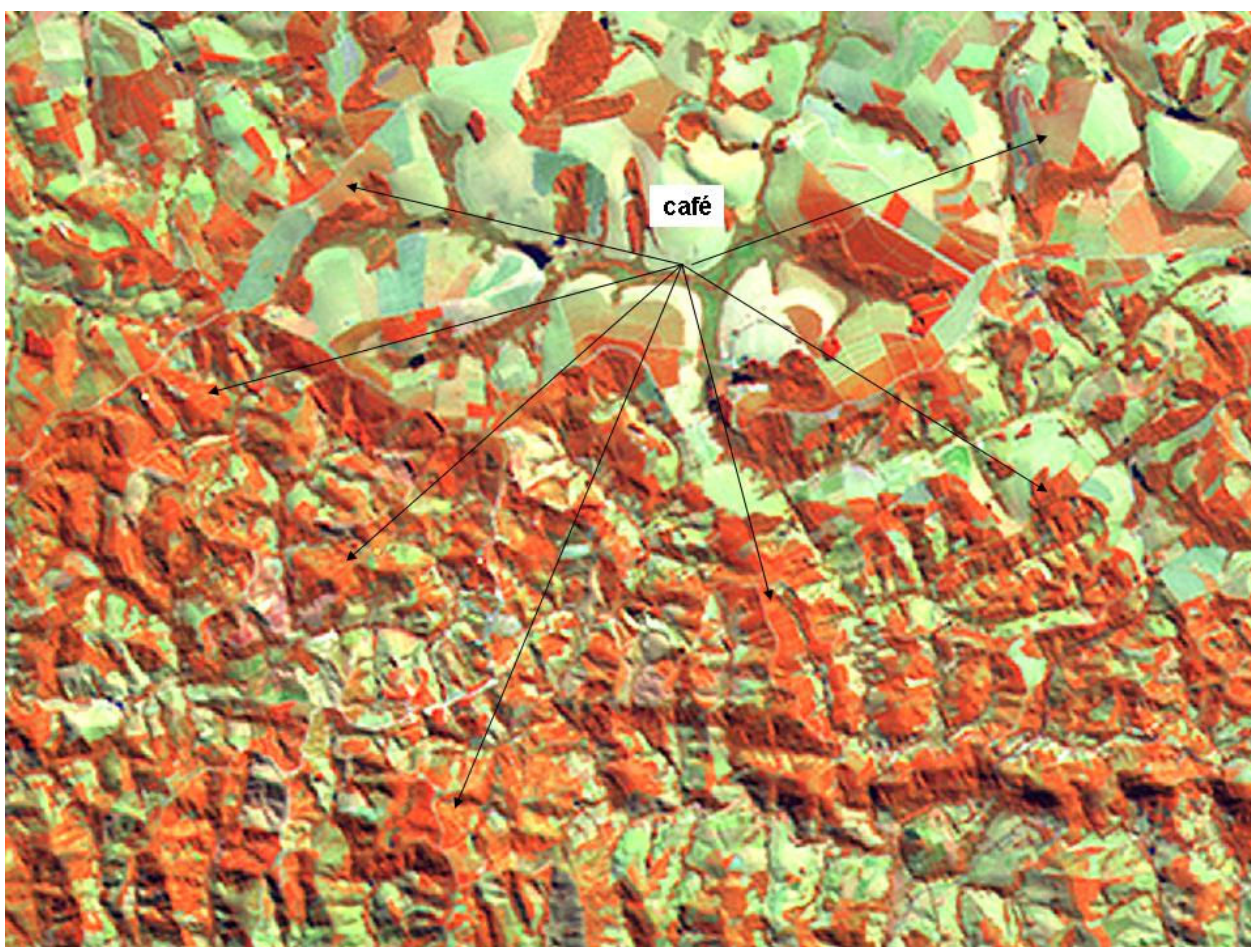


Figura 5.2 – Lavouras de café em relevo plano e acidentado. Locais: Juruaia (acidentado) e Nova Resende (áreas planas), Sul de Minas.

A cor amarronzada varia em função do índice de área foliar da lavoura. Cor mais clara está muito relacionada com o índice de área foliar da lavoura, que por vez, está relacionado com o sistema de plantio (normal, adensado ou super-adensado), com a idade e derriça das folhas durante a colheita.

De maneira geral, o café típico não foi difícil realizar o mapeamento por meio da interpretação visual, uma vez que a resposta espectral das áreas cafeeiras são bem características. É bom ressaltar que a classificação digital não mostrou resultados satisfatórios. O erro de classificação foi grande, por causa da semelhança espectral do café com a classe de cerrado típico. A maior dificuldade encontrada na interpretação visual foi com relação o café atípico, isto é, as lavouras que por algum motivo (tratos culturais, derriça extrema ou idade) afetou o comportamento espectral do café, conforme é mostrado na Figura 5.3. Essas mudanças foram observadas mesmo em imagens obtidas no mesmo ano. Ao buscar uma explicação para essa mudança notou certa relação com a quantidade de café no município. Em geral, isso aconteceu em municípios em que a relação percentual do café com a área territorial é baixa e as lavouras são relativamente pequenas. Logo, acredita-se que nessas condições o manejo da cultura é mal conduzido.

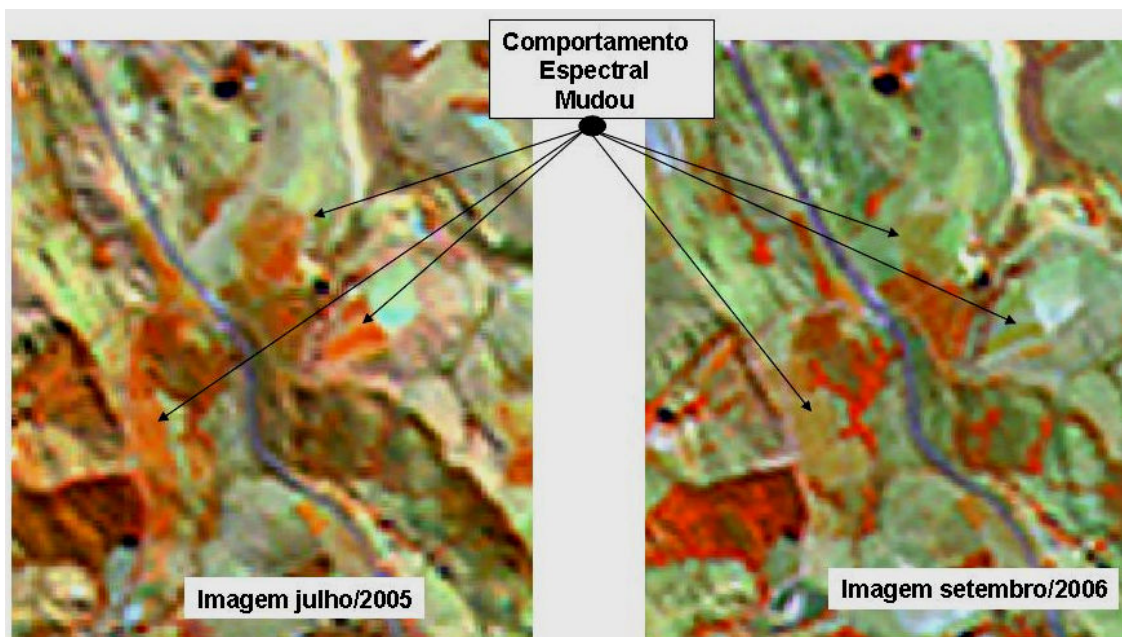


Figura 5.3 – Mudanças no comportamento espectral de lavouras cafeeiras vistas no ano de 2005 e 2006.

Outro fato que levou a mudança no comportamento espectral do café foi à prática da poda. No entanto, durante uma visita a campo, técnicos de EMATER e alguns produtores de café relataram que, por motivo econômico, a prática da poda é parcial, ou seja, nunca é feita a poda de toda lavoura num mesmo período. Essa informação foi muito útil, por exemplo, para diferenciar uma área erradicada de uma podada. Na Figura 5.4 é mostrada uma situação em que a lavoura de café foi parcialmente podada em 2006 e uma outra recuperada da poda ocorrida em 2005.

