

**DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS  
CAFEEIRAS MECANIZÁVEIS NO SUL DE  
MINAS GERAIS COM CENÁRIOS PARA A  
COLHEITA**

**FABIANO ALVARENGA REZENDE**

2008

**FABIANO ALVARENGA REZENDE**

**DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS CAFFEEIRAS MECANIZÁVEIS NO  
SUL DE MINAS GERAIS COM CENÁRIOS PARA A COLHEITA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, área de concentração  
em Máquinas e Automação Agrícola,  
para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Rezende, Fabiano Alvarenga.

Determinação das áreas cafeeiras mecanizáveis no Sul de  
Minas Gerais com cenários para a colheita, 2008 / Fabiano  
Alvarenga Rezende. – Lavras : UFLA, 2008.

94 p : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Fábio Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Mecanização. 2. Cafeicultura. 3. SIG. 4. MDE. 5. Colhedora. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.373

FABIANO ALVARENGA REZENDE

**DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS CAFEEIRAS MECANIZÁVEIS NO  
SUL DE MINAS GERAIS COM CENÁRIOS PARA A COLHEITA**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Lavras como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
graduação em Engenharia Agrícola,  
área de concentração em Máquinas e  
Automação Agrícola, para a obtenção  
do título de “ Mestre ”

APROVADA em 08 de agosto de 2008

Dr<sup>a</sup> Helena Maria Ramos Alves

EMBRAPA

Dr. Maurício Alves Moreira

INPE

Dr. Marcelo Carvalho Alves

UFMT

Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, **Antonio e Ana Maria**, por serem meu refúgio,  
meu alicerce, minha segurança, pelos seus ensinamentos de responsabilidade,  
de vida, de carinho, de respeito e de paciência.

**OFEREÇO.**

A **Deus**, que me permitiu seguir em frente e  
vencer mais uma etapa em minha vida.

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus pais, Antonio e Ana Maria, que muito lutaram, principalmente, pelos filhos. De maneira especial, agradeço-lhes pelo que sempre fizeram e fazem por mim, pois sua presença foi imprescindível para que meu trabalho fluísse de maneira amena. Obrigado, amo muito vocês que não mediram esforços em me amparar em todos os momentos de minha vida.

A Deus, por guiar-me durante essa trajetória.

Aos meus irmãos, Rodrigo e Luciana, pelo grande incentivo e ajuda financeira na estadia em Lavras e, também, pelas valiosas conversas realizadas no decorrer do mestrado.

À minha querida cunhada, Mylene, pela grande auxílio e convívio em minha caminhada, e ao Cristian pelo companheirismo em Uberaba. Obrigado!

À Ellen, minha querida companheira, por todo auxílio, compreensão e carinho, fundamentais para superar a distância e a saudade. À sua família pela grande acolhida e aos sobrinhos pelas grandes bagunças.

Ao meu orientador, Prof. Fábio Moreira, por ter acreditado em mim, pelo apoio e pela atenção ao longo de toda pesquisa.

Ao grande amigo, Prof. Marcelo Carvalho Alves, pelas excelentes contribuições e valiosos ensinamentos.

A Dra. Helena Maria Ramos Alves, pela orientação na pesquisa.

Ao Dr. Maurício Alves Moreira, pela concessão de dados para a execução dos trabalhos.

Ao Prof. Antonio Machado de Rezende, pelo profissionalismo e incentivo e grande contribuição em minha formação profissional, além da tarefa de ‘ pai ’ que sempre desempenhou muito bem.

Aos professores do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, pelos ensinamentos recebidos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela acolhida.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do café – CBP&D –, pelos recursos financeiros para o desenvolvimento do projeto.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras, pelo aprendizado e oportunidade de realização do mestrado, em especial à secretária Daniela.

Ao grande amigo, Padre Antônio Damásio Rêgo Filho, pelas valiosas conversas de apoio e incentivo para continuidade dos trabalhos.

Aos colegas Tiago Bernardes, Walbert Júnior dos Reis Santos, Thiago Botelho, Júlio Navares, Vanessa Cristina de Oliveira e Souza, Rafael, Ricardo.

Aos amigos de mestrado Lessandro Coll Faria, Henrique Fonseca Elias de Oliveira e Flávio Castro Silva, pela convivência durante o período de realização do curso.

Ao meu Tio Geraldo e Tia Eloísa e primos Adriano e Giovanni e Brutus pela grande ajuda no decorrer da minha vida em Lavras e pelos valiosos “rangos” nos fins de semana e as quitandas sempre feitas com muito carinho.

À Tia Raquel pela carinhosa amizade e convívio durante o tempo em Lavras. À Tia Maria, Tia Ivanise e Tio Wilson pelo convívio.

Aos meus cães Herói (in memoriam), Black e Nobre, por serem meus amigos de brincadeiras em Uberaba.

A todos que contribuíram para que esse trabalho fosse concretizado.



## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT .....	iii
 CAPÍTULO 1 Determinação das áreas cafeeiras mecanizáveis no Sul de Minas Gerais com cenários para colheita.....	 1
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	
2 OBJETIVOS .....	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
3.1 Cafeicultura.....	5
3.2 Colheita do café .....	7
3.3 Análise do desempenho operacional .....	11
3.4 Uso de sistemas de informações geográficas (SIG) e Sensoriamento remoto aplicados à cafeicultura.....	13
3.5 Modelagem de dados topográficos .....	17
3.6 Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM .....	18
3.6.1 Modelo Digital de Elevação (MDE).....	20
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
 CAPÍTULO 2 Caracterização das áreas do Sul e Sudoeste de Minas Gerais e das lavouras cafeeiras da região aptas a mecanização .....	 28
RESUMO.....	29
ABSTRACT .....	30
1 INTRODUÇÃO .....	31
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
2.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	35
2.2 Seqüência metodológica do trabalho .....	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4 CONCLUSÕES.....	62
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
 CAPÍTULO 3 Potencialidade de expansão do sistema mecanizado de colheita das lavouras cafeeiras no Sul e Sudoeste de Minas Gerais.....	 65
RESUMO .....	66

ABSTRACT.....	67
1 INTRODUÇÃO .....	68
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	71
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
4 CONCLUSÕES.....	76
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77

## ANEXOS

ANEXO A – LISTA DE TABELAS .....	80
ANEXO B – LISTA DE FIGURAS .....	81
ANEXO C – LISTA DE GRÁFICOS .....	82

## RESUMO GERAL

REZENDE, Fabiano Alvarenga. **Determinação das áreas cafeeiras mecanizáveis no Sul de Minas Gerais com cenários para a colheita**, 2008. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG <sup>1</sup>

A cafeicultura tem a sua história ligada ao estado de Minas Gerais, o qual se destaca no cenário brasileiro como o maior produtor. A região Sul e Sudoeste se destacam como as mais importantes produtoras de café no Estado, com produção anual de, aproximadamente, 12 milhões de sacas. Considerando todas as operações do processo produtivo do café, a colheita tornou-se de grande importância, na região Sul/Sudoeste de Minas Gerais, devido à crescente dificuldade para a contratação de mão-de-obra, tendo em vista o grande êxodo rural ocorrido nos últimos anos. Uma possível solução para esta situação seria a possibilidade de mecanização das operações do processo produtivo, sobretudo da colheita. Diante deste cenário este trabalho tem por objetivo fazer o levantamento das áreas cafeeiras do Sul e Sudoeste de Minas Gerais, passíveis de serem mecanizadas, haja vista a importância que tal prática pode representar para a cafeicultura da região. Este trabalho foi desenvolvido com a utilização de geotecnologias, como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, integrados ao software ArcGIS, que permitiram obter informações precisas e eficientes. Foram realizadas validações entre o banco de dados de declive de duas fontes diferentes (IBGE e SRTM) e entre o mapeamento das áreas cafeeiras, obtidos junto ao INPE e EPAMIG. Como resultado foi possível determinar o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o município de Machado/MG, com valor de 0,99 para a comparação dos dados de declive e valor de 0,98 para a comparação do mapeamento das áreas cafeeiras, demonstrando confiabilidade entre as fontes utilizadas. Duas etapas foram adotadas no desenvolvimento do trabalho. Na primeira etapa obteve-se a caracterização das áreas territoriais do Sul e Sudoeste de Minas Gerais em relação às classes de declive, 73% da região tratam de áreas aptas de serem mecanizadas. Baseado no posicionamento das lavouras cafeeiras da área de estudo, em relação às faixas de declividade da região, 76% das lavouras apresentam declividade de até 20%, caracterizando-se como aptas à mecanização das operações agrícolas. Na segunda etapa, foi avaliada a potencialidade de expansão do sistema mecanizado de colheita das lavouras cafeeiras no Sul/Sudoeste de Minas Gerais, trabalhando com declividade de até 15%. Concluiu que o potencial de demanda de colhedoras pode chegar a 1160 máquinas, quando se projeta a colheita com uma única passada da máquina na lavoura, com desempenho operacional de 250 ha por colhedora por ano e ao

valor de 1934 máquinas, quando se considera o desempenho operacional de 150 ha por colhedora por ano, fazendo colheita seletiva com duas passadas da colhedora na lavoura.

Palavras-Chaves: café, sistemas de informações geográficas, colheita mecanizada, modelo digital de elevação.

---

\* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Orientador);  
Dr<sup>a</sup>. Helena Maria Ramos Alves – EMBRAPA - CAFÉ (Co-orientadora).

## GENERAL ABSTRACT

REZENDE, Fabiano. A. **Determination of the coffee areas in the South of Minas Gerais State which are able for mechanization, with scenarios for harvest.** 2008. 94p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.

Coffee production history is connected to Minas Gerais State, which produces the most coffee in Brazil. The South/Southwest region is the most important coffee producer in the state – nearly 12 million sacks a year. From all the procedures coffee production involves, harvest has become an extremely important issue in this region due to the lack of workmanship caused by the rural exodus which has taken place in the last years. A possible way to overcome this situation might be the mechanization of the entire production process, specially the harvest. This work was carried out with the objective of identifying the coffee areas in the South/Southwest of Minas Gerais, which are able for mechanization. Geotechnologies such as remote sensing and geoprocessing integrated with ArcGis software were used. Validations between slope data banks from two different sources (IBGE and SRTM) and the mapping of coffee areas obtained from INPE and EPAMIG were conducted. It was possible to determine the correlation coefficient ( $R^2$ ) for Machado municipality – 0,99 to compare the slope data and 0,98 to compare the mapping of the coffee areas, showing the reliability of the sources used. This work was divided in two stages as follows: on the first one the South/Southwest territorial areas were described according to the slopes ranges. 73% of the regions are able for mechanization. Based on the position of the coffee plantations in the studied area in relation to the slope ranges in the region, 76% of the coffee plantations are up to 20% slope. Therefore they are able for mechanization. On the second stage the expansion potentiality of the harvest mechanized system in the South/Southwest of Minas Gerais was evaluated. The slope was up to 15%. It can be concluded that the demand potential of the harvesters can reach 1,160 machines when each is used only once on the coffee plantation if each machine works in a capacity of 250 ha per year, and 1934 machines if each one works in a capacity of 150 ha per year for a selective harvest, that is, when the harvester is used twice on the coffee plantation.

Keywords: coffee plantation, geography information system, agricultural mechanization.

\* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser);  
Dr<sup>a</sup>. Helena Maria Ramos Alves – EMBRAPA - CAFÉ (Co-adviser).

## **CAPÍTULO 1**

### **1 INTRODUÇÃO GERAL**

A cultura do café é de indiscutível importância sócio-econômica para o Sul de Minas Gerais. A princípio, a região não era vista como parque potencial da implantação do manejo e colheita mecanizada do café, contudo, conforme relata Silva et al. (2000a), a colheita mecanizada é um processo irreversível, dado a indisponibilidade de mão-de-obra na região.

A mecanização do processo produtivo agrícola, principalmente, da colheita do café no Sul de Minas Gerais tornou-se importante, devido à crescente dificuldade para a contratação de mão-de-obra, tendo em vista o grande êxodo rural ocorrido nos últimos anos. Dessa forma, a mecanização, vem aumentando a capacidade produtiva da mão-de-obra à medida que o trabalho manual vem sendo substituído por mecanismos que dispõem de fontes de potência superior à humana.

As pesquisas mostram que a mecanização reduz o custo operacional de 10 a 45%, quando comparado à operação manual, (Marques, 2001). A colheita do café demanda de 30 a 40% do custo de produção, porque é uma operação complexa, feita em várias etapas (Silva et al., 1997).

Os métodos tradicionais de mecanização, normalmente, são recomendados em terrenos com declividade de até 20 %. Isto, associado a outras limitações de ordem operacional e econômica, mostra que a mecanização depende sempre da complementação do serviço braçal. Além disso, as máquinas necessitam de operadores, de pessoal de manutenção, de comercialização e de assistência técnica, ou seja, mão-de-obra especializada. A colheita do café é

comparativamente mais difícil de ser executada do que a de outros produtos, em razão da altura e da arquitetura da planta, da não - uniformidade de maturação e teor de umidade elevado (Silva & Salvador, 1998).

A colheita do café pode ser realizada tanto de forma manual quanto mecanizada e o processo intermediário, semi-mecanizado, é uma tendência que tem sido verificada. O processo semi-mecanizado trabalha com o emprego equilibrado de mão-de-obra e máquinas, principalmente, em regiões onde a topografia, o tamanho ou o espaçamento das lavouras são limitantes para a mecanização total da colheita (Silva & Salvador, 1998).

O prévio conhecimento das características da lavoura, sobretudo da topografia e espaçamento das plantas, é indispensável para o sucesso das operações mecanizadas. Neste sentido diversos trabalhos têm comprovado a eficiência do uso das geotecnologias como ferramentas que viabilizam a caracterização física de ambientes agrícolas, proporcionando diagnósticos confiáveis e rápidos que auxiliam no gerenciamento e tomada de decisões relativas à produção agrícola.

O uso de sistemas de informações geográficas (SIGs) e imagens de satélites, para execução das tarefas de mapeamento do café, passou a ser uma ferramenta indispensável para o monitoramento das áreas cafeeiras.

Neste contexto, por meio de sistema de informação geográfica, pretende-se compilar dados cartográficos da região, levantar informações sobre o meio físico da região, processar dados de altimetria, realizar a aquisição do mapeamento de café do Sul de Minas Gerais e gerar gráficos com a delimitação das áreas possíveis de mecanização para estas lavouras cafeeiras, sendo recomendado para as etapas de mecanização declividade de até 20% e, para a colheita mecanizada do café, declividade de até 15%.

Este trabalho partiu da necessidade da obtenção de dados sobre o potencial de mecanização das áreas cafeeiras no Sul de Minas Gerais, utilizando-se das colhedoras automotrizes ou tracionadas.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo a determinação das áreas cafeeiras mecanizáveis no Sul de Minas Gerais com cenários para a colheita, buscando a utilização das colhedoras automotrizes ou tracionadas como mecanismos eficientes para operações de colheita do café.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterização das áreas cafeeiras do Sul de Minas em faixas estratificadas de declividade;
- Avaliar a área total de lavouras cafeeiras do Sul de Minas Gerais com declividade de até 20%;
- Avaliar a potencialidade de mecanização das lavouras cafeeiras, especialmente da operação de colheita.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Cafeicultura**

O café foi para o Brasil, e, ainda é, para várias de suas regiões produtoras, a força propulsora do desenvolvimento sócio-econômico, produzindo e distribuindo riquezas, além de possuir uma grande capacidade geradora de empregos e de ser importante fator de fixação de mão-de-obra na zona rural (Ponciano, 1995).

Os reflexos do êxito da cafeicultura nos demais setores econômicos não tardaram a aparecer e podem ser considerados como incentivadores da industrialização brasileira, seja pela utilização de mão-de-obra (Stolcke, 1986), seja pelo desenvolvimento de uma indústria adjacente ou, ainda, pela geração de divisas para o país.

Conforme Pádua (1998) e Silva (1998), o Sul de Minas Gerais é uma das quinze zonas do estado que apresentam fácil acesso aos grandes centros consumidores. Possui uma infra-estrutura adequada e suas condições climáticas são excelentes para o desenvolvimento da cultura do café, proporcionando a produção de cafés qualitativamente igual ou até mesmo superior aos índices obtidos nas melhores regiões produtoras do estado, país e do mundo, tendo à disposição, em quantidade e qualidade, os fatores humanos, físicos, científicos e capital adequados ao incremento e desenvolvimento da cafeicultura regional.

A região Sul de Minas Gerais apresentou três períodos cafeeiros. O primeiro refere-se à introdução e expansão da cultura, no início e durante o século XIX. A introdução do café na região foi estabelecida em Aiuruoca, Jacuí e Baependi. A produção inicial destinava-se ao consumo próprio, que, paulatinamente, passou a atender também a demanda local. O segundo período,

no final do século XIX, caracterizou-se por uma nova expansão que, impulsionou ainda mais a cafeicultura Sul Mineira, tornando-se uma das principais fontes econômicas da região. O terceiro período refere-se à formação do complexo agroindustrial do café Sul Mineiro, a partir da década de 1970 (Filetto, 2000).

A região Sul Mineira, apresenta diversas características que lhe proporcionam um lugar de destaque na cafeicultura brasileira. Possui importantes cooperativas de café, como Cooxupé, Cocatrel, Cooparaíso e Minas Sul, expressivas instituições de pesquisa e ensino que têm na cafeicultura uma referência para sua atuação, além de diversos representantes políticos vinculados a este setor. Existe também um porto seco em Varginha, que facilita o escoamento do café e seus trâmites burocráticos para a sua exportação, possui uma ampla malha rodoviária, que interliga a região a diversos centros consumidores e aos portos. Diversas indústrias processadoras de café estão estabelecidas na região, várias cidades têm a sua vocação para a cafeicultura, destacando-se Três Pontas, considerada produção cafeeira do Brasil, com mais de 30 milhões de cafeeiros, numa área de 25 mil ha, produzindo uma média de 350 mil sacas por safra, além de Varginha, Guaxupé, Machado, São Sebastião do Paraíso e Alfenas, dentre outras (Fontes, 2001).

O mesmo autor cita, ainda, que a atividade cafeeira é de extrema importância para a região Sul de Minas Gerais, pois, gera riqueza, impostos, sustenta a economia de vários municípios e propicia, para milhares de pessoas, empregos nas mais diversas formas, como, por exemplo, empregados permanentes e temporários, técnicos, engenheiros e outras funções que têm o café como a sua principal atividade.