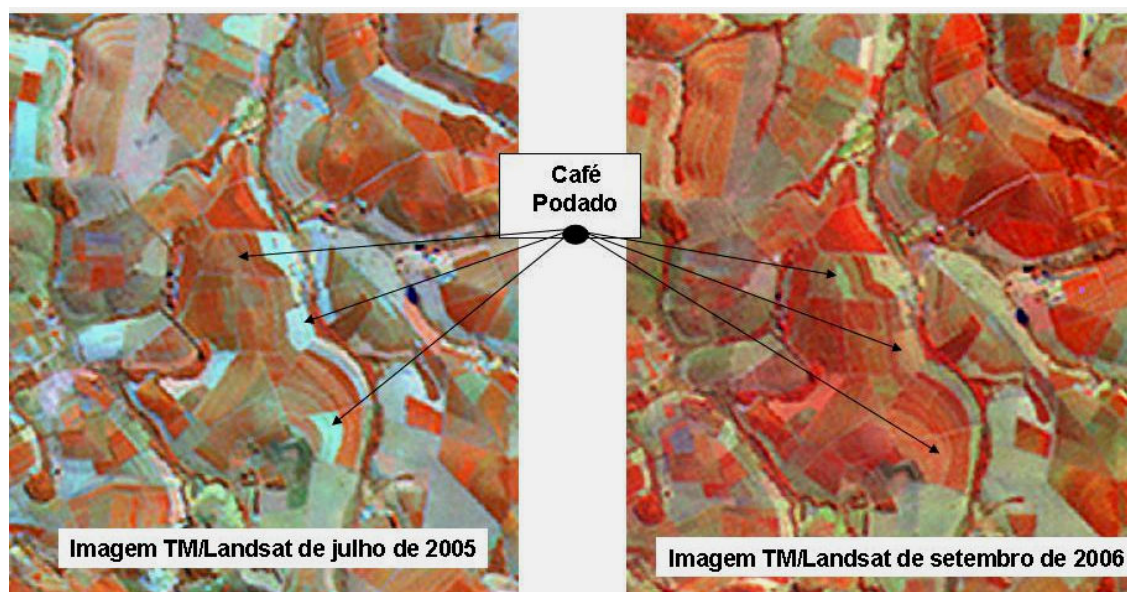


Figura 5.4 – Áreas de café podadas no ano de 2005 e recuperadas em 2006.

A erradicação em geral acontece após a colheita e em toda lavoura. Como as imagens do TM/Landsat foram obtidas entre julho a setembro, lavouras de café erradicadas no mesmo ano apresentaram-se como solo preparado, numa tonalidade cian.

Após a fase de interpretação fez-se uma visita a campo em quatro municípios, para aferir os resultados da interpretação. Naquela ocasião constatou-se que uma área de café com um ano e meio não havia sido mapeada nas imagens de satélite de 2005. No entanto, essa área pode ser identificada nas imagens setembro de 2006, ou seja, quando a lavoura estava com 2,5 anos. Mesmo sabendo que a lavoura ainda estava no período de formação, o fato de ter sido identificada nas imagens de 2006, mostra a importância do uso temporal para monitorar a cafeicultura (Figura 5.5).

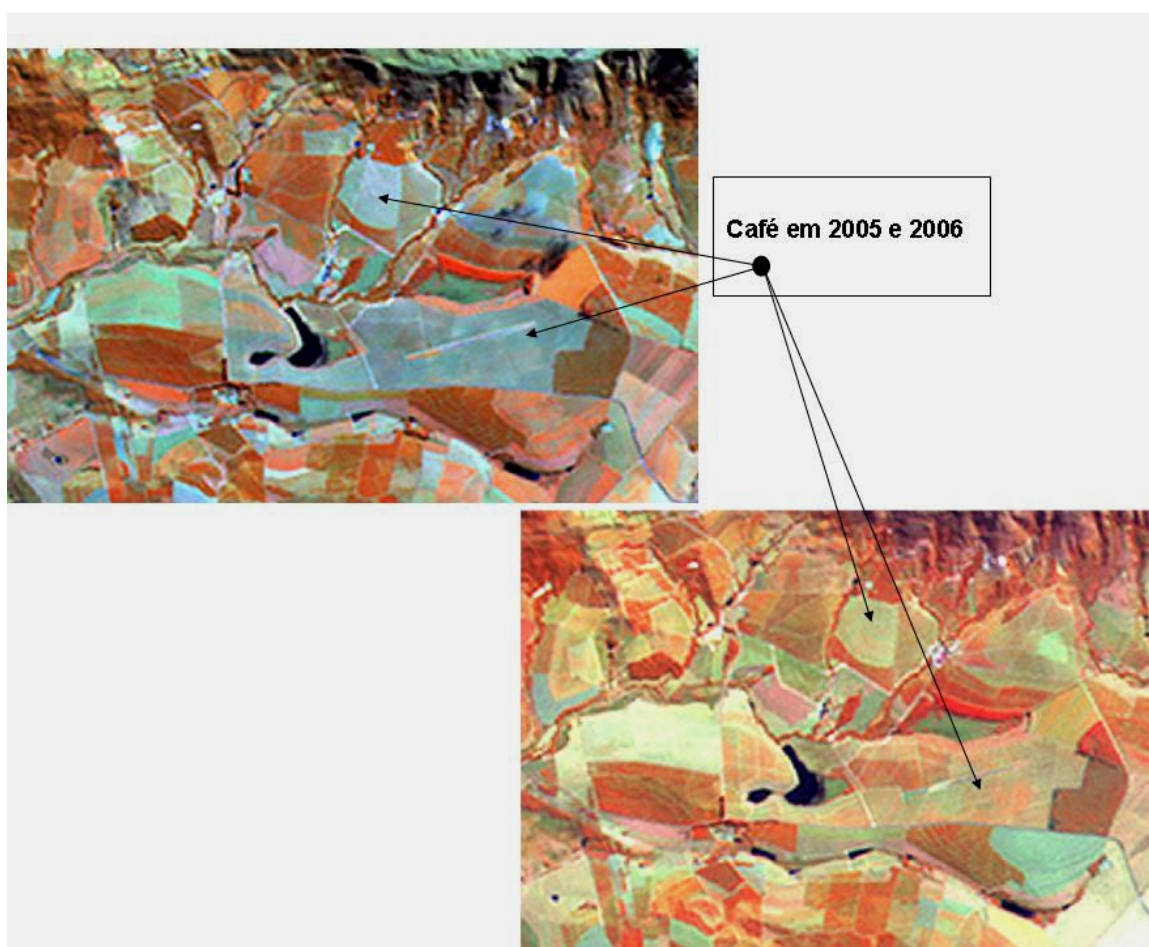


Figura 5.5 – Mudanças no comportamento espectral de lavoura em formação

Como mostrado na Figura 32, lavouras com menos de dois anos não são identificadas nas imagens de satélites. No entanto, são oficialmente computadas na área total de café plantado no município. Esse fato leva a uma omissão de área durante a interpretação. Na prática essas lavouras novas não são produtivas, logo não deveriam ser computadas. Isso, de certa forma, mostra a importância do uso de imagens de satélites tanto para mapeamento como para definir o parque cafeeiro produtivo. Logicamente que estas lavouras não identificadas serão mapeadas em anos posteriores, através do estudo temporal.

Na Região Noroeste de Minas o café é cultivado tanto no regime de sequeiro quanto no sistema de pivô central, como pode ser visto na Figura 33. Neste último sistema (pivô central) há também o cultivo de outras culturas agrícolas, como milho, feijão, entre outras. Com as imagens de junho e julho muitas áreas de café, no sistema de pivô central, apresentaram respostas espectrais parecidas com o milho ou feijão plantados, também, no sistema de pivô central. Neste caso, o uso do critério multitemporal (imagens de outubro) foi muito útil para individualizar áreas de café dessas outras culturas, conforme é mostrado nas Figuras 5.6, 5.7 e 5.8.

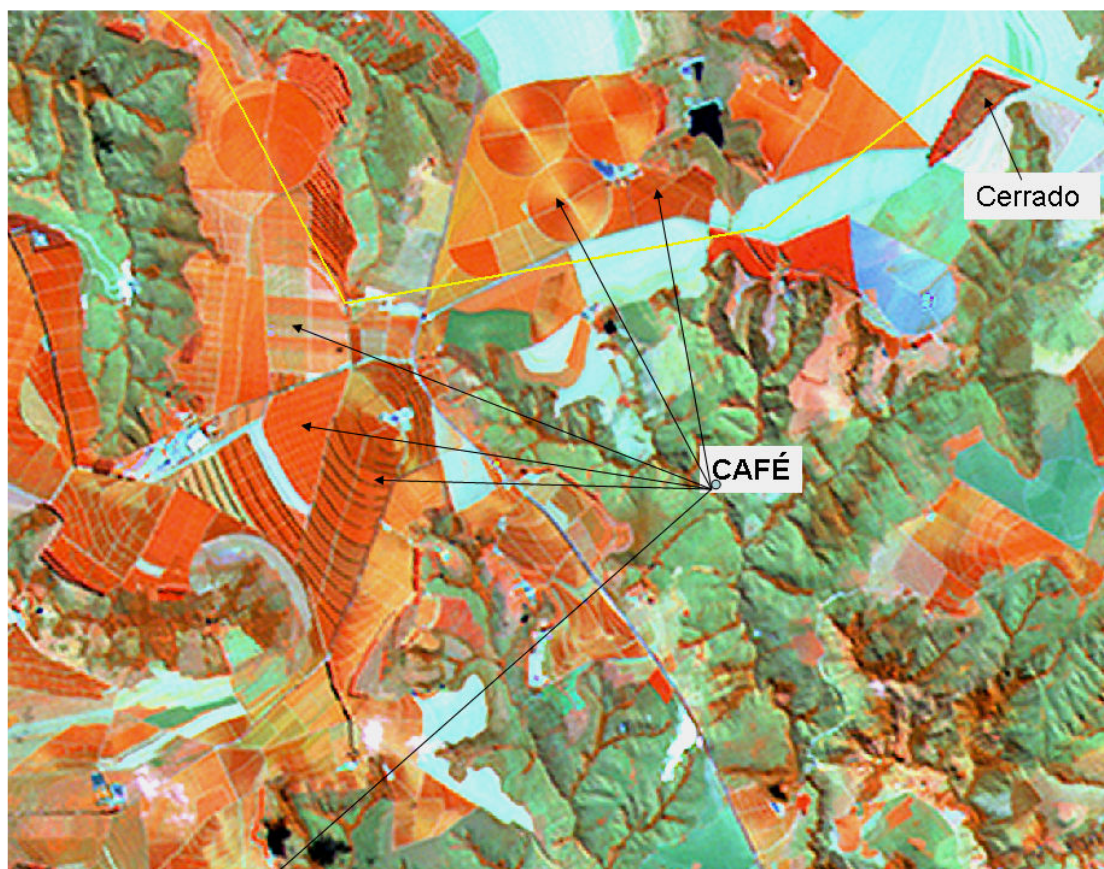


Figura 5.6 – Diferentes modalidades de cultivo do café na região de Patrocínio – MG

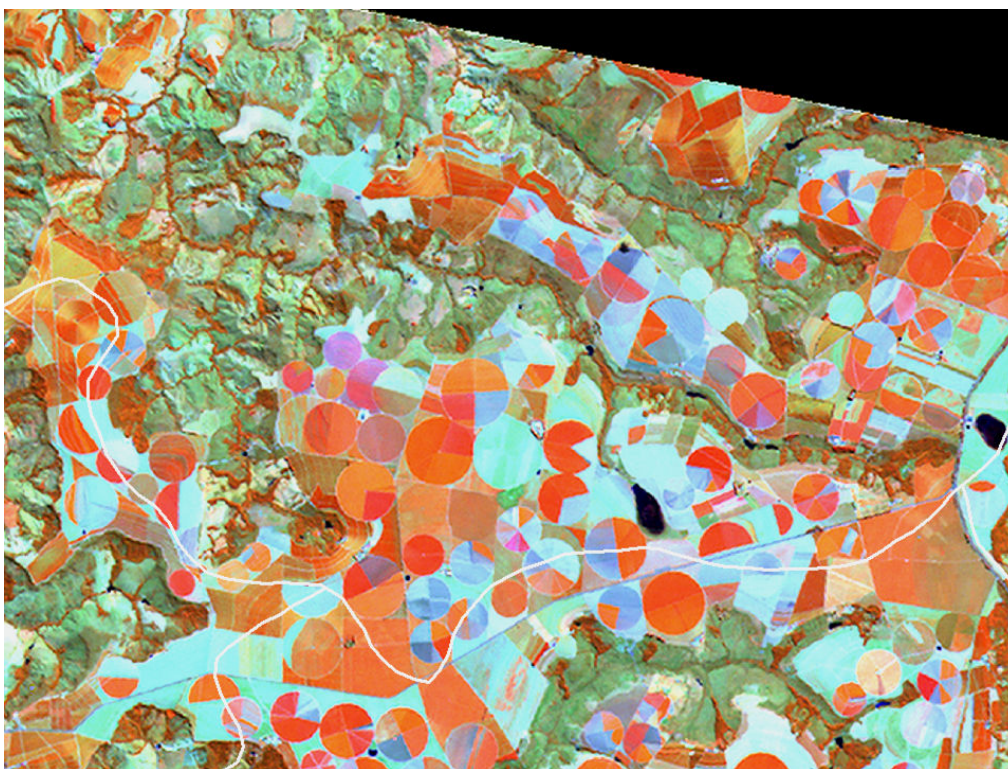


Figura 5.7 – Café e outras culturas vistas na composição colorida TM#(B), TM(R) e TM5(B) do mês de junho de 2006.

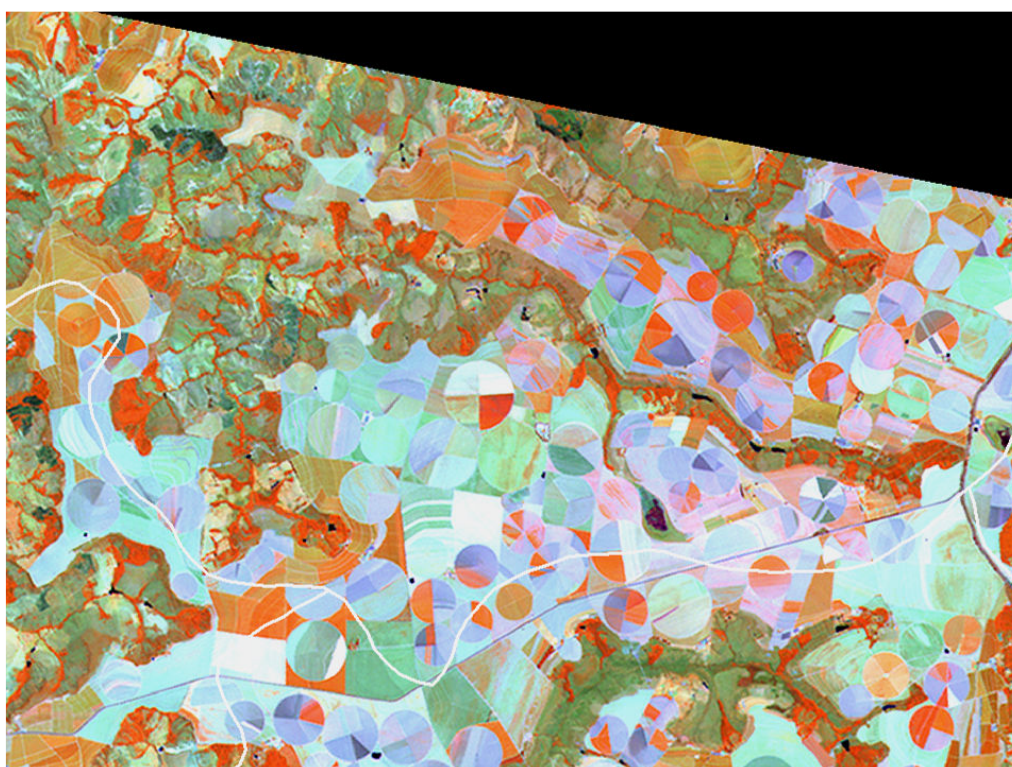


Figura 5.8 - Composição colorida TM3(B), TM(R) e TM5(B) do mês de setembro de 2006 para mostrar que a maioria das áreas de outras culturas já está colhida.

Na Zona da Mata, Vale do Rio Doce, Vale do Mucuri, Jequitinhonha, o sistema de cultivo do café é um pouco diferente do que se viu no Sul/ Sudoeste de Minas e Alto Paranaíba. Nestas regiões o café é cultivado em relevo plano e inclinado.

No Vale do Mucuri e Jequitinhonha a região é típica do nordeste, onde predomina um cerrado típico e solos esbranquiçados. Nestas duas regiões o comportamento espectral das lavouras de café é totalmente atípico. Em outras palavras, muito poucas lavouras apresentaram comportamento espectral como visto no Sul/Sudoeste e Alto Paranaíba. Outro fator complicador na identificação de áreas cafeeiras nas imagens de satélites é baixa relação área municipal e cafeicultura e presença de áreas reflorestadas. Nestas regiões, o café foi mais bem individualizado nos municípios limítrofes ao Estado do Espírito Santo.

Na região da Zona da Mata, o grande problema enfrentado foi a presença de nuvens. Na imagem da órbita 217, ponto 74 foi necessário utilizar imagens TM/Landsat de 2005 e duas imagens de 2006 para mapear o café. Por essa razão, a interpretação foi muito prejudicada por causa da diferença de data de aquisição das imagens. Em outras palavras, num município o café foi mapeado numa imagem de 2005 e no seu vizinho na imagem de 2006. Considerando a poda e erradicação isso pode ter influenciado no resultado final.

Sem dúvida que a classe de ocupação do solo que mais apresentou semelhança espectral com o café foi o cerrado, como mostrado na Figura 5.9.