Segundo companhia nacional de abastecimento (Companhia Nacional de Abastecimento, 2008), a produção de café arábica para a região Sul e Centro -

Oeste de Minas em 2007 foi de 6,8 milhões de sacas. De maneira geral, as condições climáticas em 2007, no estado de Minas Gerais se caracterizaram pela escassez de chuvas e temperaturas elevadas, com médias superiores aos índices históricos, provocando uma deficiência hídrica acentuada nas principais regiões produtoras. Para a safra de 2008, a previsão de produção de café arábica para o Sul e Centro-Oeste de Minas é de 12 milhões de sacas. Ao referido acréscimo na produção de café para 2008, deve-se, basicamente, à biannualidade positiva e à recuperação parcial das lavouras com a regularização das chuvas, a partir da segunda quinzena de outubro, associados aos bons tratos culturais nas principais regiões produtoras. Esse incremento em 2008 poderia ser bem maior se não fosse a estiagem registrada nas regiões cafeeiras.

A previsão de produção do café arábica no Brasil em 2008 é de 34,7 milhões sacas de café beneficiado, 76,19% da produção total do país, tendo como maior produtor o Estado de Minas Gerais, com 22,9 milhões sacas de café beneficiada, que representa um incremento de 47,87% quando comparadas com a safra 2007 (Companhia Nacional de Abastecimento, 2008).

O parque cafeeiro em produção de café arábica para a região Sul e Centro - Oeste de Minas para safra de 2007 foi de 506.000 hectares, ao passo que para a safra de 2008 houve um acréscimo de 2,1% quando comparado com o ano anterior, correspondendo a uma área de 517.000 hectares (Companhia Nacional de Abastecimento, 2008).

### **3.2 Colheita do Café**

O Sul de Minas Gerais é responsável por aproximadamente, 25% da produção nacional de café e, mesmo sendo esta uma região de cafeicultura tradicional e aparentemente imprópria para a mecanização, existe uma considerável porcentagem de lavouras que possibilitam a mecanização e outras

mais que têm sido renovadas para este fim. Desta forma, o uso das colhedoras vem se expandindo ano a ano, seja pela viabilidade econômica ou pela possibilidade de se fazer colheita seletiva (Silva et al., 2000b).

A colheita do café depende imensamente do trabalho braçal, sendo uma operação complexa e com várias etapas, que representa de 30 a 40% do custo de produção. Já os sistemas com colheita tracionada ou automotriz destinam-se a produtores de médio a grande porte, podendo reduzir o uso da mão-obra em 60%, com redução de custo de produção da ordem de 40%. Os fatores importantes a serem observados para a colheita são a topografia, o espaçamento entrelinhas, o alinhamento e a altura das plantas. É importante salientar que neste sistema o investimento inicial é elevado, e a máquina deve trabalhar o máximo possível no período da colheita, para retorno mais rápido do investimento realizado (Silva et al., 1997).

Filgueiras (2001) afirma que a colheita do café é comparativamente à de outras culturas, a mais difícil de ser executada, em razão do formato da planta, da não-uniformidade de maturação e do elevado teor de umidade dos frutos, fato que prejudica a mecanização.

Os sistemas de colheita podem ser classificados, segundo Silva et al. (1998) em:

- **Manual:** É o sistema considerado convencional por ser o mais utilizado. Nele, as diversas operações da colheita, com exceção do transporte, são realizadas a partir de serviços manuais, demandando grande mão-de-obra.
- **Semimecanizado:** Consiste na utilização intercalada de serviço manual e máquinas para a execução das operações de colheita. Este sistema varia muito, podendo ter apenas uma ou quase todas as operações realizadas

mecanicamente. É um sistema que tende a crescer e pode atender a pequenos e grandes cafeicultores.

- **Mecanizado:** Neste sistema, considera-se que todas as operações de colheita são realizadas mecanicamente, sendo um sistema mais difundido e empregado em propriedades grandes e tecnificadas, com topografia favorável. Apesar de ser chamado de mecanizado, não dispensa totalmente o uso de serviço manual, pois as máquinas não conseguem colher todos os frutos da planta. Os frutos que permanecem após a derriça mecânica são, posteriormente, retirados por meio de uma operação manual denominada "repasse".

Essa classificação dada aos sistemas de colheita tem um caráter de ordem prática, pois, como se verifica no sistema manual, o transporte geralmente é feito utilizando-se outros meios, que não o homem, e, no sistema mecanizado, é necessária a mão-de-obra para o repasse. Hoje, tecnicamente, os sistemas de colheita variam de manual a mecanizado, em função do maior grau de utilização de mão-de-obra ou de máquinas, na execução das operações. A tendência que se verifica é uma expansão do sistema semimecanizado com o emprego equilibrado de mão-de-obra e máquinas, principalmente, em regiões como o Sul e Oeste de Minas Gerais, onde a topografia, o tamanho ou espaçamento das lavouras é limitante para a colheita mecanizada.

Basicamente são feitas as seguintes recomendações, quando se deseja mecanizar a colheita da lavoura de café:

- O terreno deve apresentar declividade máxima de 15% para a utilização da colhedora;
- O plantio deve ser feito em nível, adotando-se o sistema de renques;
- O espaçamento entrelinhas da lavoura deve ser de, no mínimo, 3,6m;

- Nas linhas ou nos carregadores, não deve existir nada que impeça a passagem de máquinas;
- As linhas dos cafeeiros devem ter um maior comprimento possível, diminuindo o número de manobras.
- Os carregadores de trânsito e manobras devem ter largura livre mínima de 6 metros e não apresentar irregularidades que impeçam o trânsito das máquinas;
- A altura máxima do cafeeiro deve ser de 3 m. Quando ultrapassar a altura recomendada, o cafeeiro necessitará de repasse manual nos “ponteiros” ou, então, ser conduzido por meio de sistemas de podas;
- Os ramos inferiores da planta devem ficar a uma altura mínima de 40 cm do solo. Obs: Essas recomendações variam em função do tipo de máquina a ser utilizada.

Segundo Vegro et al. (2000), a mecanização da lavoura, principalmente na fase de colheita, foi uma evolução importante para o cafeicultor, devido às dificuldades legais encontradas na contratação da mão-de-obra. O mesmo autor cita que a mecanização da colheita é um importante fator para a melhoria da competitividade na produção do café, à medida que possibilita a redução do custo da colheita em 33%. Os cafeicultores que adotarem a colheita mecânica e queiram adquirir uma colhedora devem possuir áreas plantadas com café superior a 100 ha e a declividade do terreno deve ser inferior a 12%.

Taglialegna & Silveira (2002) consideram a colheita mecanizada uma etapa muito importante do sistema de produção do café e recomendam que a mesma deva ser feita quando a maior parte dos frutos estiver no estágio de cereja. Os autores salientam, entretanto, que essa uniformidade nem sempre é possível, pois, na maioria das vezes, a florada é desuniforme, fazendo com que o

café colhido seja uma mistura de grãos ainda verdes, grãos em fase de cereja e grãos secos.

Kashima (1990) afirma que a colheita mecânica do café seria uma grande realidade e que poderia contribuir de forma decisiva, preenchendo o “vazio” deixado pela dificuldade de mão-de-obra, além de ser uma ferramenta para o produtor programar a colheita no tempo certo.

Silva & Salvador (1998) relatam que a introdução da derriça mecânica do café, pelo princípio de vibração, em substituição à manual, pode ser feita gradualmente e com sucesso, desde que se observem as recomendações técnicas operacionais, em função dos tipos e condições das lavouras. Observaram, porém, que muitas lavouras não foram implantadas e manejadas para o emprego da mecanização da colheita, principalmente, na região do Sul de Minas Gerais.

Um dos pontos limitantes das colhedoras reside no fato de não colherem 100% dos frutos dos cafeeiros, necessitando de operações de repasse (onerosas e economicamente inviáveis) que, normalmente, são feitas manualmente no final da colheita juntamente com a operação de varrição (Viana & Souza, 2002).

Dessa forma, em substituição à operação manual de repasse, muitos produtores passaram a fazer a colheita em duas etapas: a primeira, colhendo o máximo possível de café maduro e a segunda, 20 a 30 dias depois, colhendo o restante dos frutos, em substituição à operação manual de repasse (Silva et al., 2002).

Deste modo, o uso da colheita mecanizada do café vem se tornando um processo crescente e irreversível, devido à necessidade dos produtores de realizarem uma colheita rápida com benefícios diretos na redução de custos e qualidade de bebida (Silva et al., 1998).



### **3.3 Análise do desempenho operacional**

A história da evolução da cafeicultura revela, a busca dos produtores em alcançar maiores produtividades nas lavouras, com o objetivo de redução de custos. Neste sentido, a mecanização agrícola tornou-se uma ferramenta de grande importância nas diversas operações de campo, contribuindo para impulsionar a economia com o aumento da produção de grãos, trazendo também alguns benefícios para os produtores, como a redução dos custos e a rapidez na execução das operações de campo (Silva & Salvador, 1998).

A maximização na colheita mecanizada pode ser obtida, fazendo-se a colheita mais rápida, com redução de perdas, e colhendo-se os grãos maduros, obtendo-se ganho na qualidade (Silva et al., 2002).

Silva et al. (1999) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora em lavouras do Sul de Minas Gerais. Concluíram que, com duas passadas da colhedora, colheram-se 72% da produção, não tendo o repasse manual e restando 28% de café caído no chão.

Avaliando o desempenho operacional da colheita mecanizada com várias passadas da colhedora, Silva et al. (2000b) concluíram ter sido possível evitar a operação de repasse com duas ou três passadas da colhedora, com eficiência de 90 a 97%.

Silva et al. (1999) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas. Os estudos mostraram que houve uma redução nos custos de 62% em relação à colheita manual, enquanto que, em trabalho com colheita seletiva com duas passadas da colhedora, Silva (2004), observou uma redução nos custos de 42% a 46% em relação à colheita manual.

Pádua et al. (2004) estudaram os custos para a colheita mecanizada, semi-mecanizada e manual, em 25 propriedades do Sul de Minas Gerais, e concluíram que o sistema mecanizado foi o que apresentou menor custo de produção, representando uma redução de 23,8% em relação ao sistema manual e de 6,9% em relação ao sistema semi-mecanizado.

Silva et al. (2000a) e Silva (2004), realizaram uma comparação de custos entre colheita mecanizada e manual e, constataram uma redução de custos numa faixa de 41% a 50%, para o sistema mecanizado, quando comparado com o manual, levando-se em consideração nos cálculos a depreciação, para lavouras com produção de 30 a 35 sacas.ha<sup>-1</sup>.

O estudos com colheita mecanizada do café nos mostram que o aumento na velocidade da colheita implica diretamente na redução de custos, sem prejuízos ou perdas ao sistema produtivo (Silva et al., 2004).

Segundo Silva et al. (1998), a colheita mecanizada é um importante fator para reduzir o custo de produção do café, tendo em vista que essa redução é diretamente proporcional ao grau de mecanização das operações. Buscando mostrar a viabilidade econômica da operação mecanizada de colheita, esses autores desenvolveram trabalho com o objetivo de avaliar o custo operacional das colhedoras automotrizes em lavouras típicas da região do Sul de Minas, possibilitando aos produtores um melhor planejamento da colheita. Assim, observaram que o custo por volume colhido mecanicamente é diretamente dependente do desempenho operacional da colhedora. O custo médio da medida de 60 litros de café colhido mecanicamente foi de R\$ 2,35 na lavoura e de R\$ 2,62 colocado no terreiro, com respectivas reduções de 45 e 41% em relação à colheita manual.

### **3.4 O uso de sistemas de informações geográficas (SIG) e sensoriamento remoto aplicados à cafeicultura**

Torna-se cada vez mais crescente o uso de técnicas de sensoriamento remoto aliadas aos SIG no estudo e caracterização da cultura cafeeira, no intuito de promover o desenvolvimento tecnológico para esta cultura e contribuir para um eventual avanço na produção cafeeira do país.

Steffen et al. (1981), citados por Costa (2000), conceituam o sensoriamento remoto como um conjunto de atividades, com o objetivo de caracterizar as propriedades dos alvos naturais, realizando a sua detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, seja refletido ou emitido por eles.

Segundo Novo (1992), citado por Valente (2001), o sensoriamento remoto pode ser definido como a utilização de sensores, para aquisição de informações sobre objetos presentes na superfície terrestre, sem que haja contato direto entre eles. Para o mesmo autor, os sensores são equipamentos que coletam a energia proveniente do objeto, convertendo-a em sinal capaz de ser registrado e que possibilite a extração de informações sobre os alvos terrestres.

Para Campbell (1987), Jensen (1996), Crosta (1993) e Brown et al. (2000), citados por Valente (2001), a grande aplicação do sensoriamento remoto em diferentes ramos da ciência, deve-se à sua capacidade de coletar dados multiespectrais em diferentes escalas, diferentes épocas e oferecer uma grande gama de estudos e análises de fenômenos da natureza ao longo do tempo.

O uso de imagens de satélite do sistema ETM+ Landsat é uma valiosa ferramenta para fins de mapeamento devido à sua grande abrangência em termos de área, periodicidade e imageamento em intervalos curtos, possibilidade de análise visual e espectral e, o que é mais importante, o baixo custo de aquisição. Neste sentido, o maior desafio da aplicação desta tecnologia para fins de

mapeamento é encontrar formas de fazer a classificação do uso da terra com maior acurácia possível, usando métodos automatizados ou interpretação visual (Novo, 1995).

Os dados de sensoriamento remoto processados em um sistema de informação geográfica podem ser analisados de diversas maneiras, via interpretação visual ou automaticamente, através de algoritmos de classificação com base na resposta espectral de pixels ou regiões homogêneas, conforme relata Crosta (1992), relacionando essas informações com o processamento digital de imagens.

O processamento digital de informações espaciais, por meio do Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica, quando comparado à metodologia tradicional, possibilita a caracterização do meio físico de uma região com maior rapidez e menor custo, uma vez que demanda uma quantidade menor de levantamentos de campo e análises laboratoriais (Machado, 2002).

Ramirez et al. (2003) utilizaram imagens pancromáticas do satélite Ikonos-II na identificação de áreas cafeeiras. Os resultados obtidos indicam que as imagens do canal pancromático deste satélite podem ser úteis na melhoria da identificação de áreas cafeeiras, principalmente, em áreas com plantios menores a 4,4 ha, proporcionando um aumento na precisão da determinação da área plantada de café, devido à melhor resolução espacial (1m no modo pancromático) de imagens do satélite Ikonos-II.

Moreira et al. (2004), ao estudar o comportamento espectral da cultura cafeeira em imagens dos sensores TM e ETM+ dos satélites Landsat - 5 e 7, respectivamente, concluíram que a banda 4 (infravermelho-próximo) foi apropriada para diferenciar áreas cultivadas com café das áreas cobertas por mata e pastagem. Os mesmos autores ressaltam, ainda, que a melhor época para

o mapeamento dessa cultura, por meio de dados orbitais, é nos meses mais secos, quando o contraste espectral das áreas cafeeiras e outros alvos de ocupação do solo são maiores.

Leonardi (1990) utilizou as bandas 1, 5 e 7 do sensor TM e dados coletados em campo para avaliar a influência dos parâmetros culturais do café sobre sua resposta espectral. 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;
- regressão múltipla entre parâmetros culturais e resposta espectral.

Os resultados revelaram que os parâmetros relativos às características da planta (altura, porcentagem de cobertura do terreno, idade, vigor vegetativo e tipo de poda) são mais bem correlacionados com a reflectância do cafeeiro 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). A análise de regressão múltipla evidenciou a influência predominante dos parâmetros, altura da planta e porcentagem de cobertura do terreno na resposta espectral do dossel do cafeeiro.

Alves et al. (2000) desenvolveram um estudo em áreas cafeeiras por meio de técnicas de geoprocessamento, com a finalidade de levantar informações sobre o meio físico e produzir mapas temáticos dos vários componentes destes agroecossistemas. Através de um sistema de informação geográfica, criou-se um banco de dados com as imagens do sensor TM-Landsat 5 na área de interesse. Técnicas de geoprocessamento foram empregadas para

obter mapas de declividade, vertente, solos e uso da terra. Os mapas temáticos elaborados, associados às informações da cultura cafeeira, permitiram avaliar a correlação das características da cafeicultura com o meio físico. As técnicas de geoprocessamento usadas mostraram-se eficientes para caracterizar os agroecossistemas cafeeiros.

Bertoldo et al. (2003a), Bertoldo et al. (2003b), Bertoldo et al. (2003c) e Vieira et al. (2001) elaboraram trabalhos utilizando dados de sensoriamento remoto integrados em um sistema de informação geográfica para o estudo da cafeicultura. Os autores realizaram classificações automáticas das imagens TM e CCD, concluindo a etapa de mapeamento com auxílio de interpretação visual. Para a modelagem do terreno, os autores utilizaram dados altimétricos digitalizados a partir de cartas topográficas. Os resultados foram obtidos por tabulações cruzadas entre as variáveis analisadas. O objetivo do estudo, entretanto, não foi indicar áreas favoráveis para o cultivo de cafezais com base nas variáveis estudadas. Na região de Patrocínio-MG, a comparação visual entre o mapa gerado pelo classificador e os padrões espectrais definidos para as diversas classes, com base na verdade de campo, demonstrou que o mapa gerado de áreas cafeeiras foi satisfatório. Tal fato reflete, provavelmente, as condições geomorfológicas da região, em que ocorrem, predominantemente, relevos mais suaves e grandes extensões de áreas cafeeiras. Já para o município de Machado-MG, o mapa de uso da terra gerado pela classificação apresentou maior conflito entre mata e café. Este conflito é acentuado em algumas áreas da região onde o relevo é mais acidentado.

### 3.5 Modelagem de dados topográficos

Wood (1996) comenta que o homem sempre buscou técnicas e ferramentas para descrever e parametrizar com precisão a superfície terrestre. As técnicas almejadas por vários pesquisadores buscam uma aplicabilidade universal, que não dependa de adaptações em cada situação fisiográfica encontrada. O mesmo autor cita que os parâmetros mais comumente utilizados na modelagem são a altimetria, declividade e perfil do terreno.

Para o cálculo das variáveis físicas na modelagem do espaço geográfico como ferramentas computacionais e dados coletados, a partir de sensores remotos, aplica-se com frequência a técnica de representação do terreno denominado modelo numérico de terreno (MNT). Este recurso é definido por uma função matemática que permite a reprodução de uma superfície real a partir de pontos regularmente espaçados. Segundo Assad & Sano (1998), o modelo está associado à altimetria do terreno, permitindo a representação tridimensional da superfície terrestre.

Diversos trabalhos que envolvem mapeamentos temáticos e zoneamento ecológico-econômico (Crepani et al., 2001), utilizam cartas topográficas analógicas digitalizadas e importadas em sistemas de informação geográfica para gerar o modelo numérico de terreno. Atualmente, com a disponibilidade dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) pela NASA (2005) (*National Aeronautics and Space Administration*), Valeriano (2004) recomendou sua utilização e integração com cenas de sensores multiespectrais, como TM-Landsat e CCD-Cbers.

### 3.6 Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM

Grande parte do território nacional é provido de mapeamentos em escalas demasiadamente generalizadas para várias utilizações da informação topográfica. A utilização de modelos de elevação obtidos por sensores orbitais representa uma alternativa de grande interesse para suprir a carência de mapeamentos na América do Sul. Avanços tecnológicos de grande impacto foram alcançados nos últimos tempos, quando o ônibus espacial *Endeavour* orbitou a Terra, realizando a *Shuttle Radar Topographic Mission* SRTM. Esta missão foi liderada pela (NASA) com parceria da *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA), e das agencias espaciais da Alemanha (*Deutschen Zentrum für Luft - und Raumfahrt - DLR*) e Itália (*Agenzia Spaziale Italiana - ASI*). No período de 11 dias, foi gerada a mais completa base de dados sobre a topografia da superfície do planeta, com a obtenção de dados altimétricos com precisão compatível com mapas topográficos na escala de 1:50.000, conforme as condições locais e a aplicação pretendida (Rabus et al., 2003).

Visando a desenvolver um modelo de elevação quase global, o ônibus espacial *Endeavour*, veículo espacial utilizado para missão, foi lançado no dia 11 fevereiro de 2000 para uma órbita de 233 Km de altitude e com inclinação de 57°. A missão SRTM foi projetada para coletar dados tridimensionais da superfície terrestre através de uma técnica de sensoriamento remoto chamada interferometria. Para tanto, a nave foi munida de um mastro de 60m, em cuja extremidade foram instalados os mesmos sensores para obtenção de dados em paralaxe (diferentes ângulos), o que permitiu a montagem de Modelos Digitais de Elevação - MDE em cobertura de grande parte da superfície terrestre com resoluções de 1 e 3 arco-segundos (Valeriano, 2005). Duas antenas foram utilizadas: SIR-C (Estados Unidos) e X-SAR (Alemanha/Itália). O sistema utilizou os comprimentos de onda ( $\lambda$ ) de 6,0 cm para a banda C e 3,1 cm para a



banda X. Os MDEs relativos à banda C, para as Américas do Sul e do Norte, estão sendo distribuídos gratuitamente pela NASA com resolução espacial de 90 x 90 metros. Os dados relativos à banda X estão sendo processados e distribuídos pelo DLR – Centro Aeroespacial Alemão (NASA/JPL, 2005).

Um importante avanço em relação ao estado atual dessa linha de pesquisa é a inserção desses dados no fluxo de estudos do meio físico em substituição a dados de cartas topográficas. Em uma situação generalizada em nosso país, os problemas ambientais decorrentes da ocupação territorial agrícola, em vista da carência de informações topográficas para o conhecimento e o manuseio dos impactos que incidem na área de estudo, tornam a aplicação dos dados SRTM na modelagem de microbacias um importante passo para a pesquisa metodológica.

A utilização dos MDEs recai, principalmente, para obtenção de variáveis derivadas de altimetria. Com a crescente disponibilidade de bases topográficas digitais, aliada ao uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), torna-se estratégico o desenvolvimento de métodos automáticos de extração e análise de variáveis topográficas, para posterior tratamento e integração em ambiente computacional dos resultados. A declividade (Valeriano, 2003b), orientação de vertentes, curvatura horizontal (Valeriano & Carvalho Júnior, 2003), curvatura vertical (Valeriano, 2003a) e identificação de canais de drenagem e divisores de água, são variáveis morfométricas locais providas de algoritmos específicos para sua extração a partir de MDE.

### **3.6.1 Modelo Digital de Elevação (MDE)**

Os MDEs podem ser descritos, em analogia às imagens de satélite, como uma imagem de cotas altimétricas. São representações computacionais que descrevem a altitude ponto a ponto de uma determinada área. Embora os dados

altimétricos orbitais sejam relativamente recentes nas metodologias de modelagem do relevo, os recursos de tratamento de MDE foram, por um longo tempo, desenvolvidos sobre dados cartográficos.

Pinheiro (2006) avaliou uma análise comparativa entre os dados altimétricos derivados SRTM e de cartas topográficas em escala 1: 50.000 com pontos de controle adquiridos com GPS e corrigidos pelo método diferencial. O estudo foi conduzido no Planalto das Araucárias ao nordeste do Rio Grande do Sul, um local com relevo escarpado e com grandes declividades. As análises realizadas neste estudo demonstram que as altitudes medidas pelo MDE/SRTM, após as devidas correções, apresentam resultados melhores quando comparados com os MDE das cartas topográficas. O MDE/SRTM analisado, com resolução espacial de 90x90m, apresentou erros baixos, com resultados satisfatórios. Cabe citar que, com esta resolução espacial, o uso do MDE SRTM é mais adequado em escala de 1: 250.000 ou menores.

Santos et al. (2006) avaliaram a precisão vertical dos MDE interferométricos do radar de abertura sintética em banda C do SRTM comparando com MDE da carta topográfica 1:100.000 e pontos de campo GPS. A área de estudo é delimitada pelos paralelos 2° 30' e 3° 00' S e meridianos 59° 30' e 60° 00' W, no estado do Amazonas, próximo à cidade de Manaus. Os resultados demonstram que na área de estudo o MDE SRTM apresenta uma avaliação satisfatória da precisão vertical. Neste caso, o MDE SRTM é melhor do que o MDE obtido a partir das informações da carta topográfica.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C.; ANDRADE, H. Sistema de informação geográfica na avaliação de impactos ambientais provenientes de atividades agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.99-109, 2000.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1998. 434p.

BERTOLDO, M.A.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C. Avaliação de ambientes cafeeiros de Minas Gerais por imagem de satélite. Parte III - São Sebastião do Paraíso. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3.; Workshop Internacional de Café & Saúde, 2003. **Anais...** Porto Seguro: EPAMIG, 2003a. p. 57.

BERTOLDO, M.A.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C. Avaliação de ambientes cafeeiros de Minas Gerais. Parte I - Patrocínio. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 3.; Workshop Internacional de Café & Saúde, 2003. **Anais...** Porto Seguro: EPAMIG, 2003c. p. 55.

BERTOLDO, M.A.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G. Mapeamento do uso da terra utilizando imagem de satélite - Parte II - Machado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 3.; Workshop Internacional do café & saúde, 2003. **Anais...** Porto Seguro: EPAMIG, 2003b. p.73.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra 2007/2008**. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 05 jun. 2008.

COSTA, F.A.da. **Aplicação de geoprocessamento na análise e modelagem ambiental da microbacia Arroio Passo do Pilão**: estudo de adequação de uso da terra relacionado aos sistemas agrícolas. 2000. 90p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

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.

CROSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. 170 p.

FILETTO, F. **Trajetória histórica do café na região Sul de Minas Gerais**. 2000. 133p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FILGUEIRAS, W.H. **Modelagem da planta de café por elementos finitos para estudos de colheita por vibração**. 2001. 81f. Dissertação ( Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FONTES, R.E. **Estudo econômico da cafeicultura no Sul de Minas Gerais**. 2001. 94p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

KASHIMA, T.A. Colheita mecanizada do café: produtos, desempenho e custos. In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1990, p. 234-246.

LEONARDI, L. **Influência de parâmetros culturais de cafezais sobre os dados TM/LANDSAT-5**. 1990. 141p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP.

MACHADO, M.L. **Caracterização de Agroecossistemas cafeeiros da Zona da Mata de Minas Gerais, usando sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas**. 2002. 137p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARQUES, S. É da colheita que nascem os bons frutos: Mecanização coloca café brasileiro no caminho certo da competitividade internacional. **Revista da Case**, Belo Horizonte, v. 10, n. 4, p. 18, abr. 2001.

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

NASA/JPL SRTM. Disponível em:<<http://www.jpl.nasa.gov/srtm>>. Acesso em: 3 mar. 2005.

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

PÁDUA, T.S. **Espaçamento econômico na cultura do cafeeiro (Coffea arábica L.):** um estudo no Sul de Minas Gerais. 1998. 62p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PÁDUA, T. S.; QUEIROZ, D.P.; SILVA, F.M. Custos para colheita mecanizada, semimanual e manual. **Coffee Break**, São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=127.htm>>. Acesso em 3 dez. 2005.

PINHEIRO, E. da. S. Comparação entre dados altimétricos *shuttle radar topography mission*, cartas topográficas e *gps*: numa área com relevo escarpado. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.58, n.1, abr. 2006..

PONCIANO, N. J. **Segmento exportador da cadeia agroindustrial do café brasileiro.** 1995. 128p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RABUS, B., EINEDER, M., ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission-a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v.57, p.241-262, Aug. 2003.

RAMIREZ, G.M.; ZULLO JUNIOR, J.; ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ROCHA, V.D. da; LAMPARELLI, R.C. Utilização de imagens pancromáticas do satélite Ikonos-II na identificação de plantios de café. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2003. p.223-229. 1 CD-ROM.

SANTOS, P.R.A. dos.; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L.C. de. Evaluation of vertical precision SRTM models to. Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.58, n.1, abr. 2006.

SILVA, F.M. **Colheita mecanizada e seletiva do café:** cafeicultura empresarial, produtividade e qualidade. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2004.75p.

SILVA, F.M.; CARVALHO, G.R.; SALVADOR, N. Mecanização da colheita do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.43-54, 1997.

SILVA, F.M.; KASHIMA, T.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R.F.; OLIVEIRA, E. Avaliação da influência da colheita na produtividade da lavoura cafeeira. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p.258-259.

SILVA, F.M.; OLIVEIRA, E.; SALVADOR, N.; TOURINO, E.S. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p.150-152.

SILVA, F.M.; RODRIGUES, R.F.; SALVADOR, N. Avaliação da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora de café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 1999. p.348-350.

SILVA, F.M.; RODRIGUES, R.F.; SALVADOR, N.; TOURINO, E.S.; SILVA, S.S.S. Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizas no Sul de Minas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.8, n.1, p.54-60, jan./mar. 2000a.

SILVA, F.M.; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira: colheita**. Lavras: UFLA/DEG, 1998. 55p.

SILVA, F.M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R.F.; ABREU, E.M. Desempenho operacional da colhedora automotriz de café na região do Sul de Minas. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p.232-234.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; MARTIN, W. G. Desempenho operacional da colheita mecanizada com várias passadas da colhedora de café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26., 2000, Marília. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2000b. p.345-347.

SILVA, S. de M. **Competitividade do agronegócio do café na Região Sul de Minas Gerais**. 1998. 125p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

STOLCKE, V. **Cafeicultura**: homens, mulheres e capital. São Paulo: Brasiliense, 1986. 410p.

TAGLIALEGNA, G.H.F.; SILVEIRA, M.C.S. Colheita mecanizada para reduzir custos. **Agrianual**: anuário da agricultura brasileira, São Paulo, p.228, 2002.

VALENTE, R. de. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí**. 2001. 144p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais, com opção em Conservação de Ecossistemas Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

VALERIANO, M.M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 7, n. 3, p. 539-546, 2003a.

VALERIANO, M.M. Mapeamento da declividade em microbacias com sistemas de informação geográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v.7, n.2, p.303-310, 2003b.

VALERIANO, M.M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para América do Sul**. São José dos Campos: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 52p. 2004.

VALERIANO, M.M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.3595-3602.

VALERIANO, M.M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, MG, v.4, n.1, p.17-29, mar. 2003.

VEGRO, C.L.R.; MARTIN, N.B.; MORICOCCHI, L. Sistema de produção e competitividade da cafeicultura paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.30, n.6, p.7-44. Jun. 2000.

VIANA, A. S.; SOUZA, T. Efeito do tempo de permanência do café derriçado na lavoura, com e sem previa varrição, na qualidade final do produto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p.65-67.

VIEIRA, T. G. C.; LACERDA, M. P. C.; ALVES, H. M. R. Imagens orbitais aplicadas ao levantamento da cultura do café em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Vitória: Consórcio Brasileiro de Pesquisas, 2001.

WOOD, J. **The geomorphological characterisation of Digital Elevation Models**. 1996. 184p. Tese (Doutorado em Information Science) – University of London, London, GB.



## **CAPÍTULO 2**

### **Caracterização das áreas do Sul e Sudoeste de Minas Gerais e das lavouras cafeeiras da região aptas à mecanização**

## RESUMO

REZENDE, Fabiano. A. Caracterização das áreas do Sul e Sudoeste de Minas Gerais e das lavouras cafeeiras da região aptas à mecanização . In:\_\_\_\_\_.

### **Determinação das áreas cafeeiras mecanizáveis no Sul de Minas**

**Gerais com cenários para a colheita.** 2008. Cap. 2, p.28-64. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG \*.

O uso das geotecnologias como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, aliados a softwares específicos (SPRING e ArcGIS), tem possibilitado o desenvolvimento de trabalhos de grande relevância para a agricultura. As geotecnologias foram aplicadas neste estudo com o objetivo de determinar às áreas aptas a mecanização para as operações de manejo da lavoura cafeeira no Sul e Sudoeste de Minas Gerais. Para o desenvolvimento do estudo, foram adquiridos dados de altimetria do SRTM, disponibilizados pela NASA, com resolução espacial de 90m, dos quais se obteve o modelo digital de elevação do Sul e Sudoeste de Minas Gerais, permitindo a caracterização das áreas em classes de declive. A partir dessa caracterização foi possível efetuar a operação zonal em SIG dos planos de informações com o mapeamento das áreas cafeeiras, obtido junto INPE. Estudo comparativo entre dois bancos de dados de declive (IBGE e SRTM), foi feito utilizando-se os softwares SPRING e ArcGIS, obtendo-se o coeficiente de correlação  $R^2 = 0,99$ . Também foi feita validação entre os mapas das áreas cafeeiras obtidos junto ao INPE com uma cena do município de Machado/MG, fornecido pela EPAMIG, utilizando-se o software ArcGIS, obtendo coeficiente de correlação  $R^2 = 0,98$ , validando as fontes utilizadas. Através da caracterização das áreas territoriais do Sul e Sudoeste de Minas Gerais, em relação às classes de declive, 73% da região tratam de áreas aptas de serem mecanizadas. Baseado no posicionamento das lavouras cafeeiras da área de estudo, em relação às faixas de declividade da região, 76% das lavouras apresentam declividade de até 20%, caracterizando-se como aptas à mecanização das operações agrícolas.

Palavras – Chaves: lavouras cafeeiras, sistemas de informações geográficas, mecanização agrícola.

---

\* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Orientador);  
Dr<sup>a</sup>. Helena Maria Ramos Alves – EMBRAPA - CAFÉ (Co-orientadora).

## ABSTRACT

Rezende, Fabiano. A. Description of both the areas in the South/Southwest of Minas Gerais state and the coffee plantations able for mechanization. In:-----  
**Determination of the coffee areas in the South of Minas Gerais State which are able for mechanization, with scenarios for harvest.** 2008. Chap.2, p.28 through 65. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) - Federal University of Lavras, Lavras, MG\*.

The use of the geotechnologies such as a remote sensoriamet and geoprocessing .integrated with specific softwares (SPRING and arcGIS) has enabled relevant research work for agriculture. The geotechnologies were used in this work with the objective of determining the coffee plantation in the South/Southwest areas in Minas Gerais State, which are able for mechanization. 90m-spacial-resolution altimetria data from SRTM were obtained, which were made available from NASA were used for the digital modelo of the South and Southwest of Minas Gerais height. They allowed the description of the areas in slope rates. On this ground, the SIG zonal operation of the information plans, as well as the mapping of the coffee areas obtained from INPE was performed. A comparative study between two slope data banks (IBGE and SRTM) was conducted using the SPRING and the ArcGIS softwares. The correlation coefficient  $R^2=0,99$  was obtained. Validation among the maps of the coffee areas, obtained from the INPE, showing the municipality of Machado, Minas Gerais was performed. The maps were provided by EPAMIG. The software used was ArcGIS and the correlation coefficient obtained was  $R^2=0,98$ , which validated the sources used. The description showed that 73% of the region coffee areas studied can be mechanized. The position of the coffee plantations in the studied area in relation to the the slope ranges show that 76% for the coffee plantations are up to 20% slopes. Therefore they can be described as able for mechanized farming procedures.

Keywords: Coffee production, geography information system, agricultural mechanization.

---

\* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser);  
Dr<sup>a</sup>. Helena Maria Ramos Alves – EMBRAPA - CAFÉ (Co-adviser).

## 1 INTRODUÇÃO

A colheita mecanizada do café tornou-se uma atividade de grande importância para os produtores do Sul de Minas Gerais, pois permitiu uma redução acentuada de tempo gasto com a colheita quando comparado com a colheita manual (Sebrae, 2001).

No estado de Minas Gerais, o café é plantado nos mais diversos relevos e algumas variedades e espaçamentos mais comuns são adotados para a região. No entanto, o manejo não varia muito, fazendo com que essa heterogeneidade no cultivo do café acarreta mudanças importantes na radiância captada pelos sensores, em decorrência das variações na geometria do alvo, sensor e iluminação (Moreira, 2007).

De acordo com Moreira (2007), os sistemas de cultivos de café adotados em cada propriedade explorada são diferenciados devido às características fisiográficas da região como o tamanho de áreas, relevo, tipos de manejo e variedades plantadas. Isto, faz com que o mapeamento e monitoramento de café seja mais complexo do que em outras culturas como, por exemplo, a cana-de-açúcar.

Moura (2007) estudou o mapeamento do café a partir da década de 70 até os dias de hoje, com intuito de obter informações quanto à evolução ou à involução dos cafezais e sua alocação em função da aptidão das terras, direcionada ao café, à luz do Sistema FAO/Brasileiro para a cidade de Machado. A execução da caracterização da região permitiu distribuição das classes em 0-3% (plano); 3-12% (suave ondulado); 12-20% (ondulado); 20-45% (forte ondulado); 45-75%(montanhoso) e >75%(escarpado). Os resultados mostraram que a declividade das áreas em Machado são bem acentuadas, com destaque

para as áreas 3-12% que representa 26% das áreas; 12-20% representa 28% das áreas de Machado, totalizando 54% de áreas mecanizáveis até 20% declividade.