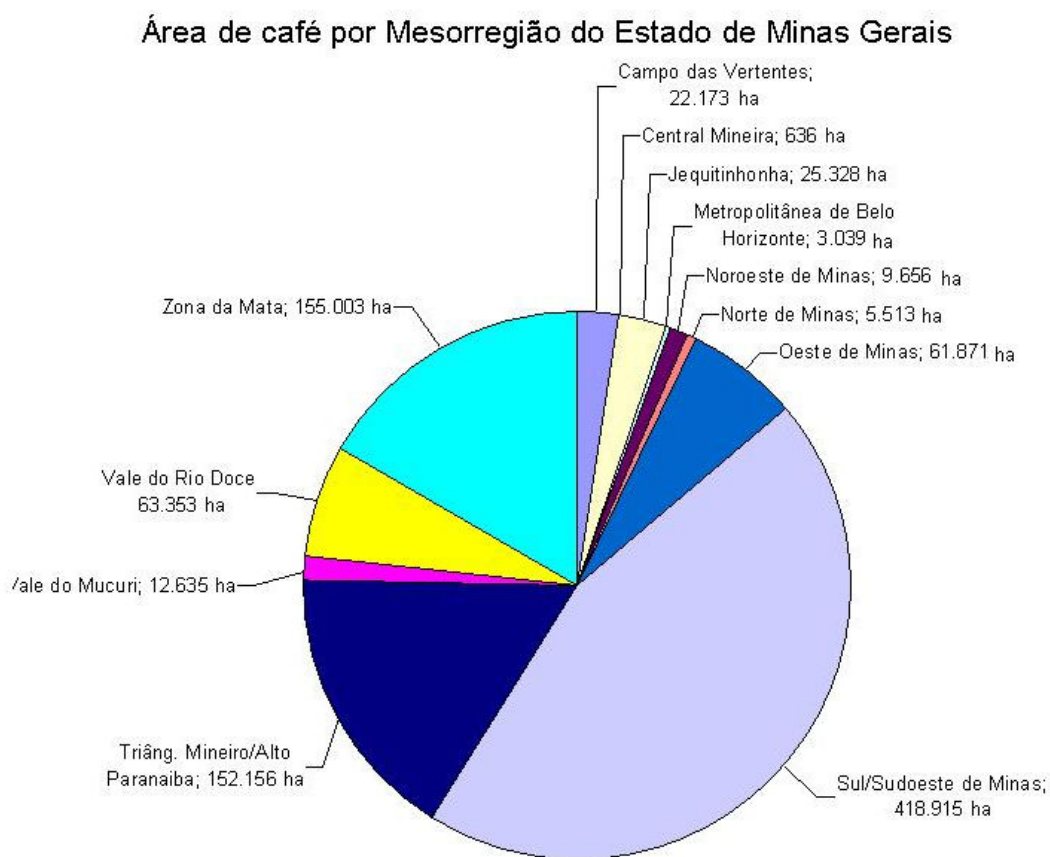


Figura 5.9 – Classe de cerrado que mais confundiu espectralmente com café.

Nos municípios mais ao Sul desta região, como Cachoeira de Minas, Conceição dos Ouros, Itajubá, próximos a Serra da Mantiqueira o café pode ser encontrado tanto em relevo mais plano quanto no acidentado. Nas áreas acidentadas geralmente as lavouras são menores e plantadas nas encostas dos morros, sendo muito comum áreas de mata seguida por uma lavoura de café.

5.2 – Cálculo da área de café por meso, microrregião e municípios do estado

Nas Figuras 5.10 e 5.11 são apresentados os resultados em forma gráfica e a porcentagem de lavouras de café por Mesorregiões Geográficas do Estado de Minas Gerais.



Área total no Estado = 930.278 ha

Figura 5.10 – Área total de café do Estado de Minas Gerais e por Mesorregião do estado, obtida por meio da interpretação de imagens TM/Landsat-5 do ano 2006.

Porcentagem de café por Mesorregião Geográfica do Estado de Minas Gerais

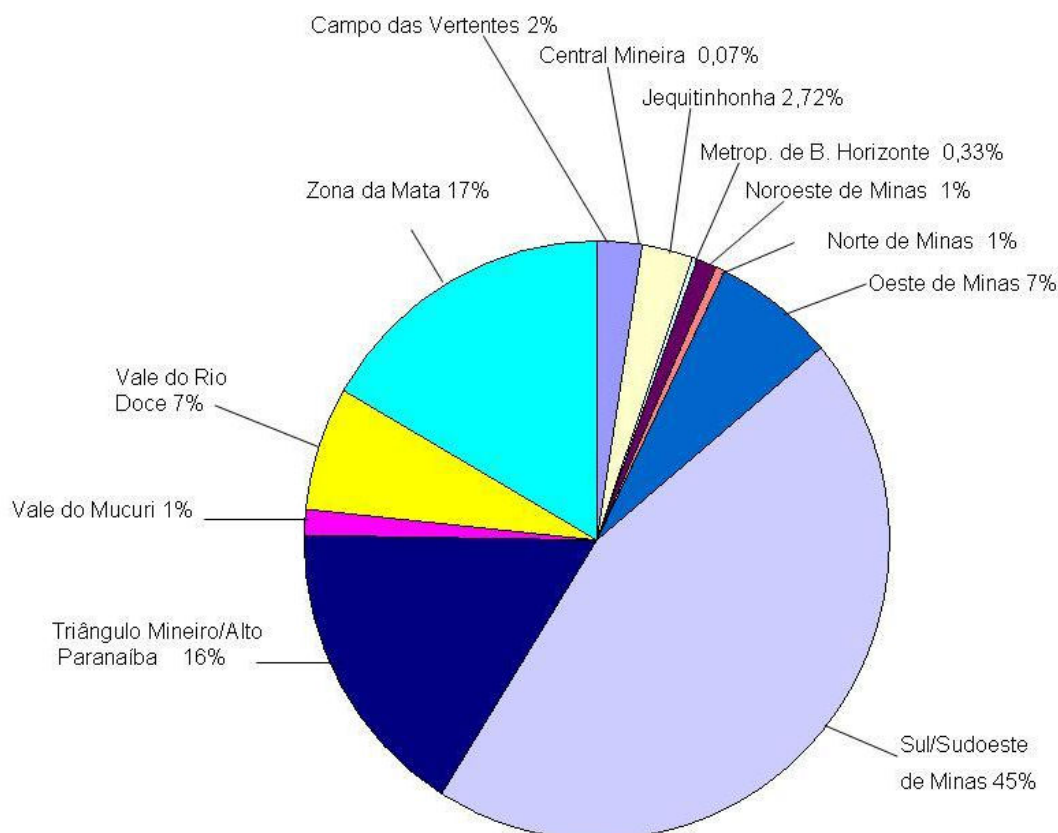


Figura 5.11 – Porcentagem de café por Mesorregião Geográfica do Estado de Minas Gerais, obtida por meio da interpretação de imagens TM/Landsat.

Os resultados do mapeamento do café por Mesorregião, Microrregiões e município do estado de Minas Gerais encontram-se nos Apêndices A.

De acordo com os resultados divulgados pela CONAB em dezembro de 2006 para a safra 2007/2008, 967.945 ha (Tabela 2.3), nota-se que diferença de área mapeada, em relação aos dados oficiais foi muito pequena (3,89%). Essa diferença pode ser explicada por dois motivos. O primeiro, conforme publicado pela CONAB (2006), foi a redução da área plantada com café. O segundo esta relacionado a subjetividade do método de levantamento realizado pela CONAB. Além disso, na Região Norte de estado, a semelhança de comportamento espectral do cerrado com áreas de café mau cuidado, foi o fator limitante em mapear esta cultura em muitos municípios desta região, principalmente quando a concentração de lavouras de café é baixa e o manejo das lavouras é deficiente. Como exemplo pode-se citar o município de Botumirim, em que consta na estatística do IBGE com 500 ha de café, não foi possível realizar o mapeamento neste município, por que o café não pode ser individualizado de outros alvos. Outro fator que contribuiu foi a relação área municipal e café. O município tem uma área de 1.572 Km² (157.200 ha) o que dá uma relação 0,003 ou 0,3% o que é muito baixa.

Por outro lado, nos locais onde esta relação é maior, como no Sul/Sudoeste do Estado, notou-se que as diferenças de áreas de café entre os dados oficiais e o interpretado foram maiores para municípios com maior concentração de café. Por exemplo, nos municípios de Três Pontas e Nepomuceno a área de café mapeada através das imagens foram 22.241 e 13.867 há ao passo que nas estatísticas do IBGE esses municípios no ano de 2005 apresentaram uma área de 25.000 e 16.500 ha. Nestes municípios o mapeamento foi realizado nas imagens TM/Landsat auxiliado com imagens de alta resolução do Google Earth, para redimir dúvidas de interpretação. Acredita-se que a maior causa dessa diferença seja desatualização cadastral ou, eventualmente, lavouras novas que não puderam ser individualizadas nas imagens, porém não produtivas.

É bom ressaltar que nas imagens de satélites o café mapeado foi aquele espectralmente visível. Em outras palavras, áreas de café com menos de dois anos não foram mapeadas por que não foi possível individualiza-las nas imagens.

Para os municípios cujo total de área plantada foi inferior a 200 ha e que não se dispôs de imagens Google Earth de alta resolução não foi realizado seu mapeamento porque o erro de inclusão de áreas de não-café poderia ser maior do que a percentual de acerto. Neste caso, optou-se por transcrever os valores oficiais, para computar no resultado final da interpretação.

Na Tabela 5.1 e Figura 5.12. são apresentados valores quantitativos de café cultivado estratificado para cada uma das 12 Mesorregiões do estado de Minas Gerais.

Tabela 5.1 – Relação percentual de café por mesorregião do Estado de Minas Gerais.

Mesorregião	Área (ha)		(%)
	Mesorregião	Café Interpretado	
Campo das Vertentes	1277220	22173	1,74
Central	3203199	636	0,02
Jequitinhonha	5168974	25328	0,49
Belo Horizonte	4007255	3039	0,08
Noroeste	6314124	9656	0,15
Norte	13006580	5513	0,04
Oeste	2455260	61871	2,52
Sul_Sudoeste	5016232	418915	8,35
Triângulo	9058669	152156	1,68
Vale do Mucuri	2070249	12636	0,61
Vale do Rio Doce	4216603	63353	1,50
Zona da Mata	3669571	155003	4,22

Percentagem de café em relação a área territorial das Mesorregiões do Estado de Minas Gerais

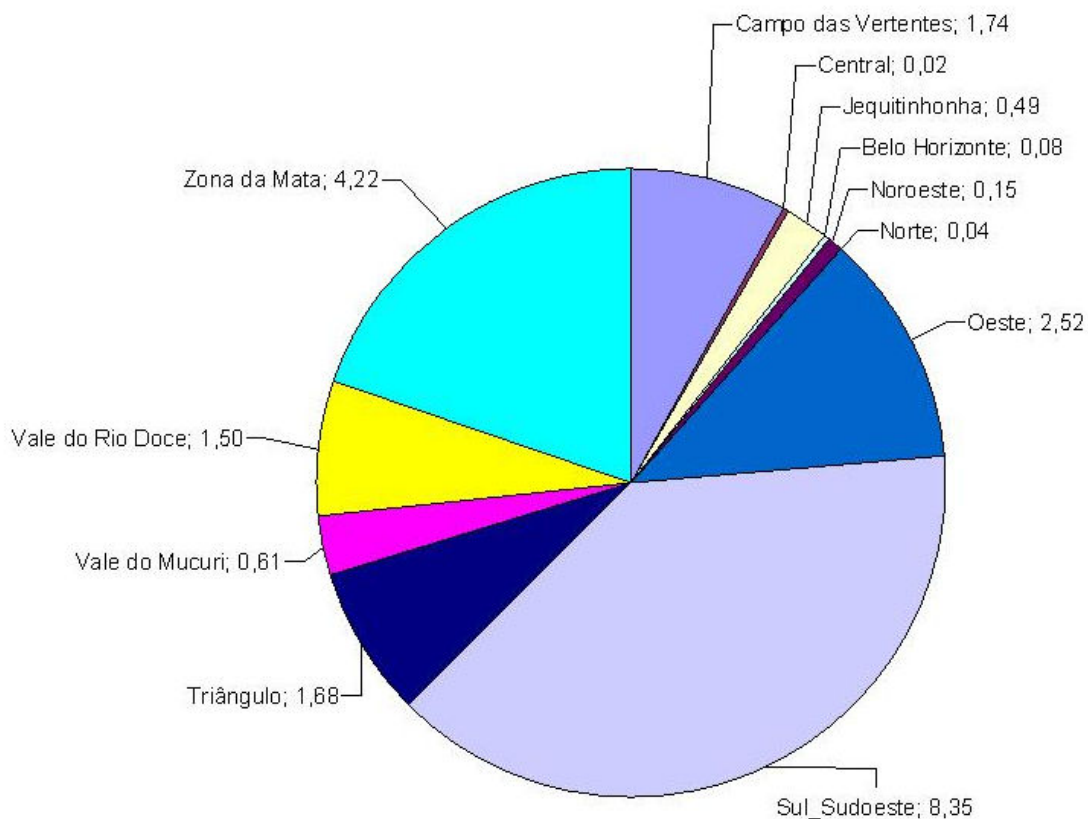


Figura 5.12 – Percentagem de café em relação a área territorial das Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.

Observou-se que a Mesorregião Geográfica Sul/Sudoeste do Estado possui a maior concentração de lavouras cafeeiras, com 8,35%. Em segundo lugar, aparece a mesorregião da Zona da Mata com 4,22%. Esses resultados confirmam as estatísticas oficiais disponibilizadas pelo IBGE e CONAB.

CAPITULO 6

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento da cafeicultura para grandes áreas do território, por meio de imagens de satélites e técnicas de geoinformação foi um desafio metodológico, uma vez todos os trabalhos neste sentido foram realizados em pequenas áreas e em locais tradicionalmente produtores de café. No entanto, os resultados obtidos foram bastante encorajadores para implementar esta metodologia em outras regiões cafeicultura do País. Além disso, a metodologia aplicada possibilitou quantificar e espacializar o café no estado de Minas Gerais em nível municipal, o que de certa forma é pioneira na maneira como a informação pôde chegar ao usuário. Do ponto de vista tecnológico pode-se chegar às seguintes conclusões:

- O café apresentou diferentes comportamentos espectrais, que está relacionado com idade, tipo de poda, espaçamento, variedade, relevo e época do ano.
- Das classes de ocupação do solo o cerrado e eucalipto novo foram as que mais apresentaram semelhanças espectrais com o café.
- A Restauração das imagens TM/Landsat para pixels de 10 m possibilitou uma ampliação dos dados para uma escala de até 1:15.000. Esse fato permitiu mapear pequenas áreas de café.
- A melhor época de aquisição das imagens para o mapeamento do café é no período seco (junho a setembro). No entanto a pratica de poda do cafeeiro após a colheita mudar por completo o comportamento espectral da lavoura.
- O emprego de dados do Google Earth, como dado auxiliar foi de extrema valia, uma vez que substituiu os trabalhos de campo para dirimir dúvidas de interpretação.
- O cerrado e eucalipto novo, quando presentes, foram as duas classes de uso do solo que mais dificultou a individualização e o mapeamento de lavouras cafeeiras.
- Na Zona da Mata a presença de nuvens foi muito prejudicial ao mapeamento. Nos municípios contidos na imagem da órbita/ponto 217/74 a interpretação foi realizada através da mosaicagem de cenas de 2005 e 2006.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Batista, G. T.; Tardin, A. T.; Chen, S. C.; Dallemand, J. F. Avaliação de produtos HRV/SPOT e TM/LANDSAT na discriminação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 379-386, 1990.

Crepani, E.; Medeiros, J.S.; Filho, P.H.; Florenzano, T.G.; Duarte, V.; Barbosa, C.C.F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 101 p. (INPE-8454-RPQ/722).

Crosta, A.P.; **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas-SP: UNICAMP, maio 1992. 170 p.

Fonseca, L. M. G., **Restauração de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR**. São José dos Campos. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1988.

Leonardi, L.; **Influência de parâmetros culturais de cafezais sobre os dados TM/LANDSAT-5**. 171p. (INPE-5209-TDL/430).Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, 1990.

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, mar. 2004

Pellerin, J.; Pouget, J.; Valeriano Filho, M. Metodologia de utilização de dados espaciais Landsat MSS e TM no estudo de uso do solo: região de Marília, SP. **Geosul**, v. 8, n. 16, p. , 1993.

Richards, J.A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. Berlin: Springer, 2ed., 1995. 340p.

Rudorff, B.F.T.; Berka, L.M.S.; Moreira, M.A.M.; Duarte, V.; Xavier,A.C.; Rosa, V.G.C.; Shimabukuro, Y.E. Imagens de Satélite no Mapeamento e Estimativa de Área de Cana-de-Açúcar em São Paulo: ano safra 2003/04. **Revista de Economia Agrícola**, v. 52, n. 1, p. 21-39, jan. 2005.

Strahler, A.H.; Logan, T.L.; Bryant, N.A. Improving forest cover classification accuracy from Landsat by incorporating topographic information. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, ano de acontecimento, local de acontecimento. **Anais...** Ann Arbor, MI: Editora, v. , p. 20-26, 1978.

Tardin, A.T.; Assunção, G.V.; Soares, J.V. Análise preliminar de imagens TM visando a discriminação de café, citrus e cana-deaçúcar na região de Furnas-MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.1355-1361, 1992.

Veloso, M.H. **Coffe inventory through 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.

ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

APÊNDICE A

Resultados do mapeamento das áreas de café por Mesorregiões, Microrregiões e Municípios do estado de Minas Gerais.



Figura A1 – Mapa de localização das mesorregiões do Estado de Minas Gerais
FONTE: Geominas (1998)

Tabela A1 – Área de café nos municípios da Mesorregião Campo das Vertentes

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)
Campo das Vertentes	Barbacena	Capela Nova	100
		Desterro do Melo	0
		Santa Bárbara do Tugúrio	38
		Antônio Carlos	0
		Barbacena	0
		Ibertioga	0
		Alfredo Vasconcelos	0
		Senhora dos Remédios	160
		Caranaíba	0
		Carandaí	44
		Ressaquinha	0
		TOTAL	342
	Lavras	Carrancas	80
		Ijaci	419
		Ingaí	340
		Itumirim	254
		Itutinga	85
		Lavras	3274
		Luminárias	1490
		Ribeirão Vermelho	143
		Nepomuceno	13867
		TOTAL	19.953
	São João Del Rei	Conceição da Barra de Minas	133
		Dores de Campos	0
		Madre de Deus de Minas	0
		Nazareno	1035
		Piedade do Rio Grande	36
		Santa Cruz de Minas	0
		Santana do Garambéu	11
		São João del-Rei	199
		Tiradentes	5
		Coronel Xavier Chaves	0
		São Tiago	383
Lagoa Dourada		0	
Prados		19	
Resende Costa	19		
Ritápolis	39		
	TOTAL	1.878	
TOTAL DA MESORREGIÃO			22.173