A definição da resposta espectral da cultura do café é uma das etapas na identificação de lavouras cafeeiras em imagens de satélites de sensoriamento remoto, para fins de mapeamento e estimativa de área plantada.

O uso operacional de imagens de satélites de sensoriamento remoto, com a finalidade de estimar a área plantada com café, requer estudos suplementares que definam métodos apropriados. Os resultados dos primeiros estudos com imagens do sensor MSS (Multispectral Scanner System) do Landsat, na identificação e estimativa de áreas com café, não permitiram adequada discriminação dos cafezais em relação aos alvos adjacentes (Velooso, 1974). Posteriormente, Tardin *et al.* (1992) mostraram que esta cultura poderia ser mapeada pelas imagens do sensor TM (Thematic Mapper) do Landsat-5.

Com o advento das imagens de satélites que cobrem o globo, os dados de topografia conseguem obter melhores resultados de resolução. Os dados da missão SRTM formaram um modelo altamente preciso e global de elevação vertical com uma acurácia de 6 m e um horizontal de 30m. Os dados cobrem todo o globo (latitudes 60N – 60S). Dado a grande procura por produtos como o SRTM, é importante que se examine a qualidade dos dados comparando-os sempre com fontes confiáveis de MDE. Visando a analisar a qualidade dos dados do SRTM através da comparação com a cartografia derivada do MDE em diferentes escalas.

O estudo analisa a comparação entre os dados de MDE/SRTM e a cartografia derivada MDE (TOPO), usando a escala cartográfica de 1: 50.000 digitalizado para Honduras. Os resultados deste estudo de caso mostraram que MDE/SRTM têm melhor acurácia que a escala cartográfica de 1: 50.000 derivado MDE (TOPO) para Honduras. O MDE/SRTM tem um alcance de erro de 8m

como oposto para 20m para MDE (TOPO). Alguns erros sistemáticos, no entanto, foram identificados nos dados do SRTM, relativos ao aspecto. Os erros são encontrados por estarem no declive face-nordeste. Isto pode ser atribuído pelo efeito do angulo de incidência para imagens originais de radar ao usar o produto MDE/SRTM. Finalmente, o MDE/SRTM foi empregado por conter mais detalhes da superfície que o MDE (TOPO) (Jarvis et al., 2004).

Gouvêa et al. (2005) analisaram a comparação do MDE e mapas de declividade e altitude (hipsometria) produzidos com dados do SRTM e dados IBGE com escala de 1: 250.000. O MDE e os mapas formados com dados do SRTM mostraram mais detalhes quando comparados para um similar produzido com dados do IBGE com escala 1: 250.000.

Oliveira & Lopes (2007), estudaram a comparação dos mapas de hipsometria e os de curvas de nível desenvolvidos pela edição de mapas topográficos para o mapeamento sistemático brasileiro e os dados do SRTM. A comparação foi feita, levando-se em consideração os dados de altimetria e informações paralelas (hidrografia e sistemas ruas), para mapas topográficos e os dados altimétricos da missão SRTM, na escala de 1:50.000, ambas para a cidade de Tijucas, SC. Os mapas gerados a partir dos dados contidos nas cartas topográficas, diferem significativamente dos mapas gerados a partir dos dados da missão SRTM. A utilização do MDE da SRTM é um ganho de praticidade já que os dados são dispostos em formato numérico e são de fácil manipulação.

Para a realização do presente trabalho os dados de altimetria SRTM foram obtidos junto à NASA, com resolução espacial de 90m, sendo produzido, posteriormente, o modelo digital de elevação do Sul de Minas Gerais, que possibilitou caracterizar as faixas de declividade da região. Na sequência, foi obtido o mapeamento das áreas cafeeiras junto ao INPE, fazendo a operação

zonal em SIG dos planos de informações, sendo obtido como resultado o posicionamento das lavouras cafeeiras em relação às classes de declividade, ressaltando as áreas possíveis de mecanização.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização e caracterização da área de estudo**

A área de estudo abrange a região Sul e Sudoeste do Estado de Minas Gerais em que a vocação agrícola se baseia nas atividades agropecuárias, com destaque para a cafeicultura em pequenas e médias propriedades, em sua grande maioria pequenas cidades, emolduradas em montanhas. Essa área é dividida em 11 microrregiões, com 156 municípios, possui uma população total de 2.649.425 habitantes. Desse total, 2.064.726 corresponde à população urbana e 486.249 corresponde à rural, que representa apenas 16,7% da população da região, em que a agricultura ainda é a atividade econômica mais forte, capitaneada pela cultura do café e por uma das principais bacias leiteiras do País. A Figura 1 apresenta, em destaque, as mesorregiões de Minas Gerais, com destaque para a região Sul e Sudoeste de Minas Gerais (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007).

A área de estudo deste trabalho abrange 151 municípios da região Sul e Sudoeste de Minas Gerais, dos quais 138 possuem lavouras cafeeiras, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007).

Segundo a classificação de Koppen, o clima é classificado como Cwb, que é um clima mesotérmico com verões brandos e estação chuvosa no verão, com temperatura média mensal inferior a 18°C no mês mais frio (julho) e superior a 22°C nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) (Minas Gerais, 2006).

A região apresenta uma pluviosidade média de 1623 mm/ano. Os meses de janeiro a março são os que apresentam os maiores volumes de chuvas, com os meses de maio a agosto como os mais secos, ocorrendo chuvas ocasionais de junho a agosto período em que a colheita do café está ocorrendo. O relevo



suave ondulado a ondulado é predominante na região (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007).

A Figura 1 apresenta em destaque as mesorregiões de Minas Gerais, com destaque para a região Sul/Sudoeste, que abrange a área de estudo.

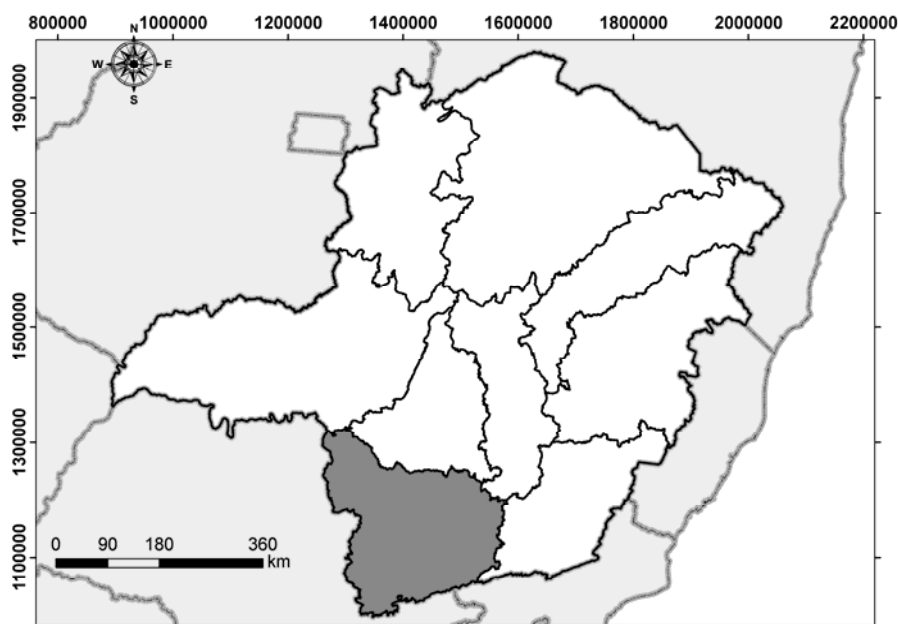
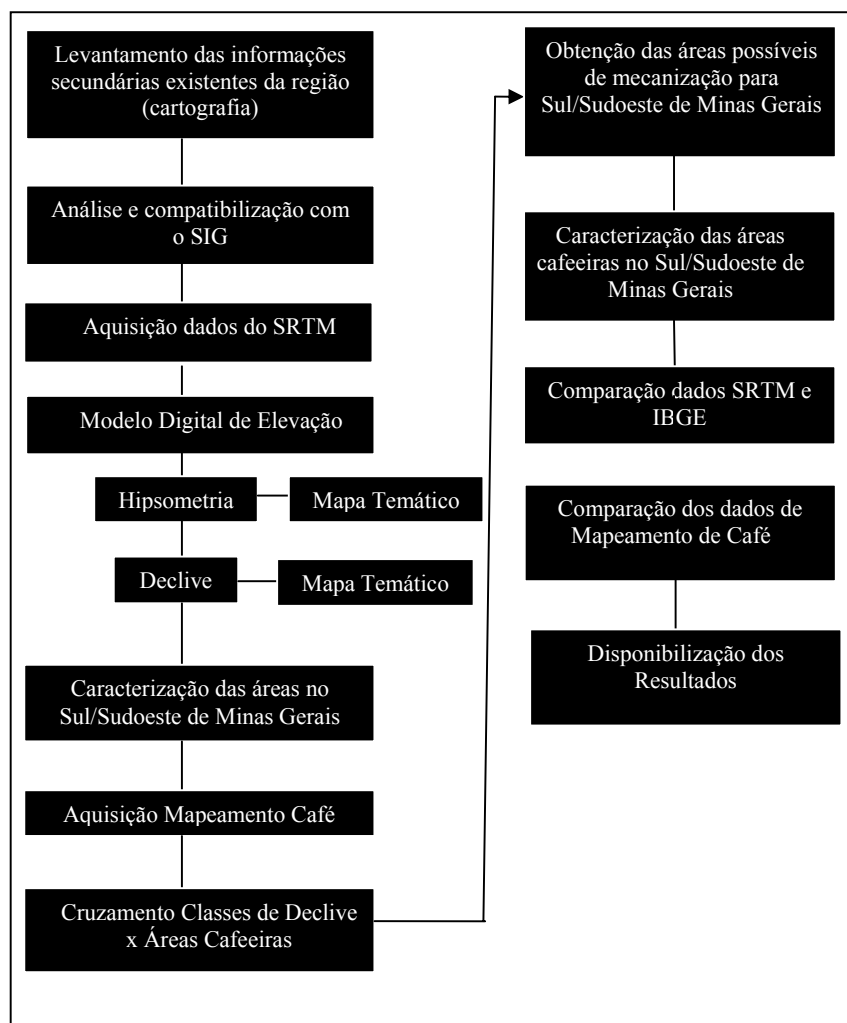


FIGURA 1. Mapa de Minas Gerais, com destaque da mesorregião Sul/Sudoeste.

## 2.2 Seqüência metodológica do trabalho

O trabalho foi desenvolvido dentro da seqüência metodológica resumida no quadro a seguir, em que foi feito um estudo preliminar para o levantamento das informações secundárias existentes da região do Sul/Sudoeste de Minas Gerais (Cartografia). Os dados obtidos da cartografia foram analisados e implementados em um ambiente de sistemas de informações geográficas (SIGs),

junto ao software ArcGis , sendo adquirido para o estudo uma imagem Landsat da região.



Os dados de altimetria foram adquiridos através do levantamento da missão espacial SRTM da NASA, que possui grande potencial de aplicações. Com uma resolução espacial de 90m, Valeriano (2004) afirma que se trata de um

produto com maior precisão do que aqueles gerados pelo RADARSAT-1, cuja resolução espacial é de 1000m.

Com os dados de altimetria adquiridos, foi processado dentro do software ArcGis, um modelo digital de elevação que representa a feição altimétrica da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Salienta-se que, é possível representar qualquer outra característica do terreno de forma contínua como a temperatura, declividade, poluição, geologia, hidrologia e tipo de solo.

A partir da modelagem digital de elevação executada, foi obtida a altimetria da região do Sul/Sudoeste de Minas Gerais, sendo efetuada, na sequência, a confecção do mapa temático de altitude com os respectivos fatiamentos em classes de altitude. A seguir, foram obtidos os mapas temáticos de declividade, com os respectivos fatiamentos em classes de declive para as operações de mecanização agrícola.

A declividade pode ser conceituada como a inclinação de uma superfície ou parte de uma superfície, por ser tipicamente aplicada à topografia. Desse modo pode ser útil ao analisar uma superfície de elevação, mostrando as áreas onde a elevação está mudando é quão rapidamente ela está se alterando (“declives” mais acentuados representam alteração mais rápida). A declividade é calculada como a taxa máxima de alteração em valores entre cada célula e seus vizinhos. Conceitualmente, a função declive ajusta um plano para os valores  $z$  para uma vizinhança de uma célula de 3x3m em torno do processamento da célula central. O valor de declividade deste plano é calculado por meio da técnica da máxima média. A direção das faces planas é o aspecto para o processamento das células. Quanto mais baixo o valor de declive, mais plano é o terreno; quanto mais alto o valor de declive, mais íngreme. Se existe um local da célula na vizinhança sem um valor de  $z$ , o valor  $z$  para a célula central será atribuído para o local. Na borda do *raster*, pelo menos, três células (fora da

extensão *raster*), irão conter dados nulos como valores de z. A essas células serão atribuídas o valor z da célula central. O resultado é um achatamento do plano 3x3m ajustado aos limites destas células, o qual normalmente conduz a uma redução do declive. A saída do declive *raster* pode ser calculada em dois tipos de unidades: graus ou porcentagem.

### Cálculo de Declividade

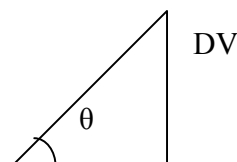
Para calcular a **declividade percentual**, divide-se a diferença de elevação (conhecido como distância vertical - DV) entre dois pontos, pela distância entre eles (conhecido como distância horizontal - DH), e, então, multiplica-se o resultado por 100.

Para calcular o **grau de declividade**, imagina-se DV e DH como catetos de um triângulo retângulo, sendo então o grau de declividade o ângulo oposto ao DV. Uma vez que o grau de declividade é igual à tangente da fração DV/DH, ele pode ser calculado como o arcotangente (ATAN) de DV/DH. Medidas de declividade em graus podem se aproximar de 90 graus e medidas de declividade em percentual podem tender ao infinito.

Graus de declividade:  $\theta$

a) Percentual de declividade:  $DV/DH \times 100$ ;

b)  $DV/DH = \text{Tangente } \theta$ ;



O diagrama abaixo mostra os valores de declividade correspondentes em graus e porcentagem.

Declividade (°)	30	45	76
Declividade (%)	58	100	373

### Algoritmo Declividade

A taxa de mudança (delta) para a superfície nas direções horizontal ( dz/dx) e vertical (dz/dy), a partir da célula central, determina a declividade. O algoritmo básico usado para calcular a declividade é:

$$Declividade\_Radianos = ATAN\left( \sqrt{[dz/dx]^2 + [dz/dy]^2} \right)$$

A declividade é geralmente medida em graus, com o uso do algoritmo:

$$Declividade\_Graus = ATAN\left( \sqrt{[dz/dx]^2 + [dz/dy]^2} \right) \times 57.29578$$

O algoritmo da declividade pode, também, ser interpretado como:

$$Declividade\_Graus = ATAN(DV\_DH) \times 57.29578$$

Onde:

$$DV\_DH = \sqrt{[dz/dx]^2 + [dz/dy]^2}$$

Os valores da célula central e de seus oito vizinhos determinam os deltas horizontais e verticais. Os vizinhos são identificados como letras de ‘a’ a ‘i’ com o ‘e’ representando a célula central para o qual o aspecto está sendo calculado.

a	B	c
d	E	f
g	H	i

A taxa de mudança na direção x para a célula 'e' é calculada com o algoritmo:

$$[dz / dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 \times tamanho\_célula)$$

A taxa de mudança na direção y para a célula 'e' é calculada com o seguinte algoritmo:

$$[dz / dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 \times tamanho\_célula)$$

#### Exemplo de cálculo de declividade:

Como um exemplo, o valor da declividade da célula central da janela móvel será calculado.

50	45	50
30	30	30
8	10	10

O tamanho da célula é 5 unidades. O padrão de medida da declividade em graus será usado.

A taxa de mudança na direção x para a célula central 'e' é:

$$[dz / dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 \times tamanho\_célula)$$

$$[dz / dx] = ((50 + 60 + 10) - (50 + 60 - 8)) / (8 \times 5)$$

$$[dz / dx] = (120 - 118) / (40)$$

$$[dz / dx] = 0.05$$

A taxa de mudança na direção y para a célula central 'e' é:

$$[dz / dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 \times tamanho\_célula)$$

$$[dz / dy] = ((8 + 20 + 10) - (50 + 90 + 50)) / (8 \times 5)$$

$$[dz / dy] = (38 - 190) / (40)$$

$$[dz/dy] = -3.8$$

Tomando a taxa de mudança nas direções x e y, a inclinação para a célula central 'e' é calculada usando:

$$DV\_DH = \sqrt{[(dz/dx)^2 + (dz/dy)^2]}$$

$$DV\_DH = \sqrt{[(0.05)^2 + (-3.8)^2]}$$

$$DV\_DH = \sqrt{[0.0025 + 14.44]}$$

$$DV\_DH = 3.80032$$

$$Declividade\_Graus = ATAN(DV\_DH) \times 57.29578$$

$$Declividade\_Graus = ATAN(3.80032) \times 57.29578$$

$$Declividade\_Graus = 1.31349 \times 57.29578$$

$$Declividade\_Graus = 75.25762$$

O valor inteiro de declive para a célula 'e' é 75 graus.

59	56	59
71	75	70
60	63	57

Através desta metodologia foi possível a caracterização da região do Sul de Minas Gerais, ressaltando o comportamento das áreas em relação às classes de declividade.

a) Aquisição do mapeamento das lavouras cafeeiras

A aquisição do mapeamento das áreas cafeeiras da área de estudo foi feita junto ao Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE). Desta forma, tornou-se possível a caracterização do posicionamento das lavouras cafeeiras nessa região. Na sequência foi efetuada operação zonal das áreas cafeeiras com as classes de declive no software ArcGis, sendo obtidas as áreas possíveis de mecanização das lavouras cafeeiras para o Sul/Sudoeste de Minas Gerais.

b) Comparação entre dados de declividade SRTM e IBGE

Os dados de declive advindos do levantamento SRTM, foram comparados com os dados do levantamento do IBGE para uma área conhecida do município de Machado. O objetivo dessa comparação foi validar e ter a dimensão da confiabilidade do banco de dados que está sendo utilizado neste estudo.

Os dados de declive, advindos do IBGE, foram adquiridos de um projeto que foi desenvolvido por (Moura, 2007) junto ao software Spring para o município de Machado. Primeiramente, para a obtenção da grade de declive pelo IBGE, foi feita a digitalização das curvas de nível (por meio do Modelo Numérico de Terreno - MNT do SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), sendo geradas grades no formato retangular com o interpolador de média ponderada por cota e por quadrante e no formato triangular (TIN - Triangulated Irregular Network), por meio da triangulação de Delaunay com a inserção de linhas de quebras. O desempenho das metodologias de geração de grades, foi testada e comparada, adotando-se o modelo triangular, que se adaptou adequadamente à escala do trabalho e apresentou a melhor modelagem do terreno (Moura, 2007). A partir da TIN foi produzida uma grade numérica de declividade, a qual foi fatiada em 6 intervalos correspondentes às



classes de declive apresentadas na Tabela 1, baseada em Lemos & Santos (1996), modificada por Andrade et al. (1998), obtendo-se um mapa temático de classes de declive.

TABELA 1. Correlação entre classes de declive e classes de relevo

<b>Classes de declive (%)</b>	<b>Classes de relevo</b>
0 – 3	Plano
3 – 12	Suave Ondulado
12 – 22	Ondulado
22 – 45	Forte Ondulado
45 -75	Montanhoso
>75	Escarpado

Fonte: Manual de Conservação dos Solos. Lemos e Santos (1996), modificada por Andrade et al. (1998).

Para a comparação foi feito um recorte na imagem do município de Machado, utilizando-se pixel de 30 x 30m e calculando-se, posteriormente, o coeficiente de correlação entre os dados do SRTM e IBGE.

A Tabela 2 apresenta a escala de aptidão de mecanização agrícola adotada neste trabalho em função das classes de declive.

TABELA 2. Classes de declive em relação à mecanização

<b>Classes de Declive</b>	<b>Mecanização</b>
0- 5%	Extremamente Apta
5- 10%	Muito Apta
10-15%	Apta
15-20%	Moderadamente Apta
>20%	Não Recomendada

### c) Validação do mapeamento das áreas cafeeiras

Para validação dos mapas das áreas cafeeiras utilizadas neste trabalho, foi efetuado um teste de comparação entre o mapeamento realizado e fornecido pelo INPE (Moreira, 2007), com um trabalho de mapeamento realizado pela EPAMIG, para uma mesma área no município de Machado (Geosolos, 2007).

O mapeamento das áreas cafeeiras, realizado pela EPAMIG, foi efetuado no software SPRING e o mapeamento executado pelo INPE, foi efetuado no software ArcGis. Esses mapeamentos, foram implementados com auxílio do software ArcGis, para possibilitar a comparação dos resultados sobre os quais foi calculado o coeficiente de correlação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Resultados de comparação das cenas de elevação dos levantamentos SRTM e IBGE

Os dados de declive com os seus fatiamentos para o município de Machado podem ser ilustrados pelas Figuras 2 e 3.

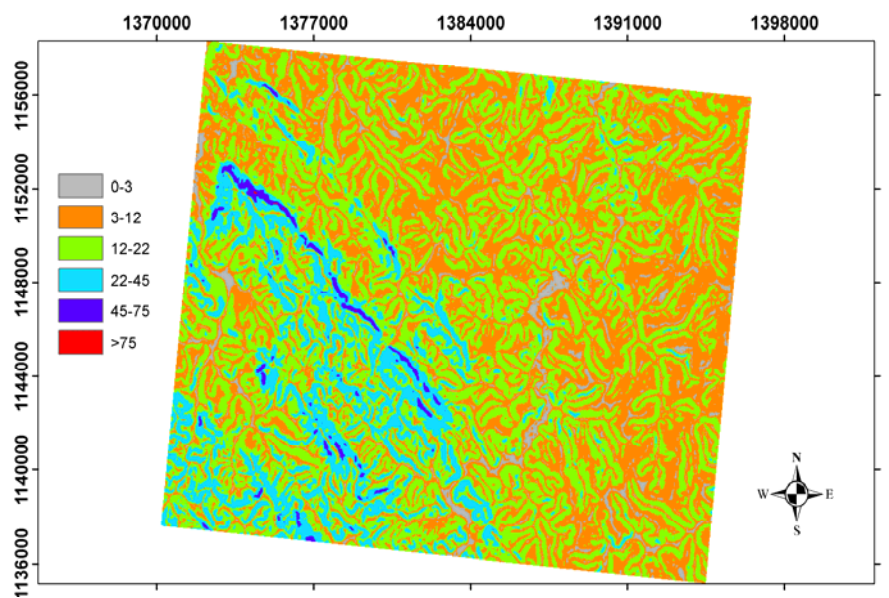


FIGURA 2. Classes Declive para o município de Machado - IBGE  
Fonte: (Moura, 2007).

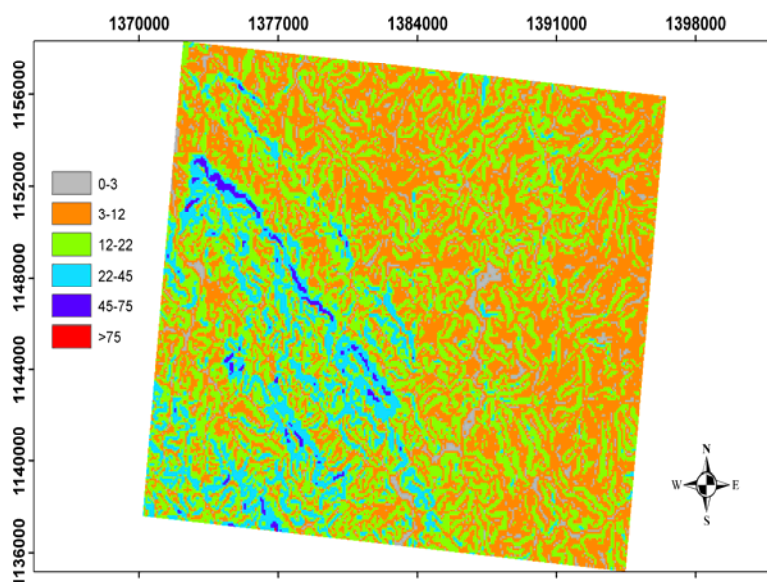


FIGURA 3. Classes de Declive para município de Machado – SRTM

Os resultados obtidos de declividade possibilitaram a comparação do fatiamento das classes de declividade do banco de dados (SRTM) com o fatiamento das classes de declividade segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conforme apresentado no Gráfico 1.

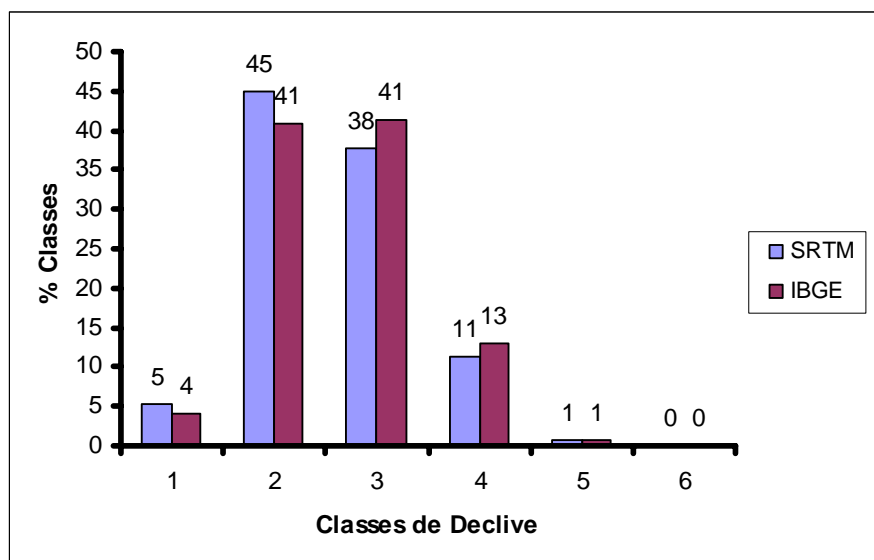


GRÁFICO 1. Comparação dados (SRTM) e dados (IBGE)

O fatiamento das cenas de declividade relativas ao município de Machado foi feito em 6 classes de declividade, conforme as classes de relevo apresentadas na Tabela1: classe 1 (0 a 3%), classe 2 ( 3-12%), classe 3 (12-22%), classe 4 (22-45%) , classe 5 (45-75%) e classe 6 ( >75%).

Os resultados de comparação do gráfico 1 permitem visualizar que as diferenças entre as cenas geradas, através do bando de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do (SRTM), foram baixas e variaram de 1 a 4 %. Para as classe 2 (3-12%) é que houve a maior variação de 4% e para a classe 3 (12-22%) a diferença foi de 3%, sendo que essas duas classes concentram 83,5% das áreas.

Os dados da cena das classes de declive, obtidos do IBGE para o município de Machado, sofreram uma triangulação Delaunay (TIN) em sua geração, que pode ter ocasionado a diferença nos resultados finais, quando comparados com os dados do SRTM. A análise de correlação estatística entre os

dois bancos de dados comparados, resultou em ( $R^2 = 0,99$ ), demonstrando a qualidade de ambas as fontes e validando a utilização da base de elevação SRTM, para este estudo.

#### **Levantamento das Classes de altitude e declividade para a região Sul Sudoeste de Minas Gerais**

Na Figura 4 os valores de altitude foram obtidos através do levantamento SRTM, na resolução de 90x90m, gerando um modelo digital de elevação. Os valores de altimetria foram fatiados em classes de altitude, obtendo o mapa temático das classes de altitude em metros para a região do Sul/Sudoeste de Minas Gerais.

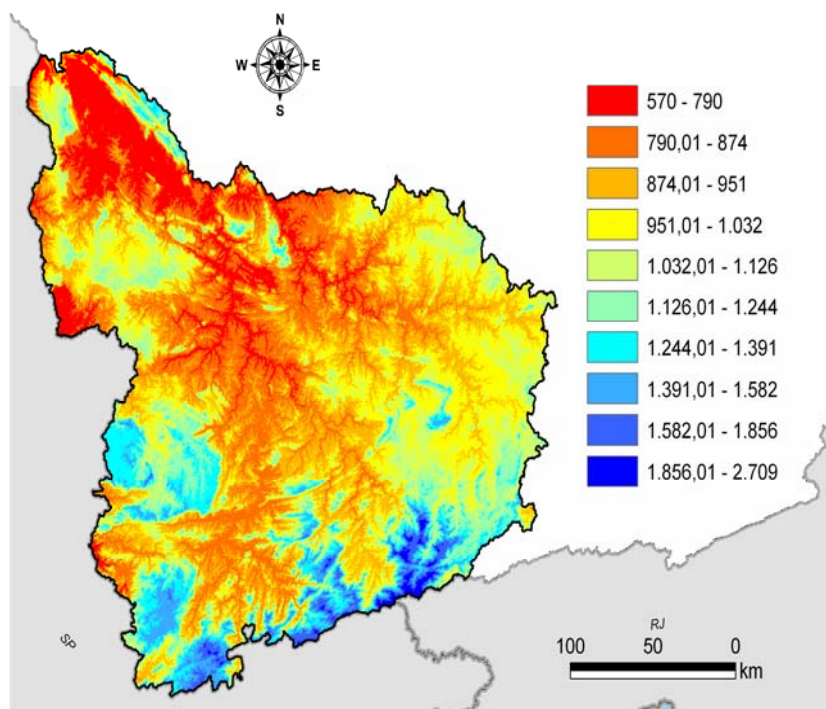


FIGURA 4. Classes de altitude em metros para a região Sul/Sudoeste de Minas Gerais.

A Figura 5, ilustra a caracterização das classes de declividade em porcentagem para a região do Sul e Sudoeste de Minas Gerais. As classes foram fatiadas de 0 a 40%, em intervalos de 5%.

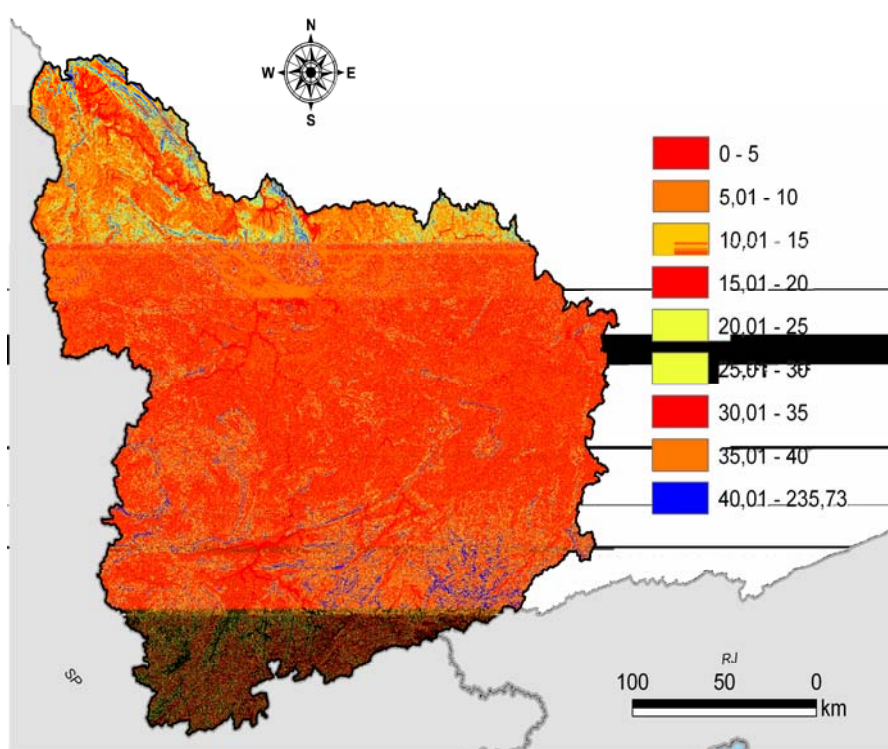


FIGURA 5. Declividade (%) para o Sul/Sudoeste de Minas Gerais.

O Gráfico 2 apresenta o resultado da distribuição, em hectares, das áreas territoriais da região do Sul/Sudoeste de Minas Gerais, em função da classe de declividade, considerando o levantamento SRTM, totalizando 6.200.595 ha. O levantamento feito através dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007), para os 156 municípios da região, totalizou 5.906.846 há (Apêndice A), com erro de apenas 4,97%, validando os bancos de dados utilizados.

O Gráfico 3, apresenta a distribuição porcentual dessas áreas, também, em função das suas classes de declive, demonstrando o fatiamento territorial de 879.190 ha, com declividades de 0 a 5% e sucessivamente 1.590.135 ha, com declividades de 5,01 a 10%; 1.478.673 ha com declividade de 10,01 a 15% e 892.736 ha com declividade de 15,01 a 20%, totalizando 4.840.734 ha de áreas classificadas como aptas de serem mecanizadas na região do Sul e Sudoeste de Minas Gerais.

Analisando os resultados, pode-se observar que existem 14,17% das áreas da região do Sul e Sudoeste de Minas, com declividades entre 0 e 5%; 25,64% das áreas, com declividades 5,01 a 10%; 23,84% com declividade 10,01 a 15% e 14,39% com declividade entre 15,01 e 20%, tratando-se de áreas aptas à mecanização.

Diante desses resultados obtidos do fatiamento das áreas territoriais da região do Sul/Sudoeste de Minas Gerais, conforme as classes de declividade, é possível inferir que o total 4.840.734 ha, tratam-se de áreas aptas de serem mecanizadas o que corresponde a 78% na região. Mesmo considerando o possível erro do levantamento SRTM de 4,97% a mais que o levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007), teríamos 4.598.697 ha de área aptas à mecanização o que representa 73% da região.



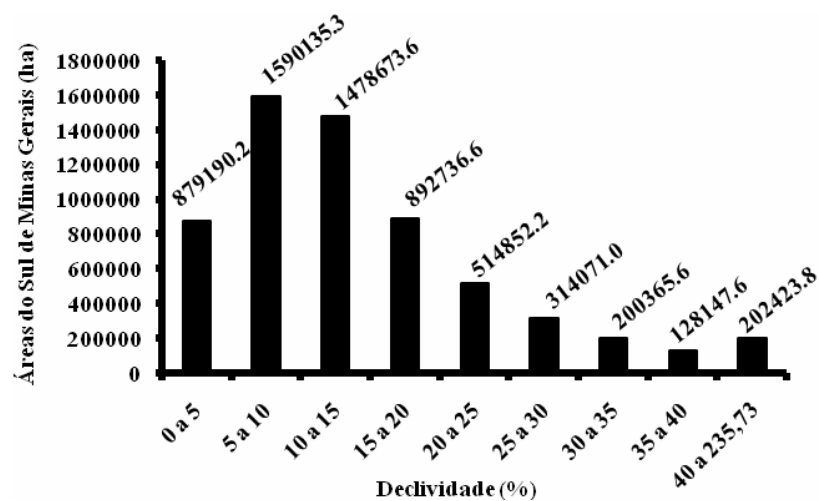


GRÁFICO 2. Fatiamento das áreas do Sul/Sudoeste de Minas Gerais, por classe de declividade.

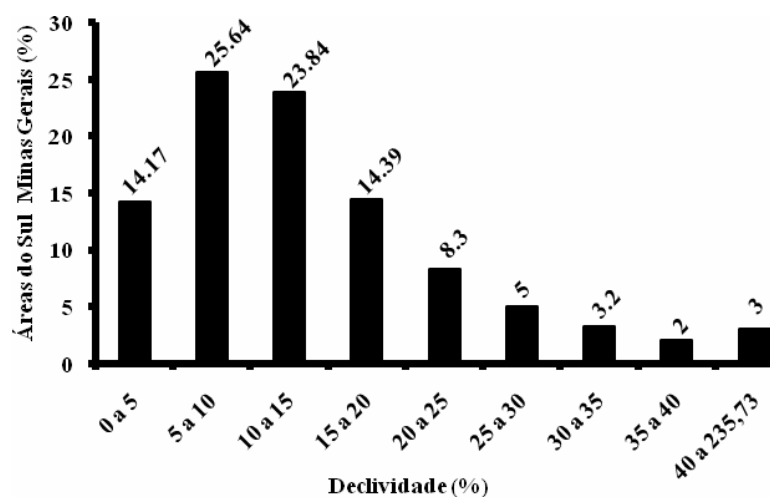


GRÁFICO 3. Distribuição percentual das áreas do Sul/Sudoeste de Minas Gerais por classe de declividade.