Tabela A2 - Área de café nos municípios da Mesorregião Central Mineira

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)
Central Mineira	Bom Despacho	Martinho Campos	0
		Quartel Geral	89
		Serra da Saudade	0
		Araújos	3
		Bom Despacho	20
		Japaraíba	10
		Lagoa da Prata	0
		Luz	200
		Moema	0
		Estrela do Indaiá	51
		Leandro Ferreira	0
		Dores do Indaiá	30
		TOTAL	
	Curvelo	Joaquim Felício	0
		Curvelo	0
		Inimutaba	0
		Monjolos	0
		Presidente Juscelino	0
		Santo Hipólito	0
		Augusto de Lima	30
		Buenópolis	0
		Corinto	0
		Felixlândia	0
		Morro da Garça	0
		TOTAL	
	Três Marias	Abaeté	13
		Biquinhas	180
		Cedro do Abaeté	10
		Morada Nova de Minas	0
		Paineiras	0
		Pompéu	0
		Três Marias	0
		TOTAL	
TOTAL DA MESORREGIÃO			636

Tabela A3 - Área de café nos municípios da mesorregião jequitinhonha

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)	
Jequitinhonha	Almenara	Almenara	307	
		Bandeira	178	
		Jacinto	27	
		Jordânia	10	
		Mata Verde	458	
		Salto da Divisa	0	
		Sta Maria do Salto	0	
		Joáima	99	
		Palmópolis	103	
		Felisburgo	184	
		Rio do Prado	111	
		Rubim	0	
		Sto Ant. do Jacinto	160	
		Divisópolis	2517	
		Monte Formoso	223	
	Jequitinhonha	19		
		TOTAL	4.396	
		Aracuai	Araçuaí	0
			Novo Cruzeiro	3921
			Padre Paraíso	559
			Coronel Murta	7
			Carai	2861
			Itinga	0
			Virgem da Lapa	0
			Ponto dos Volantes	106
		TOTAL	7.455	
		Capelinha	Angelândia	3048
			Aricanduva	469
			Berilo	122
			Capelinha	5596
			Chapada do Norte	10
			Francisco Badaró	0
			Jenipapo de Minas	0
			Minas Novas	1032
			Leme do Prado	28
			Turmalina	448
	Carbonita		258	
	José Gonçalves de Minas		336	
	Veredinha		20	
	Itamarandiba	463		
	TOTAL	11.828		

Jequitinhonha	Diamantina	Senador Modestino Gonçalves	96
		Datas	10
		Gouveia	17
		Presidente Kubitschek	60
		Felício dos Santos	125
		Couto de Magalhães de Minas	27
		Diamantina	285
		São Gonçalo do Rio Preto	0
	TOTAL		621
	Pedra Azul	Cachoeira de Pajeú	136
		Comercinho	94
		Medina	285
		Pedra Azul	511
		Itaobim	3
	TOTAL		1.028
TOTAL DA MESORREGIÃO		25.328	

Tabela A4 - Área de café nos municípios da Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)	
Metropol. de Belo Horizonte	Belo Horizonte	Belo Horizonte	0	
		Betim	0	
		Brumadinho	8	
		Caeté	145	
		Confins	7	
		Contagem	0	
		Esmeraldas	59	
		Ibirité	0	
		Igarapé	0	
		Juatuba	0	
		Lagoa Santa	0	
		Mário Campos	0	
		Mateus Leme	23	
		Nova Lima	0	
		Raposos	0	
		Ribeirão das Neves	0	
		Rio Acima	0	
		Sabará	0	
		Santa Luzia	0	
		São Joaquim de Bicas	0	
	São José da Lapa	0		
	Sarzedo	0		
	Vespasiano	0		
	Pedro Leopoldo	0		
	TOTAL		242	
	Conceição do Mato Dentro	Conceição do Mato Dentro	Passabém	0
			Alvorada de Minas	40
			Congonhas do Norte	75
			Santo Antônio do Itambé	5
			Serro	16
			São Sebastião do Rio Preto	0
			Conceição do Mato Dentro	213
			Dom Joaquim	20
Morro do Pilar			8	
Santo Ant. do Rio Abaixo			5	
Serra Azul de Minas			20	
Itambé do Mato Dentro			0	
Rio Vermelho			33	
TOTAL		435		

Metropol. De Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	Catas Altas da Noruega	20
		Casa Grande	34
		Congonhas	28
		Conselheiro Lafaiete	0
		Cristiano Otôni	0
		Desterro de Entre-Rios	130
		Entre-Rios de Minas	123
		Queluzito	2
		São Brás do Suaçuí	8
		Itaverava	40
		Ouro Branco	35
		Santana dos Montes	20
	TOTAL		441
	Itabira	Ferros	0
		Alvinópolis	10
		Bela Vista de Minas	0
		Dionísio	27
		João Monlevade	0
		Nova Era	20
		Rio Piracicaba	15
		São Domingos do Prata	419
		São Gonçalo do Rio Abaixo	56
		São José do Goiabal	15
		Santa Maria de Itabira	17
		Barão de Cocais	22
		Nova União	20
		Taquaraçu de Minas	10
		Itabira	62
		Bom Jesus do Amparo	309
		Catas Altas	17
		Santa Bárbara	49
	TOTAL		1.068
	Itaguara	Belo Vale	80
		Bonfim	0
		Crucilândia	40
Itaguara		6	
Itatiaiuçu		20	
Jeceaba		45	
Moeda		51	
Piedade dos Gerais		0	
Rio Manso		63	
TOTAL		305	

Metropol. De Belo Horizonte	Ouro Preto	Diogo de Vasconcelos	71	
		Itabirito	73	
		Mariana	0	
		Ouro Preto	0	
			TOTAL	144
	Para de Minas	Florestal	12	
		Onça de Pitangui	12	
		Pará de Minas	66	
		S. José da Varginha	3	
		Pitangui	10	
			TOTAL	103
	Sete Lagoas	Araçáí	0	
		Baldim	0	
		Caetanópolis	0	
		Cordisburgo	2	
		Funilândia	0	
		Jequitibá	0	
		Paraopeba	0	
		Sant. de Pirapama	0	
		Santana do Riacho	15	
		Cachoeira da Prata	0	
		Capim Branco	0	
		Maravilhas	5	
		Pequi	12	
		Fortuna de Minas	0	
		Inhaúma	0	
		Matozinhos	0	
		Papagaios	0	
		Prudente de Moraes	5	
		Sete Lagoas	0	
		Jabuticatubas	262	
	TOTAL	301		
TOTAL DA MESORREGIÃO			3.039	

Tabela A5 - Área de café nos municípios da Mesorregião Noroeste de Minas

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)
Noroeste de Minas	Paracatu	Varjão de Minas	902
		Lagoa Grande	0
		Brasilândia de Minas	66
		São Gonçalo do Abaeté	68
		João Pinheiro	1151
		Paracatu	1686
		Guarda-Mor	436
		Lagamar	103
		Presidente Olegário	2574
		Vazante	0
		TOTAL	6.987
	Unai	Arinos	0
		Cabeceira Grande	168
		Uruana de Minas	0
		Buritis	132
		Formoso	152
		Bonfinópolis de Minas	602
		Natalândia	0
		Dom Bosco	2
		Unai	1614
		TOTAL	2.669
TOTAL DA MESORREGIÃO			9.656

Tabela A6 - Área de café nos municípios da mesorregião Norte de Minas

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)
Norte de Minas	Bocaiúva	Bocaiuva	128
		Eng. Navarro	4
		Guaraciama	22
		Olhos-d'Água	7
		Francisco Dumont	8
		TOTAL	169
	Grão Mol	Padre Carvalho	10
		Josenópolis	10
		Botumirim	0
		Itacambira	86
		Cristália	55
		Grão-Mogol	0
		TOTAL	161
	Janaúba	Espinosa	2
		Mamonas	0
		Catuti	0
		Janaúba	0
		Mato Verde	1
		Nova Porteirinha	0
		Porteirinha	0
		Riacho dos Machados	5
		Serranópolis de Minas	20
		Gameleiras	0
		Monte Azul	10
		Pai Pedro	0
		Jaíba	6
		TOTAL	44
	Januária	Juvenília	0
		Manga	0
		Miravânia	0
		Montalvânia	0
		São João das Missões	0
		Bonito de Minas	0
		Icaraí de Minas	0
		Pedras de Maria da Cruz	0
		Pintópolis	0
		São Francisco	0
Matias Cardoso		0	
Cônego Marinho		5	
Itacarambi		0	
Chapada Gaúcha		80	
Urucuia		1008	
Januária		10	
	TOTAL	1.103	

Norte de Minas	Motes Claros	Capitão Enéias	3
		Verdelândia	0
		Glaucilândia	0
		Juramento	7
		Brasília de Minas	7
		Ibiracatu	0
		Japonvar	0
		Lontra	5
		Luislândia	2
		São João do Pacuí	8
		Ubaí	0
		Francisco Sá	0
		Mirabela	14
		Patis	125
		São João da Ponte	0
		Varzelândia	0
		Montes Claros	13
		Campo Azul	0
		Claro dos Poções	5
		Ponto Chique	0
	Coração de Jesus	10	
	São João da Lagoa	25	
	TOTAL		254
	Pirapora	Ibiaí	0
		Lagoa dos Patos	5
		Pirapora	560
		Várzea da Palma	176
		Jequitaiá	0
		Lassance	338
		Buritizeiro	701
		Riachinho	0
		São Romão	0
		Santa Fé de Minas	0
TOTAL		1.780	