### **Comparação de Mapeamento das Áreas Cafeeiras para o município de Machado**

Igualmente para a validação do mapa das áreas de lavouras cafeeiras utilizadas neste estudo, conforme banco de dados fornecidos pelo INPE, foi separada uma cena referente às lavouras cafeeiras do município de Machado, conforme mostra a Figura 6, para ser comparada com a mesma cena gerada a partir do trabalho de levantamento feito pela EPAMIG, ilustrada na Figura 7.

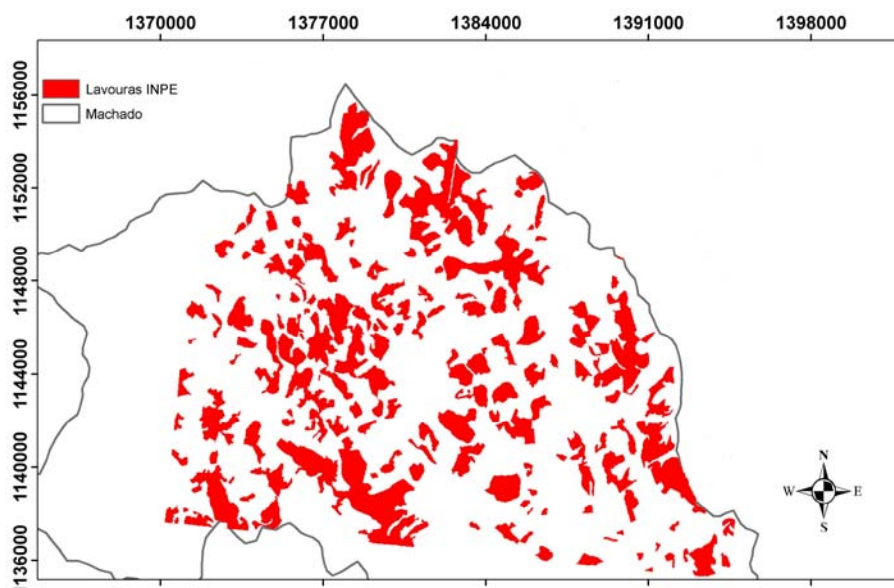


FIGURA 6. Lavouras cafeeiras do município de Machado  
Fonte: INPE (Moreira, 2007).

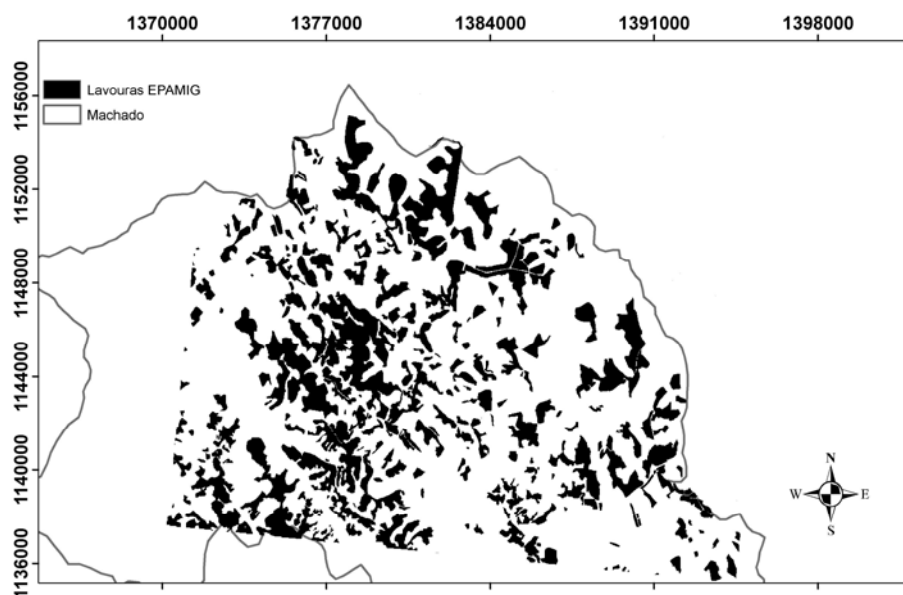


FIGURA 7. Lavouras cafeeiras do município de Machado  
 Fonte:EPAMIG (Geosolos, 2007).

A Figura 8 ilustra a sobreposição das senas anteriormente citadas, conforme mapeamentos feitos pelo INPE e EPAMIG.

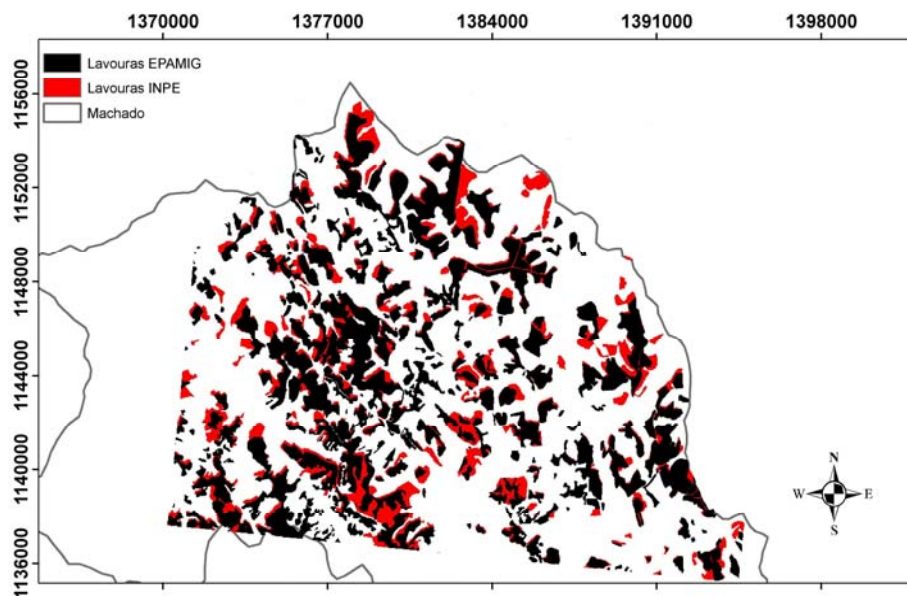


FIGURA 8. Sobreposição dos Mapeamentos das lavouras cafeeiras  
Fonte: (Moreira, 2007) e (Geosolos, 2007).

O mapeamento feito através do banco de dados fornecidos pelo INPE, totalizou 13.074 ha de lavouras cafeeiras dentro da cena considerada, enquanto que para o mapeamento realizado pela EPAMIG totalizou 12.897 ha, com diferença 174 ha, ou seja apenas 1,34% entre as áreas comparadas, com correlação de ( $R^2 = 0,98$ ) para as áreas mapeadas, o que mostra a boa qualidade de mapeamento de ambas as fontes, demonstrando a confiabilidade do banco de dados fornecidos pelo INPE e utilizado neste estudo.

A diferença apresentada pelos resultados pode estar ligada a fatores como a correlação entre as áreas calculadas em hectares por diferentes softwares, considerando as diferentes projeções adotadas (Albers de Equal area e UTM 23S), bem como a interpolação bicúbica, aplicada dentro do software Spring, para o cálculo das áreas mapeadas de café efetuado pela EPAMIG.

A Figura 9 ilustra o mapa da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais e a Figura 10 apresenta a distribuição territorial das lavouras cafeeiras da área de estudo com 151 municípios dentro desta região, excluindo as sub-regiões de Santo Antonio do Amparo e Campo Belo, conforme mapeamento do INPE.

A área de estudo, com 151 municípios, sub-totalizou 5.648.464 ha, o que representa 91,1% da área territorial da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Dentro desta área de estudo o levantamento fornecido pelo INPE totalizou 423.367 ha de lavouras cafeeiras, enquanto que os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007). (Apêndice B) foi de 464.138 ha, com média de 443.752 ha de lavouras cafeeiras entre essas duas fontes analisadas.



O cruzamento das áreas de lavouras cafeeiras interpretadas pelo INPE (Moreira, 2007), com a classe de declividades da região é ilustrada pela Figura 11.

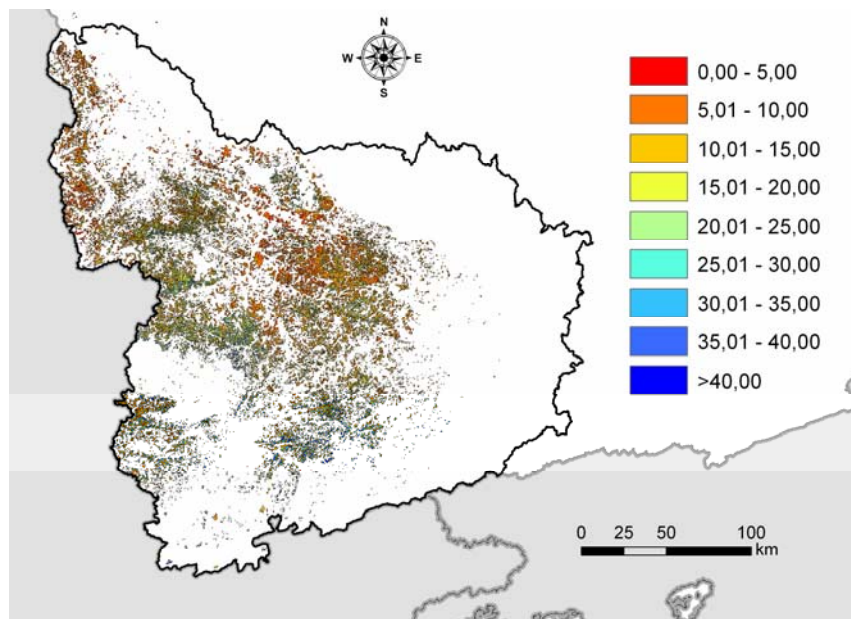


FIGURA 11 Representação das lavouras cafeeiras para a área de estudo, com contorno fusionado com a declividade em (%).

O Gráfico 4, apresenta os resultados da distribuição de ocupação territorial das lavouras cafeeiras em hectares dentro da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais em função das classes de declive.

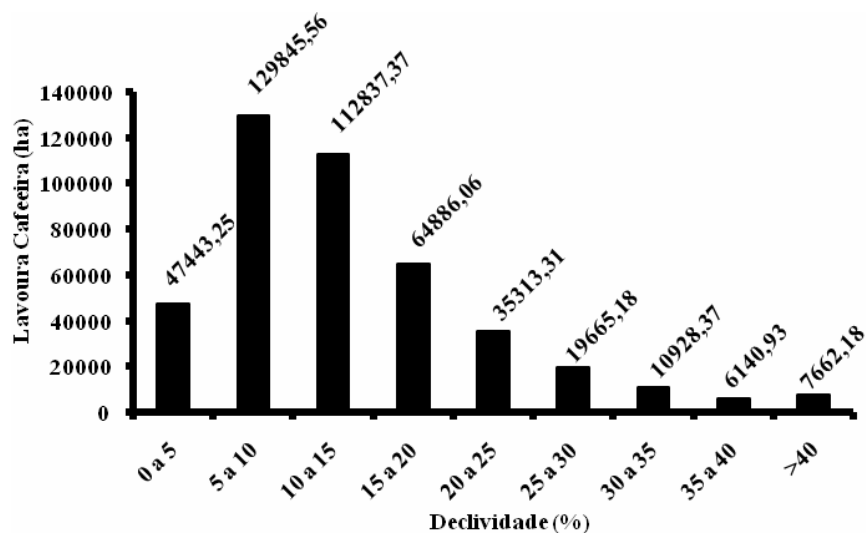


GRÁFICO 4 Distribuição das áreas de ocupação das lavouras cafeeiras por classe de declividade

Os resultados obtidos do cruzamento das áreas de lavouras cafeeiras interpretadas pelo INPE, com a classe de declividades da região demonstram um total 434.230 ha de lavouras cafeeiras dentro da área de estudo, que comparado com o valor médio de 443.752 ha (Apêndice B), apresenta uma diferença de 2,1%, muito próxima da diferença de 1,34%, apresentada no estudo de validação do mapeamento das áreas cafeeiras do município de Machado.

Deste total de 434.230 ha de lavouras cafeeiras para a área de estudo, 47.443,25 ha são de lavouras que estão dentro da faixa de declividades de 0 a 5%; 129.845,56 ha dentro da faixa de 5,01 a 10%; 112.837,37 ha na faixa de 10,01 a 15% e 64.886,06 ha na faixa de 15,01 a 20%, totalizando a área de 355.012 ha, de lavouras cafeeiras aptas de serem mecanizadas.

O Gráfico 5, apresenta os resultados da distribuição percentual de ocupação das lavouras cafeeiras dentro da área de estudo em relação às classes de declive. Observa-se que 10,91% das lavouras estão na faixa de declividades



de 0 a 5%; 29,87% das lavouras em declividades de 5,01 a 10%; 25,96% em declividades de 10,01 a 15% e 14,93% em declividades de 15,01 a 20%, totalizando 81,67% de ocupação das lavouras cafeeiras em áreas com declividades de até 20%. Considerando a diferença do levantamento SRTM de 4,97% a mais que o levantamento do IBGE, teríamos pelo menos 337.261ha de lavouras aptas a serem manejadas mecanicamente, que representa 76% das lavouras da região, salientando contudo, que neste estudo não foi considerado o espaçamento de plantio das lavouras.

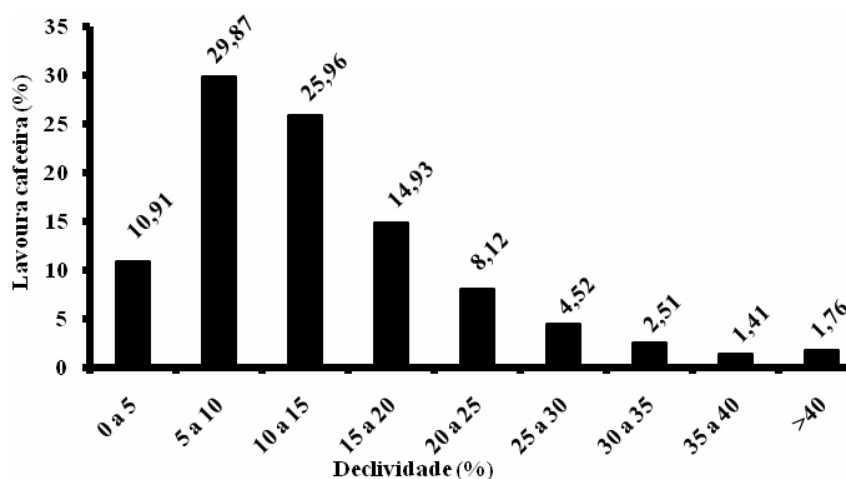


GRÁFICO 5 Distribuição percentual de ocupação das áreas cafeeiras por classe de declividade.

Os resultados obtidos dentro dos estudos realizados nos permitem afirmar que a grande maioria das lavouras cafeeiras apresentam topografia que possibilitam o manejo mecanizado.

Especificamente com relação à operação de colheita mecanizada, quando se consideram declividades de até 15%, dentro da escala de aptidão de mecanização adotada (tabela2), obtém-se a área de 290.126 ha de lavouras que se enquadram como aptas, o que representa 49% das áreas de abrangência do estudo. No entanto precisamos averiguar quais seriam os modelos de colhedoras mais apropriadas para operar na colheita das diversas lavouras, respeitando a declividade máxima de trabalho recomendada para cada máquina, propiciando maior e mais segura eficiência nas operações de colheita do café.

## 4 CONCLUSÕES

As geotecnologias utilizadas no desenvolvimento deste trabalho mostraram-se eficientes para a obtenção dos resultados.

Através da caracterização das áreas territoriais do Sul e Sudoeste de Minas Gerais, em relação às classes de declive, 4.598.697 ha, trata-se de áreas aptas de serem mecanizadas, o que representa 73% da região.

Baseado no posicionamento das lavouras cafeeiras da área de estudo, em relação às faixas de declividade da região Sul e Sudoeste de Minas Gerais, pelo levantamento SRTM, 355.012 ha trata-se de lavouras aptas ao manejo mecanizado, o que corresponde a 81% das lavouras da região.

Considerando a diferença de 4,97% a menos, para a área total da região Sul e Sudoeste apresentada pelo levantamento do IBGE, em relação ao levantamento SRTM, ao menos 337.261 ha trata-se de lavouras com declividade de até 20%, caracterizando-se como aptas à mecanização agrícola o que corresponde a 76% das lavouras cafeeiras da região.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, H. et al. Comparação entre dois processos de extração de classes de declividade. In: PIBIC, 6.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 11., 1998, Lavras. **Anais...** Lavras, MG: UFLA/GEOMINAS, 1998. vol.1, p.120-120. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br>>. Acesso em: Ago. 2008.

GEOSOLO.S. Mapas interativos por municípios. Disponível em: <<http://www.epamig.br/geosolos/mapa.php>> . Acesso em 06 fev. 2008.

GOUVÊA, J. R. F., VALLADARES, G. S.; OSHIRO, O. T.; MANGABEIRA, J. A. de C. Comparação dos modelos digitais de elevação gerados com dados SRTM e cartas IBGE na escala 1:250.000 na região da bacia do Camanducaia no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p.2191-2193.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População – contagem população. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Contagem\\_da\\_populacao\\_2007](ftp://ftp.ibge.gov.br/Contagem_da_populacao_2007)>. 1 set. 2008.

JARVIS, A.; RUBIANO, J.; NELSON, A.; FARROW, A.; MULLIGAN, M. **Practical use of SRTM data in the tropics – Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data**. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2004. 32p. (Workin Document,198).

MINAS GERAIS, Assembléia Legislativa. Municípios Mineiros. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/index.asp?Grupo=estado&diretorio=munmg&arquivo=municipios&municipio=14600>>. Acesso. Acesso em: 15 Set. 2007.

MOREIRA, M.A.; RAFAELLI, D.R.; BARROS, M.A. **Uso da Geotecnologia para avaliar e monitorar a cafeicultura Brasileira: fase I – Estado de Minas Gerais**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. 85p.

MOURA, L. do. C. **A ocupação espaço-temporal dos cafezais no município de Machado, no Sul de Minas: a relação entre aptidão agrícola da terra e**

**seu uso na atividade cafeeira**, 2007, 127p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.  
OLIVEIRA, M.R. de.; LOPES, E.E. Comparação entre os modelos de elevação gerados com dados SRTM e cartas do mapeamento sistemático nacional na escala de 1:50.000. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007 Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.5987-5994. 1 CD-ROM.

SEBRAE. **Projeto “Diagnóstico sobre o sistema agroindustrial de cafés especiais e qualidade superior do estado de Minas Gerais”**. São Paulo: Sebrae, 2001.153p.

SRTM. Dados para Download. Disponível em:  
<<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/mg/mg.htm>>. Acesso em: 10 out. 2007.

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. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 72p.

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

### **CAPÍTULO 3**

#### **Potencialidade de expansão do sistema mecanizado de colheita das lavouras cafeeiras no Sul e Sudoeste de Minas Gerais**

## RESUMO

REZENDE, Fabiano. A. Potencialidade de expansão do sistema mecanizado de colheita das lavouras cafeeiras no Sul e Sudoeste de Minas Gerais.. In: \_\_\_\_ **Determinação das áreas cafeeiras mecanizáveis no Sul de Minas Gerais com cenários para a colheita**. 2008. Cap. 3, p.65-78. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG\*.

Dentre os sistemas de colheita da lavoura cafeeira, o sistema semi-mecanizado ou mecanizado apresentam-se como alternativa para a baixa disponibilidade de mão-de-obra e aos elevados custos da colheita manual, apesar do sistema manual ser o mais difundido. Dessa forma, o uso de colheita mecanizada do café vem se tornando um processo crescente e irreversível na região Sul/Sudoeste de Minas Gerais. O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o potencialidade de expansão do sistema mecanizado de colheita das lavouras cafeeiras no Sul/Sudoeste de Minas Gerais, em lavouras com declividade de até 15%. Para a realização do estudo adotaram-se duas condições operacionais para a colheita mecanizada do café, sendo que na primeira, foi considerada uma única passada da colhedora na lavoura, com desempenho operacional de 250 ha por colhedora por safra e, na segunda, consideraram-se duas passadas da colhedora na lavoura, no sistema de colheita seletiva, com desempenho operacional de 150 ha por colhedora por safra. Concluiu-se que, para atender a área de 290.126 ha de lavouras cafeeiras aptas à colheita mecanizada, seriam necessárias 1160 máquinas para o caso de se fazer a colheita com uma única passada da colhedora ou 1934 colhedoras para se fazer a colheita seletiva com duas passadas nas lavouras.

Palavras-Chaves: colheita mecanizada, cafeicultura, colhedoras de café.

---

\* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Orientador); Dr<sup>a</sup>. Helena Maria Ramos Alves – EMBRAPA - CAFÉ (Co-orientadora).

## ABSTRACT

Rezende, Fabiano. A. Expansion potencial of the mechanized harvest system in the coffee plantations in the South and Southwest of Minas Gerais State. In:-----  
**Determination of the coffee areas in the South of Minas Gerais State which are able for mechanization, with scenarios for harvest.** 2008. Chap.3, p.65 through 78. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) - Federal University of Lavras, Lavras, MG\*.

Among the coffee harvest systems either the semi-mechanized or the mechanized system has been found to be an alternative to cope with both the lack of workmanship and the high costs involving the manual harvest, although the latter is very popular. For this reason the the use of the mechanized coffee harvest has been increasing and irreversible in Minas Gerais South/Southwest region. This work was carried out with the objective of evaluating the expansion potencial of the mechanized coffee harvest system in Minas Gerais South/Southwest coffee plantations with a slope level up to 15%. Two operational procedures were adopted, as follows: in the first one the harvest machine was used only once on the coffee plantation. Each harvester worked in a capacity of 250 ha per year. In the second procedure it was used twice, in a selective harvest system. Each harvester worked in a capacity of 150ha per year. It was concluded that 1,160 machines would be needed for a 290,126 ha coffee plantation area in case each machine were used only once per harvest. If a slective harvest is desired, 1934 harvesters would be needed.

Keymords: mechanized harvest, coffee production, harvest machine

---

\* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser);  
Dr<sup>a</sup>. Helena Maria Ramos Alves – EMBRAPA - CAFÉ (Co-adviser).



## **1 INTRODUÇÃO**

A colheita do café é uma operação complexa, pois constitui-se de uma série de operações, tais como a arruação, derriça, varrição, recolhimento, abanação e transporte, devendo ser iniciada quando a maior parte dos frutos estiverem maduros e antes que se inicie a queda dos frutos verdes.

A mecanização agrícola aumentou, consideravelmente, a capacidade produtiva da mão-de-obra rural. Um homem operando uma máquina agrícola pode realizar trabalho equivalente a 50, 100 e até 200 homens, contribuindo significativamente para o desenvolvimento do processo produtivo. Esses números têm sido constatados em campo, a exemplo, para a capina manual do cafezal, segundo Silveira (1990). Um homem faz, em média, 150 covas por dia, e com um conjunto de trator e grade, um operador é capaz de fazer 1000 covas por hora, ou seja, aproximadamente 7500 covas por dia, o equivalente ao trabalho de 50 homens.

Dentre os sistemas de colheita da lavoura cafeeira, o sistema semi-mecanizado ou mecanizado apresentam-se como alternativa para a baixa disponibilidade de mão-de-obra e aos elevados custos da colheita manual, apesar do sistema de colheita manual ser o mais difundido, podendo ser denominado de convencional.

Segundo Kashima (1990), a possibilidade de mecanização da colheita é a grande saída para o país continuar com a liderança mundial de café, através da competitividade nos custos e na qualidade do produto. O Diagnóstico da Cafeicultura de Minas Gerais, conforme dados da Federação da Agricultura do Estado de Minas Gerais (1996), registra que do montante de mão-de-obra empregada na lavoura cafeeira, 57% são ocupados pelas operações de colheita e

preparo. Por outro lado, dados Anuário Estatístico do Brasil (1996), demonstram que a cada ano a mão-de-obra rural torna-se menor, quando comparada à mão-de-obra urbana, o que já é um fator agravante para o setor produtivo agrícola, frente à expansão das áreas plantadas com café. Por sua vez, segundo Cruz Neto & Matiello (1981), a colheita demanda 40% da mão-de-obra empregada, o que representa 30% do custo de produção.

A colheita mecanizada de café no sul de Minas Gerais tem promovido a melhoria da qualidade do produto e redução de perdas, aumentando os lucros dos cafeicultores.

Mesmo não apresentando boas características para o emprego da colheita mecanizada, essa se difundiu no Sul de Minas Gerais, maior região produtora de café do Brasil, a partir de 1996. Atualmente, um número crescente de produtores tem adotado essa prática, fazendo uso de colhedoras tracionadas ou automotrizes (Silva et al., 2001).

Dessa forma, o uso de colheita mecanizada do café vem se tornando um processo crescente e irreversível no Sul de Minas Gerais, devido à necessidade dos produtores de realizarem uma colheita rápida com benefícios diretos na redução de custos e qualidade de bebida (Silva et al., 1998).

Silva et al.(1999) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora e observaram uma redução nos custos de 62% em relação à colheita manual.

Bertoldo & Mello (2007) fizeram um estudo que visa a estudar técnicas de geoprocessamento como uma ferramenta de análise e evolução do relevo e a obtenção do mapa de distribuição e quantificação das áreas do uso e ocupação da terra e, também, das áreas ocupadas pela cultura cafeeira na região de Eloi Mendes-MG. Concluíram que, 40% da área plantada teriam condições de serem

colhidas mecanicamente pela colhedora (K3-Jacto), recomendada para operar até 10%.

Diante do exposto, o sistema mecanizado de colheita do café, que se utiliza de colhedoras automotrizes ou tracionadas, vem ganhando espaço na região Sul/Sudoeste de Minas Gerais, devido ao eficiente desempenho operacional com menor custo e, sobretudo, em atendimento à decrescente disponibilidade de mão-de-obra rural. Desta forma este trabalho procura levantar a potencialidade de expansão da colheita mecanizada na região.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Para o levantamento da potencialidade de expansão do sistema de colheita mecanizada das lavouras cafeeiras na região Sul/Sudoeste de Minas Gerais, utilizaram-se os resultados do levantamento das lavouras cafeeiras da região, conforme resultados do Gráfico 4, apresentado no Capítulo 2, considerando declividades de até 15%.

O dimensionamento da relação de área trabalhada por máquina foi feito adotando-se duas condições operacionais distintas para a colheita mecanizada do café, sendo que na primeira, considerou-se uma única passada da colhedora na lavoura e na segunda consideraram-se duas passadas da colhedora.

Na primeira condição, tomou-se por referência o desempenho médio operacional das colhedoras de café, citado por (Silva, 2004), com média de 4 horas-máquina de serviço por hectare, mediante o tempo referencial de 1000 horas de trabalho por safra para a depreciação da máquina, que resulta na área média de 250 ha por colhedora por ano, passando uma única vez na lavoura, salientando que nessa condição a eficiência de colheita é de 85% da carga pendente, restando 15% para serem colhidos na operação manual denominada de repasse.

Na segunda condição, buscando eliminar a operação de repasse manual, muitos produtores passaram a fazer a colheita em duas etapas: a primeira, colhendo-se mecanicamente o máximo possível de café maduro e, a segunda colhendo-se o restante dos frutos, no intervalo de 20 a 30 dias depois, caracterizando a colheita com duas passadas da colhedora na lavoura (Silva et al., 2002).

Na condição de duas passadas, a colhedora opera em velocidades mais elevadas, com desempenho médio de 3,5 horas-máquina de serviço por hectare.

Mantendo-se o mesmo tempo referencial de 1000 horas de trabalho por safra, resulta na área de 150 ha por colhedora por ano.

A crescente demanda pela mecanização agrícola no Sul de Minas Gerais, em especial para a colheita mecanizada das lavouras cafeeiras, fez com que as empresas colocassem no mercado diversos modelos de colhedoras, como demonstra a Tabela 3. As especificações técnicas desses modelos de colhedoras fabricadas no Brasil são apresentadas no anexo A, podendo-se observar que os modelos, sejam tracionadas ou automotrizes são recomendadas para operarem em declividades variadas, sempre respeitando o limite de segurança.

TABELA 3. Características técnicas das colhedoras de café.

Modelos	Altura	Altura de Colheita	Comprimento	Largura	Declividade recomendada
Unidade (m)					(%)
K-3	4,95	4,55	5	3,75	10
KTR Adv.	5,32	3,7	5	3	10
C.Expre.100	3,5	3,8	4,6	3,5	12
C.Expre.200	3,27	3,8	5,22	3,5	15
Torn. Box	3,9	3,6	5	3,55	15
Torn. Evo.	3,9	3,6	5	3,55	12
Torn. Tra.	3,9	3,6	5,2	3	15
Elec. Aut.	3,8	3,9	5,13	3	30
Elec. Tra.	4,02	3,9	4,7	3,2	12

FONTE: Jacto(2008), TDI Maquinas Agrícolas(2008), Case (2008) e Matão Equipamentos (2008).

As colhedoras modelo K3 e KTR *advance*, fabricados pela empresa “Jacto Máquinas Agrícolas S. A.”, são recomendadas para operarem com segurança em declividades de até 10%. Já os modelos Coffee Express 100 e Coffee Express 200, fabricados pela “Case”, são recomendados para operarem em declividades de 12 e 15%, respectivamente. Os modelos Electron Tracionada

e Electron Automotriz, fabricados pela “TDI equipamentos”, conseguem executar operações em declividades de até 12% e 30% respectivamente. As colhedoras modelos Tornado Box, Tornado Traction e Tornado Evolution, fabricados pela “Matão Equipamentos” podem operar em declividades de 15%, 15% e 12%, respectivamente. Esses dados fornecidos pelos fabricantes, para cada modelo de colhedora, podem ser considerados para a definição das máquinas que chegam a operar de forma mais segura em função da declividade média da lavoura ou da região.

O que tem se verificado na prática, para o Sul de Minas Gerais, é que os diversos modelos têm operado em declividade média de até 15%, chegando em alguns casos a 20%, o que envolve risco e exige operador muito experiente. Observa-se que a maior limitação em operar em declividades maiores de 20%, não o fato das máquinas se deslocarem nas linhas dos cafeeiros que estão dispostas em nível, mas, sim, as manobras nos carregadores, que normalmente seguem a direção da declividade, o que justifica a limitação deste estudo para declividades de até 15%.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resultados do Gráfico 4, que apresenta a distribuição de ocupação territorial das lavouras cafeeiras da área de estudo em função das classes de declive, do total de 434.230 ha de lavouras cafeeiras, 47.443,25 ha são de lavouras que estão dentro da faixa de declividades de 0 a 5%; 129.845,56 ha dentro da faixa de 5,01 a 10% e 112.837,37 ha na faixa de 10,01 a 15%, totalizando a área de 290.126 ha, de lavouras. Dentro dessa distribuição, 10,91% das lavouras estão na faixa de declividades de 0 a 5%; 29,87% das lavouras em declividades de 5,01 a 10% e 25,96% em declividades de 10,01 a 15%, totalizando 66,74% de lavouras cafeeiras com até 15% de declividade ou seja, aptas a serem colhidas mecanicamente.

É importante destacar que 40,78% das lavouras cafeeiras enquadram-se na faixa com até 10% de declividade, resultado também encontrado por Bertoldo & Mello (2007), que desenvolveram estudo de ocupação das áreas cafeeiras na região de Eloi Mendes-MG, concluindo que, 40% da área plantada teriam condições de serem colhidas mecanicamente pela colhedora (K3-Jacto), recomendada para operar até 10%.

Para atender a área de 290.126 ha de lavouras cafeeiras aptas à colheita mecanizada, seriam necessárias 1160 máquinas para o caso de se fazer a colheita com uma única passada da colhedora ou 1934 colhedoras para se fazer a colheita seletiva com duas passadas nas lavouras.

A Tabela 4 apresenta os dados de colhedoras de café comercializadas no Sul/Sudoeste de Minas Gerais e no Brasil até o ano de 2007. Observa-se que na região Sul/Sudoeste de Minas Gerais estão situadas 478 colhedoras, que representam 29,3% do total de 1631 colhedoras comercializadas até 2007, sendo que 75% são modelos de máquinas tracionadas e 25% modelos automotrizes.

Dentro do estudo de potencialidade de expansão da colheita mecanizada para a região Sul/Sudoeste de Minas Gerais, seria necessária a inclusão de mais 682 a 1456 colhedoras, respectivamente, para o sistema de colheita única ou colheita seletiva com duas passadas da colhedora na lavoura.

TABELA 4. Dados de Vendas de Colhedoras do Sul de Minas Gerais e Brasil

Período	Modelo	TOTAL	
		Sul/Sudoeste de Minas Gerais	Brasil
1981 a 2007	K3 – automotriz	46	302
1997 a 2007	KTR – tracionada	120	409
2003 a 2007	Electron-tracionada	43	62
2003 a 2007	Electron-automotriz	61	112
2002 a 2007	Coffee Ex.100 autom	8	187
2002 a 2007	Coffee Ex.200 tracion	48	12
1998 a 2007	Linha Tornado	152	547
Até 2007	Tornado automotriz	363	1197
Até 2007	Automotrizes	115	434
<b>Até 2007</b>	<b>Total</b>	<b>478</b>	<b>1631</b>

FONTE: Jacto(2008), TDI Maquinas Agrícolas(2008), Case (2008) e Matão Equipamentos (2008).



#### **4 CONCLUSÕES**

Com os resultados do estudo sobre o potencial de expansão da colheita mecanizada dentro da área de estudo, que compreende 91% da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais, chegou-se às seguintes conclusões:

Do total das áreas territoriais ocupadas com lavouras cafeeiras 290.126 há, apresentam declividade de até 15%, enquadrando-se como aptas ao sistema de colheita mecanizada.

A frota de colhedoras situadas na região até 2007, 478 unidades, têm a capacidade de atender apenas 41% da potencialidade de colheita mecanizada.

Para atender a expansão do sistema de colheita mecanizada seriam necessárias 1160 máquinas para o caso de se fazer a colheita com uma única passada da colhedora ou 1934 colhedoras para se fazer a colheita seletiva com duas passadas nas lavouras.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1996, v.56.

BERTOLDO, M. A.; DE MELLO, A. J. H. Uso de técnicas de geoprocessamento para avaliação de áreas com classes de declive que permita tráfego de colheita mecânica na região de Eloí Mendes-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Selper, 2007. p-2323-2329.

CASE. Produtos – Colhedoras de café. Disponível em: <<http://www.caseih.com/products/series.aspx?seriesid=898&navid=87&RL=POLA>>. Acesso em 12 abril 2008.

CRUZ NETO, F.; MATIELLO, J. B. Estudo comparativo de rendimento de colheita entre cultivares Mundo Novo e Catuaí, em lavouras com diferentes níveis de produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9., 1981, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFE, 1981. p.329-333.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico da cafeicultura em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Faemg/Sebrae (MG), 1996. 15p.

JACTO. Colhedoras. Disponível em <<http://www.jacto.com.br/portugues.html>>. Acesso em: 18 abril 2008.

KASHIMA, T. A. Colheita mecanizada do café: produtos, desempenho e custos. In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1990, p. 234-246.

KASHIMA, T. A colheita mecanizada do café: produtos, desempenho e custos. In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1990, p. 234-246.

MATÃO EQUIPAMENTOS. Produtos. Disponível em : <<http://www.mataoequipamentos.com.br/php/index.php?id=8&lng=pt&cat=12>>. Acesso em: 5 maio 2008.

SILVA, F.M. **Colheita mecanizada e seletiva do café**: cafeicultura empresarial, produtividade e qualidade. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2004. p.75.

SILVA, F. M.; CARVALHO JR., C.; SALVADOR, N.; KASHIMA, A. E.; BORÉM, F. M. Influência da colheita mecanizada com distintas passadas da colhedora a qualidade do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. 27., 2001, Uberaba. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2001. p.213-215.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, E.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p.150-152.

SILVA, F. M.; RODRIGUES, R. F.; SALVADOR, N. Avaliação da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora de café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 1999. p. 348-350.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; MARTIN, W. G. Desempenho operacional da colheita mecanizada com varias passadas da colhedora de café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p.232-234.

SILVEIRA, G. M. Condução mecanizada da lavoura do café. In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas.**Anais...**Campinas: Fundação Cargill, 1990. p.225-228.

TDI MAQUINAS AGRÍCOLAS. Produtos. Disponível em:  
<<http://www.tdimaquinas.com.br/portugues.htm>>. Acesso em 12 maio 2008.