Norte de Minas	Salinas	Berizal	2
		Curral de Dentro	50
		Divisa Alegre	46
		Indaiabira	26
		Ninheira	420
		Novorizonte	6
		Rubelita	12
		Salinas	25
		Santa Cruz de Salinas	12
		São João do Paraíso	160
		Vargem Grande do Rio Pardo	45
		Águas Vermelhas	256
		Taiobeiras	339
		Fruta de Leite	30
		Santo Antônio do Retiro	40
		Montezuma	65
Rio Pardo de Minas	628		
TOTAL		2.002	
TOTAL DA MESORREGIÃO		5.513	

Tabela A7 - Área de café nos municípios da Mesorregião Oeste de Minas

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)
Oeste de Minas	Campo Belo	Perdões	2930
		Cristais	5080
		Aguanil	1199
		Candeias	3708
		Campo Belo	3017
		Santana do Jacaré	587
		Cana Verde	1341
		TOTAL	17.862
	Divinópolis	Carmo do Cajuru	5
		Cláudio	332
		Igaratinga	0
		Itaúna	89
		São Gonçalo do Pará	0
		Santo Antônio do Monte	24
		Conceição do Pará	0
		Divinópolis	76
		Nova Serrana	0
		Perdigão	2
	São Seb. do Oeste	48	
		TOTAL	577
	Formiga	Arcos	35
		Camacho	704
		Córrego Fundo	403
		Formiga	2730
		Pains	0
		Pedra do Indaiá	15
		Pimenta	1782
		Itapecerica	226
		TOTAL	5.896
	Oliveira	Carmo da Mata	686
		Carmópolis de Minas	257
		Passa-Tempo	212
		Piracema	319
São Franc. de Paula		2235	
Bom Sucesso		3391	
Ibituruna		634	
Oliveira		3662	
Sto Ant. do Amparo		5336	
	TOTAL	16.733	

Oeste de Minas	Piuí	BambuÍ	3914
		Córrego Danta	472
		Doresópolis	263
		Iguatama	0
		Pium-Í	9881
		TapiraÍ	1420
		Vargem Bonita	967
		Medeiros	1723
		São Roque de Minas	2164
		TOTAL	20.803
TOTAL DA MESORREGIÃO		61.871	

Tabela A8 - Área de café nos municípios da Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)
Sul/Sudoeste de Minas	Alfenas	Alfenas	12030
		Alterosa	3052
		Areado	2607
		Carvalhópolis	1465
		Conceição da Aparecida	7000
		Divisa Nova	1502
		Fama	1158
		Machado	15177
		Paraguaçu	6607
		Poço Fundo	5528
		Serrania	2907
		Carmo do Rio Claro	11904
		TOTAL	70.935
	Andrelândia	Andrelândia	33
		Arantina	0
		Bocaina de Minas	1
		Bom Jard. de Minas	3
		Carvalhos	13
		Cruzília	255
		Liberdade	4
		Minduri	0
		Passa-Vinte	3
		São Vicente de Minas	6
		Seritinga	0
		Serranos	11
		Aiuruoca	32
		TOTAL	361
	Itajubá	Dom Viçoso	215
		Delfim Moreira	3
		Itajubá	68
		Marmelópolis	0
		Piranguçu	68
		Venceslau Brás	8
		Consolação	20
		Paraisópolis	171
		Cristina	1052
		Maria da Fé	51
Virgínia		77	
Piranguinho		750	
Brasópolis	1386		
	TOTAL	3.870	

Sul/Sudoeste de Minas	Passos	Capitólio	1503
		São João Batista do Glória	804
		São José da Barra	2422
		Bom Jesus da Penha	1971
		Capetinga	2645
		Cássia	4786
		Claraval	1811
		Ibiraci	7411
		Delfinópolis	873
		Fortaleza de Minas	1021
		Alpinópolis	3789
		Itaú de Minas	13
		Passos	2194
		Pratápolis	209
		TOTAL	31.452
	Poços de Caldas	Albertina	1285
		Andradas	7157
		Bandeira do Sul	540
		Botelhos	9198
		Caldas	593
		Campestre	12142
		Ibitiúra de Minas	1282
		Poços de Caldas	4037
		Santa Rita de Caldas	152
		Inconfidentes	1117
Jacutinga		3047	
Monte Sião	2134		
Ouro Fino	5341		
	TOTAL	48.025	

Sul/Sudoeste de Minas	Pouso Alegre	Bom Repouso	4	
		Borda da Mata	568	
		Congonhal	242	
		Espírito Santo do Dourado	1246	
		Estiva	42	
		Ipuiúna	5	
		Pouso Alegre	73	
		Senador José Bento	608	
		Camanducaia	119	
		Cambuí	197	
		Córrego do Bom Jesus	53	
		Extrema	20	
		Gonçalves	4	
		Itapeva	4	
		Munhoz	1	
		Bueno Brandão	1453	
		Tocos do Moji	679	
		Sapucaí-Mirim	5	
		Toledo	0	
		Senador Amaral	0	
		TOTAL	5.324	
		Santa Rita do Sapucaí	Conceição das Pedras	1246
			Careaçu	1132
			Cordislândia	1746
			São João da Mata	662
			São Sebastião da Bela Vista	1299
			Silvianópolis	1437
			Turvolândia	1800
			São José do Alegre	128
			Pedralva	2337
			Santa Rita do Sapucaí	5873
			Heliódora	2159
			Natércia	1399
	São Gonçalo do Sapucaí		5207	
	Cachoeira de Minas	1883		
	Conceição dos Ouros	420		
	TOTAL	28.726		

Sul/Sudoeste de Minas	São Lourenço	Baependi	935
		Cambuquira	4887
		Carmo de Minas	4115
		Caxambu	175
		Conceição do Rio Verde	3014
		Jesuânia	1146
		Olímpio Noronha	752
		Pouso Alto	115
		São Lourenço	54
		São Sebastião do Rio Verde	2
		Soledade de Minas	246
		Alagoa	1
		Itamonte	15
		Itanhandu	33
		Passa-Quatro	0
		Lambari	4014
			TOTAL
	São Sebast. do Paraíso	Cabo Verde	11847
		Guaxupé	6342
		Juruiaia	4272
		Monte Belo	4299
		Muzambinho	7136
		Nova Resende	9423
		São Pedro da União	3402
		São Tomás de Aquino	4962
		Arceburgo	1967
		Guaranésia	4330
		Monte Santo de Minas	8237
		Jacuí	1686
Itamoji	6156		
São Sebastião do Paraíso	12430		

Sul/Sudoeste de Minas	Varginha	TOTAL	86.488
		São Bento Abade	934
		São Tomé das Letras	490
		Guapé	5021
		Boa Esperança	15330
		Campo do Meio	4050
		Campos Gerais	17068
		Coqueiral	6548
		Elói Mendes	10263
		Santana da Vargem	5872
		Campanha	2828
		Carmo da Cachoeira	9267
		Monsenhor Paulo	3034
		Três Corações	8281
		Três Pontas	22241
		Varginha	8319
		Ilicínea	4683
TOTAL	124.229		
TOTAL DA MESORREGIÃO		418.915	

Tabela A9 - Área de café nos municípios da Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Araxá	Pedrinópolis	201
		Tapira	427
		Campos Altos	8157
		Pratinha	1601
		Ibiá	3998
		Nova Ponte	248
		Perdizes	6466
		Sacramento	1019
		Santa Juliana	255
		Araxá	2681
		TOTAL	25.053
	Frutal	Comendador Gomes	0
		Fronteira	0
		Frutal	0
		Pirajuba	0
		Planura	0
		Carneirinho	11
		Iturama	0
		São Francisco de Sales	0
		Campina Verde	0
		Itapajipe	0
		Limeira do Oeste	0
		União de Minas	0
		TOTAL	11
	Ituiutaba	Cachoeira Dourada	0
		Capinópolis	0
		Gurinhata	0
		Ipiacu	0
		Santa Vitória	0
		Ituiutaba	0
		TOTAL	0
	Patos de Minas	Arapuá	667
		Matutina	241
		Tiros	964
		Santa Rosa da Serra	1508
		Guimarânia	2026
São Gotardo		2086	
Carmo do Paranaíba		9947	
Lagoa Formosa		682	
Patos de Minas		6297	
Rio Paranaíba		12523	
	TOTAL	36.940	

Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patrocínio	Abadia dos Dourados	86
		Cruzeiro da Fortaleza	428
		Douradoquara	4
		Iraí de Minas	951
		Monte Carmelo	12722
		Patrocínio	28521
		Romaria	5536
		Serra do Salitre	12461
		Coromandel	10748
		Estrela do Sul	1676
		Grupiara	30
	TOTAL		73.162
	Uberaba	Conquista	54
		Delta	0
		Água Comprida	30
		Campo Florido	160
		Conceição das Alagoas	0
		Uberaba	1187
		Veríssimo	147
	TOATAL		1.578
	Uberlândia	Araguari	11049
		Araporã	0
		Centralina	0
		Monte Alegre de Minas	94
		Tupaciguara	75
		Cascalho Rico	406
		Indianópolis	2852
		Uberlândia	883
		Canápolis	0
		Prata	54
	TOTAL		15.412
	TOTAL DA MESORREGIÃO		152.156

Tabela A10 - Áreas de café nos municípios da Mesorregião Vale do Mucuri.

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)	
Vale do Mucuri	Nanuque	Bertópolis	0	
		Crisólita	0	
		Fronteira dos Vales	0	
		Maxacalis	0	
		Nanuque	20	
		Santa Helena de Minas	50	
		Serra dos Aimorés	0	
		Umburatiba	0	
		Águas Formosas	52	
		Carlos Chagas	0	
		TOTAL	122	
	Teofilo Otoni		Novo Oriente de Minas	60
			Pavão	0
			Itaipé	4244
			Ladainha	779
			Malacacheta	1522
			Poté	356
			Setubinha	1809
			Ataléia	131
			Teófilo Otôni	461
			Ouro Verde de Minas	1506
			Catuji	544
			Franciscópolis	410
			Frei Gaspar	692
				TOTAL
	TOTAL DA MESORREGIÃO			12.635

Tabela A11 - Área de café nos municípios da Mesorregião Vale do Rio Doce

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)
Vale do Rio Doce	Aimorés	Cuparaque	456
		Goiabeira	5
		Resplendor	986
		Conceição de Ipanema	841
		Ipanema	275
		Mutum	6617
		Taparuba	273
		Aimorés	2112
		Alvarenga	749
		Conselheiro Pena	3910
		Itueta	1187
		Pocrane	578
		Santa Rita do Itueto	4189
		TOTAL	
	Caratinga	Bugre	11
		Dom Cavati	65
		Ipaba	18
		São João do Oriente	2
		Bom Jesus do Galho	1700
		Córrego Novo	125
		Entre-Folhas	328
		Pingo-d'Água	0
		Santa Rita de Minas	1727
		Vargem Alegre	280
		Tarumirim	95
		Inhapim	1105
		Piedade de Caratinga	1992
		Santa Bárbara do Leste	2530
		Ubaporanga	2960
		Imbé de Minas	2230
		São Sebastião do Anta	792
		Caratinga	6677
		Iapu	255
São Domingos das Dores		1133	
TOTAL		24.024	

Vale do Rio Doce	Governador Valadares	Divino das Laranjeiras	20
		Galiléia	0
		Nova Módica	20
		São Geraldo do Baixio	126
		São José do Divino	22
		Alpercata	0
		Coroaci	366
		Engenheiro Caldas	20
		Fernandes Tourinho	19
		Marilac	0
		Matias Lobato	0
		Nacip Raydan	50
		São Geraldo da Piedade	15
		São José da Safira	0
		Sobrália	0
		Virgolândia	54
		Capitão Andrade	0
		Governador Valadares	0
		Itanhomi	106
		Jampruca	0
		Pescador	1
		Campanário	2
	Frei Inocência	0	
	Tumiritinga	0	
	Itambacuri	727	
	TOTAL		1.549
	Guanhaes	Braúnas	8
		Coluna	53
		Divinolândia de Minas	40
		Dores de Guanhões	65
		Gonzaga	40
		Guanhões	59
		Paulistas	45
		Santa Efigênia de Minas	10
São João Evangelista		93	
Sardoá		15	
Senhora do Porto		25	
Virginópolis		56	
Materlândia		30	
Carmésia		27	
Sabinópolis	60		
TOTAL		627	

Vale do Rio Doce	Ipatinga	Açucena	55	
		Belo Oriente	0	
		Joanésia	0	
		Mesquita	5	
		Naque	0	
		Periquito	0	
		Santana do Paraíso	3	
		Antônio Dias	20	
		Jaguaraçu	0	
		Marliéria	8	
		Coronel Fabriciano	51	
		Ipatinga	27	
		Timóteo	0	
		TOTAL	169	
		Mantena	Central de Minas	87
			Itabirinha de Mantena	1155
			Mantena	4535
			Mendes Pimentel	165
			Nova Belém	4745
			São Félix de Minas	276
			São João do Manteninha	460
		TOTAL	11.423	
		Peçanha	Cantagalo	15
			Frei Lagonegro	24
			José Raydan	55
			Peçanha	85
			São José do Jacuri	60
			São Pedro do Suaçuí	28
			Água Boa	2917
			Sta Maria do Suaçuí	87
			São Sebastião do Maranhão	109
			TOTAL	3.381
	TOTAL DA MESORREGIÃO		63.353	

Tabela A12:- Área de café nos municípios da Mesorregião Zona da Mata

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada (ha)	
Zona da Mata	Cataguases	Pirapetinga	40	
		Argirita	20	
		Cataguases	10	
		Dona Eusébia	0	
		Itamarati de Minas	96	
		Santana de Cataguases	0	
		Santo Antônio do Aventureiro	21	
		Além Paraíba	9	
		Estrela-d'Alva	5	
		Laranjal	17	
		Leopoldina	35	
		Palma	12	
		Recreio	16	
		Volta Grande	0	
		TOTAL	281	
		Juiz de Fora	Belmiro Braga	35
			Bicas	35
			Chácara	12
			Chiador	6
			Coronel Pacheco	20
			Descoberto	37
			Ewbank da Câmara	0
			Goianá	15
			Guarará	20
			Juiz de Fora	163
			Mar de Espanha	56
			Maripá de Minas	10
			Matias Barbosa	84
			Oliveira Fortes	0
			Paiva	0
			Pedro Teixeira	0
			Pequeri	15
			Piau	0
	Rio Novo		30	
	Rochedo de Minas	0		
	Santa Bárb. do Monte Verde	37		
	Santana do Deserto	6		
	Santos Dumont	3		
	São João Nepomuceno	10		
	Senador Cortes	3		
	Simão Pereira	0		
	Aracitaba	15		

Zona da Mata	Juiz de Fora	Bias Fortes	0
		Lima Duarte	40
		Olaria	0
		Rio Preto	39
		Santa Rita do Ibitipoca	0
		Santa Rita do Jacutinga	0
		TOTAL	691
	Manhuaçu	Alto Caparaão	2775
		Alto Jequitibá	3102
		Caparaão	3124
		Chalé	2207
		Durandé	4337
		Lajinha	7254
		Luisburgo	4286
		Manhumirim	4061
		Martins Soares	3077
		Reduto	2923
		Santana do Manhuaçu	4018
		São José do Mantimento	556
		Abre-Campo	3142
		Caputira	3166
		Matipó	4518
		Pedra Bonita	3573
		Santa Margarida	6018
		Manhuaçu	16815
	São João do Manhuaçu	4658	
	Simonésia	5949	
		TOTAL	89.559
	Muriaé	Caiana	2084
		Espera Feliz	6613
		Faria Lemos	591
		Antônio Prado de Minas	97
		Eugenópolis	807
		Patrocínio do Muriaé	2
Miraí		290	
Pedra Dourada		821	
Tombos		785	
São Francisco do Glória		1237	
Carangola		6778	
Divino		6038	
Fervedouro		2990	
Orizânia		1818	
Miradouro		919	
Muriaé		930	
Vieiras		866	
Barão do Monte Alto		0	
São Seb. da Vargem Alegre		521	
Rosário da Limeira		813	
	TOTAL	34.998	

Zona da Mata	Ponte Nova	Acaiaca	14
		Barra Longa	57
		Dom Silvério	15
		Guaraciaba	531
		Jequeri	730
		Oratórios	112
		Piedade de Ponte Nova	20
		Ponte Nova	854
		Raul Soares	4071
		Rio Casca	14
		Rio Doce	50
		Santa Cruz do Escalvado	253
		Santo Antônio do Grama	407
		São Pedro dos Ferros	35
		Sem-Peixe	5
		Sericita	2366
		Urucânia	63
		Vermelho Novo	1643
		TOTAL	
	Ubá	Astolfo Dutra	72
		Dores do Turvo	183
		Guarani	40
		Guidoval	8
		Mercês	17
		Piraúba	10
		Rio Pomba	78
		Rodeiro	13
		Silveirânia	3
		Tabuleiro	20
		Tocantins	0
		Ubá	100
		Divinésia	151
		Guiricema	230
Senador Firmino	187		
Visconde do Rio Branco	91		
São Geraldo	210		
TOTAL		1.414	

Zona da Mata	Viçosa	Amparo da Serra	117
		Araponga	2817
		Cajuri	841
		Canaã	1228
		Coimbra	418
		Lamim	40
		Pedra do Anta	86
		Piranga	344
		Porto Firme	868
		Presidente Bernardes	292
		São Miguel do Anta	978
		Senhora de Oliveira	414
		Teixeiras	902
		Viçosa	1653
		Alto Rio Doce	44
		Cipotânea	46
		Brás Pires	314
		Ervália	3738
		Paula Cândido	1633
		Rio Espera	45
Barroso	0		
TOTAL		16.818	
TOTAL DA MESORREGIÃO		155.003	
ÁREA DE CAFÉ TOTAL MAPEADA		930.278	