## ANEXOS

ANEXO A – LISTA DE TABELAS.....	79
ANEXO B – LISTA DE FIGURAS.....	80
ANEXO C – LISTA DE GRÁFICOS.....	81

## ANEXO A – LISTA DE TABELAS

<b>ANEXO A</b>	<b>Página</b>
TABELA 1	Correlação entre classes de declive e classes de relevo.....43
TABELA 2	Classes de declive em relação à mecanização.....44
TABELA 3	Características técnicas das colhedoras de café.....71
TABELA 4	Dados de vendas de colhedoras do Sul de Minas Gerais e Brasil.....74

## ANEXO B – LISTA DE FIGURAS

<b>ANEXO B</b>	<b>Página</b>
FIGURA 1	Mapa de Minas Gerais, com destaque da mesorregião Sul/Sudoeste...35
FIGURA 2	Classes Declive para o município de Machado – IBGE.....45
FIGURA 3	Classes de Declive para município de Machado – SRTM.....46
FIGURA 4	Classes de altitude (m) para a região Sul/Sudoeste de Minas Gerais...48
FIGURA 5	Declividade (%) para o Sul/Sudoeste de Minas Gerais.....49
FIGURA 6	Lavouras cafeeiras do município de Machado – INPE.....52
FIGURA 7	Lavouras cafeeiras do município de Machado – EPAMIG.....53
FIGURA 8	Sobreposição dos Mapeamentos de Café – INPE/EPAMIG.....54
FIGURA 9	Limite Municipal do Sul/Sudoeste de Minas e seis municípios do Campo das Vertentes.....56
FIGURA 10	Áreas cafeeiras no Sul/Sudoeste de Minas .....56
FIGURA 11	Representação das lavouras cafeeiras com contorno fusionado com a declividade.....57

## ANEXO C – LISTA DE GRÁFICOS

<b>ANEXO C</b>	<b>Página</b>
<b>GRÁFICO 1</b>	Comparação dados (SRTM) e dados (IBGE).....47
<b>GRÁFICO 2</b>	Fatiamento das áreas do Sul/Sudoeste de Minas Gerais, por classe de declividade.....51
<b>GRÁFICO 3</b>	Distribuição porcentual das áreas do Sul/Sudoeste de Minas Gerais por classe de declividade.....51
<b>GRÁFICO 4</b>	Distribuição das áreas de ocupação das lavouras cafeeiras por classe de declividade .....58
<b>GRÁFICO 5</b>	Distribuição porcentual de ocupação das áreas cafeeiras por classe de declividade.....59

## **APÊNDICE**

<b>APÊNDICE A</b> População recenseada e área territorial dos municípios da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais – 2007.....	84
<b>APÊNDICE B</b> Resultados mapeamento das áreas de café para Mesorregiões, Microrregiões e Municípios do Sul/Sudoeste de Minas Gerais ( INPE e IBGE).....	90



**APÊNDICE A – Áreas territoriais e população dos municípios do Sul/Sudoeste de Minas**

Microrregiões	Municípios	Área (km²)	População Rural	População Urbana	População Total
Alfenas – Sul/Sudoeste	Alfenas	848,320	4.466	67.162	71.628
	Alterosa	366,101	3.455	9831	13.286
	Areado	280,754	2.237	10.944	13.181
	Carmo R. Claro	1.065.000	5.629	13.851	19.480
	Carvalhópolis	80,703	923	2311	3.234
	Conc. da Apare.	349,489	4.289	5926	10.215
	Divisa Nova	216,697	1.111	4508	5.619
	Fama	86,132	762	1457	2.219
	Machado	583,752	7.138	30.429	37.567
	Paraguaçu	425,026	3.781	15.822	19.603
	Poço Fundo	474,228	6.224	9.126	15.350
	Serrania	211,120	1.050	6.320	7.370
	<b>Sub-total</b>	<b>4987,322</b>	<b>41.065</b>	<b>177.687</b>	<b>218.752</b>
Andrelândia - Sul/Sudoeste	Aiuruoca	650,069	2.967	3.132	6.099
	Andrelândia	1.004,536	2.644	9.391	12.035
	Arantina	89,382	200	2.344	2.544
	Boca. de Minas	501,446	2.619	2.415	5.034
	Bom Jard. de M.	395,289	844	5.637	6.481
	Carvalhos	282,587	2.202	2.409	4.611
	Cruzília	523,470	1.464	13.192	14.656
	Liberdade	402,242	1.631	3.702	5.333
	Minduri	220,425	464	3.139	3.603
	Passa-Vinte	245,649	797	1.285	2.082
	São V. de Minas	392,067	984	5.299	6.283
	Seritinga	114,451	348	1.407	1.755
	<b>Sub-total</b>	<b>5034,106</b>	<b>17.650</b>	<b>54.929</b>	<b>72.579</b>

Continua...

Microrregiões	Municípios	Área Km²	População Rural	População Urbana	População Total
Itajubá – Sul/Sudoeste	Brasópolis	361,160	6.727	7.725	14.452
	Consolação	85,936	785	910	1.695
	Cristina	311,925	4.977	5.978	10.955
	Delf. Moreira	408,181	5.121	2.713	7.834
	Dom Viçoso	113,178	2.040	980	3.020
	Itajubá	290,450	7.212	79.461	86.673
	Maria da Fé	203,774	6.364	7.885	14.249
	Marmelópolis	107,861	1.471	1.629	3.100
	Paraisópolis	331,510	2.861	15.227	18.088
	Piranguçu	206,417	3.396	1.717	5.113
	Piranguinho	130,334	3.195	4.654	7.849
	Venc. Brás	101,986	1.272	1.237	2.509
	Virginia	326,418	4.766	3.585	8351
	<b>Sub-total</b>	<b>2979,130</b>	<b>50.187</b>	<b>133.701</b>	<b>183.888</b>
Passos – Sul/Sudoeste	Alpinópolis	458,976	3.502	14.319	17.821
	Bom J. da P.	209,069	1.225	2.562	3.787
	Capetinga	296,722	1.136	6.018	7.154
	Capitólio	522,079	1.610	6.024	7.634
	Cássia	643,866	2.891	14.176	17.067
	Claraval	210,715	1.953	2.342	4.295
	Delfinópolis	1.374,969	1.878	4.820	6.698
	Fort. de Min.	218,854	1.009	2.828	3.837
	Ibiraci	598,801	3.908	7.115	11.023
	Itaú de Minas	154,015	328	14.223	14.551
	Passos	1.339.000	4.885	97.880	102.765
	Pratápolis	214,195	1.230	7.423	8.653
	São J. Bat. G	553,346	1.053	5.775	6.828
	São J da Ba.	312,496	1.813	4.888	6.701
	<b>Sub-total</b>	<b>7107,103</b>	<b>28.421</b>	<b>190.393</b>	<b>218.814</b>

Continua...

Microrregiões	Municípios	Área Km²	População Rural	População Urbana	População Total
Poços de Caldas – Sul/Sudoeste	Albertina	57,617	909	1.963	2.872
	Andradas	467,403	8.506	26.450	34.956
	Bandeiras do Sul	46,917	584	4.522	5.106
	Botelhos	333,666	4.067	10.786	14.853
	Caldas	713,634	6.028	7.873	13.901
	Campestre	577,152	9.324	10.927	20.251
	Ibitiúra de Minas	68,386	1.096	2.286	3.382
	Inconfidentes	149,467	3.583	3.670	7.253
	Jacutinga	347,273	3.706	16.683	20.389
	Monte Sião	290,201	5.030	14.198	19.228
	Ouro Fino	534,746	9.039	22.115	31.154
	Poços de Caldas	544,420	3.931	140.455	144.386
	Santa R. de Cald.	502,037	3.508	5.570	9.078
	<b>Sub-total</b>	<b>4632,919</b>	<b>59,311</b>	<b>267.498</b>	<b>326.809</b>
Pouso Alegre-Sul/Sudoeste	Bom Reposo	229,785	4.934	5.548	10.482
	Borda da Mata	300,081	2.771	12.121	14.892
	Bueno Brandão	355,233	5.376	5.488	10.864
	Camanducaia	527,572	5.375	14.333	19.708
	Cambuí	242,859	4.951	20.059	25.010
	Congonhal	205,756	2.577	7.115	9.692
	Córrego do B. Je.	123,263	2.336	1.388	3.724
	Espírito S. do D.	263,849	2.636	1.657	4.293
	Estiva	245,295	6.197	4.723	10.920
	Extrema	243,099	2.801	22.085	24.886
	Gonçalves	187,596	3.186	1.084	4.270
	Ipuiúna	298,893	2.004	7.179	9.183
	Itapeva	178,254	3.621	4.101	7.722
	Munhoz	190,563	2.806	3.492	6.298
	Pouso Alegre	543,883	9.900	110.567	120.467
	Sapucaí-Mirim	284,796	2.229	3.543	5.772
	Senador Amaral	151,234	2.065	2.986	5.051
	Senador J. Bento	94,589	1.224	684	1.908
	Tocos do Moji	114,945	2.986	940	3.926
	<b>Sub-total</b>	<b>4781,545</b>	<b>69,975</b>	<b>229.093</b>	<b>299.068</b>

Continua...

APÊNDICE A, Cont

Microrregiões	Municípios	Área Km²	População Rural	População Urbana	População Total
Santa Rita do Sapucaí-Sul/Sudoeste	Cach. de Minas	305,420	4.182	6.638	10.820
	Careaçu	181,297	1.496	4.533	6.029
	Conc. das Pedras	101,562	1.334	1.392	2.726
	Conc. dos Ouros	183,246	2.546	7.658	10.204
	Cordislândia	179,220	733	2.837	3.570
	Heliodora	153,884	1.591	4.414	6.005
	Natércia	190,422	1.755	2.868	4.623
	Pedralva	217,298	5.950	5.234	11.184
	Santa R do Sapu.	350,874	5.215	29.031	34.246
	São G. do Sapucaí	517,974	4.173	18.578	22.751
	São João da Mata	120,500	1.145	1.713	2.858
	São J. do Alegre	89,243	1.184	2.724	3.908
	São S. da B. Vista	166,929	2.321	2.563	4.884
	Silvianópolis	312,043	2.610	3.408	6.018
	Turvolândia	221,284	1.991	2.746	4.737
	<b>Sub-total</b>	<b>8072,741</b>	<b>38.226</b>	<b>96.337</b>	<b>134.563</b>
São Lourenço-Sul/Sudoeste	Alagoa	161,555	1.742	1.083	2.825
	Baependi	751,748	5.282	12.734	18.016
	Cambuquira	245,792	2.328	10.192	12.520
	Carmo de Minas	323,321	4.822	8.835	13.657
	Caxambu	100,203	577	20.432	21.009
	Conc. do R. Verde	370,040	1.699	11.009	12.708
	Itamonte	430,597	5.957	7.799	13.756
	Itanhandu	143,938	2.713	11.682	14.395
	Jesuânia	153,296	1.722	3.099	4.821
	Lambari	213,139	4.952	13.595	18.547
	Olímpio Noronha	53,930	460	2.045	2.505
	Passa-Quatro	276,568	3.596	11.689	15.285
	Pouso Alto	261,211	2.840	3.519	6.359
	São Lourenço	57,065	-	40.441	40.441
	São Seb. do R.V.	91,893	903	1.267	2.170
	Soledade de Minas	196,859	2.001	3.517	5.518
	<b>Sub-total</b>	<b>3831,155</b>	<b>41.594</b>	<b>162.938</b>	<b>204.532</b>

Continua...

APÊNDICE A, Cont

Microrregiões	Municípios	Área Km²	População Rural	População Urbana	População Total
São Sebastião do Paraíso-Sul/Sudoeste	Arceburgo	162,460	1.180	6.814	7.994
	Cabo Verde	367,470	6.262	7.352	13.614
	Guaranésia	294,007	1.791	16.356	18.147
	Guaxupé	285,913	3.151	44.743	47.894
	Itamoji	236,453	2.691	8.137	10.828
	Jacuí	409,738	3.063	4.162	7.225
	Juruaia	219,512	4.417	3.843	8.260
	Monte Belo	421,286	3.957	8.616	12.573
	Monte S. de Min.	590,896	4.249	15.884	20.133
	Muzambinho	409,036	5.240	14.685	19.225
	Nova Resende	390,181	6.101	8.044	14.145
	São P. da União	258,511	2.513	2.778	5.291
	São S. do Paraíso	822,295	5.179	56.659	61.838
	São T. de Aquino	277,546	1.490	5.444	6.934
	<b>Sub- total</b>	<b>5145,304</b>	<b>51.284</b>	<b>203.517</b>	<b>254.101</b>
Varginha-Sul/Sudoeste	Boa Esperança	858,728	6.601	31.200	37.801
	Campanha	336,033	2.158	13.011	15.169
	Campo do Meio	273,830	1.351	10.125	11.476
	Campos Gerais	769,207	8.091	18.863	26.954
	Ca. da Cachoeira	505,947	3.180	8.476	11.656
	Coqueiral	296,556	3.249	6.217	9.466
	Eloí Mendes	498,366	4.519	19.642	24.161
	Guapé	934,598	6.721	6.431	13.152
	Ilicínea	376,004	2.807	8.458	11.265
	Monsenhor Paulo	216,460	1.934	5.457	7.391
	Sant. da Vargem	172,729	2.145	4.947	7.092
	São B. do Abade	80,404	283	4.117	4.400
	São T. das Letras	369,515	3.146	3.471	6.617
	Três Corações	825,924	6.842	64.895	71.737
	Três Pontas	689,421	8.155	43.966	52.121
	Varginha	395,647	3.772	112.321	116.093
	<b>Sub-total</b>	<b>7599,369</b>	<b>64.954</b>	<b>361.597</b>	<b>426.551</b>
Lavras - Campo das Vertentes	Carrancas	727,822	1 498	2 517	4 015
	Ijaci	105,387	345	5 342	5 687
	Ingai	305,005	902	1 594	2 496
	Itumirim	234,553	1 640	4 799	6 439
	Itutinga	372,508	1 229	2 822	4 051
	Lavras	564,495	5 288	82 133	87 421
	<b>TOTAL</b>	<b>2309,770</b>	<b>10.902</b>	<b>99.207</b>	<b>110.109</b>
Sub-região Campo Belo e S.Ant Ampa.	<b>SUB-TOTAL</b>	<b>56480,464</b>	<b>473.569</b>	<b>1.976.897</b>	<b>2.548.973</b>
	Campo Belo	527,000	3.272	48.103	51.375
	Perdões	277	2.298	17.109	19.407
	Cana Verde	258	1.821	3.891	5.712
					Continua...

	S. Ant. Amparo	820	1.993	15.262	17.255
	Bom Sucesso	706	3170	14.024	17.194
	<b>Sub-Total</b>	<b>2588</b>	<b>12.680</b>	<b>87.829</b>	<b>100.509</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>59068,464</b>	<b>486.249</b>	<b>2.064.726</b>	<b>2.649.425</b>

Fonte: IBGE (2007).

**APÊNDICE B - Áreas de café dos municípios do Sul/Sudoeste de Minas (IBGE 2007) e INPE (2007)**

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada IBGE (ha)	Área Interpretada INPE (ha)
Sul/Sudoeste de Minas	Alfenas	Alfenas	13000	12030
		Alterosa	3000	3052
		Areado	2350	2607
		Carmo do Rio Claro	13000	11904
		Carvalhópolis	2190	1465
		Conceição da Apa.	7000	7000
		Divisa Nova	2400	1502
		Fama	1160	1158
		Machado	15000	15177
		Paraguaçu	6990	6607
		Poço Fundo	6900	5528
		Serrania	2400	2907
		<b>Sub-total</b>	<b>75.390</b>	<b>70.935</b>
	Andrelândia	Aiuruoca	32	32
		Andrelândia	32	33
		Arantina	0	0
		Bocaina de Minas	1	1
		Bom Jard. Minas	4	3
		Carvalhos	10	13
		Cruzília	275	255
		Liberdade	4	4
		Minduri	0	0
		Passa-Vinte	3	3
		São V. de Minas	6	6
		Seritinga	0	0
		Serranos	11	11
		<b>Sub-total</b>	<b>378</b>	<b>361</b>

Continua...

APÊNDICE B, Cont

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada IBGE (ha)	Área Interpretada INPE (ha)
Sul/Sudoeste de Minas	Itajubá	Brasópolis	1100	1386
		Consolação	18	20
		Cristina	2250	1052
		Delfim Moreira	0	3
		Dom Viçoso	265	215
		Itajubá	53	68
		Maria da Fé	70	51
		Marmelópolis	0	0
		Paraisópolis	150	171
		Piranguçu	55	68
		Piranguinho	850	750
		Venceslau Brás	0	8
		Virgínia	120	77
		<b>Sub-total</b>	<b>4.931</b>	<b>3.870</b>
	Passos	Alpinópolis	4000	3789
		Bom Jesus Penha	2600	1971
		Capetinga	2120	2645
		Capitólio	2080	1503
		Cássia	5600	4786
		Claraval	1800	1811
		Delfinópolis	630	873
		Fortale. de Minas	1300	1021
		Ibiraci	7000	7411
		Itaú de Minas	26	13
		Passos	2500	2194
		Pratápolis	210	209
		São J. Bat. do Gl.	960	804
		São José da Barra	2450	2422
		<b>Sub-total</b>	<b>33.276</b>	<b>31.452</b>

Continua...



APÊNDICE B, Cont

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada IBGE (ha)	Área Interpretada INPE (há)
Sul/Sudoeste de Minas	Poços de Caldas	Albertina	1350	1285
		Andradas	7000	7157
		Bandeiras do Sul	850	540
		Botelhos	10000	9198
		Caldas	620	593
		Campestre	11600	12142
		Ibitiúra de Minas	1600	1282
		Inconfidentes	1050	1117
		Jacutinga	3500	3047
		Monte Sião	3620	2134
		Ouro Fino	8700	5341
		Poços de Caldas	4800	4037
		Santa R de Caldas	140	152
		<b>Sub-total</b>	<b>54.830</b>	<b>48.025</b>
	Pouso Alegre	Bom Repouso	4	4
		Borda da Mata	520	568
		Bueno Brandão	850	1453
		Camanducaia	0	119
		Cambuí	36	197
		Congonhal	220	242
		Córrego B. Jesus	2	53
		Espírito S. do Do.	1450	1246
		Estiva	3	42
		Extrema	20	20
		Gonçalves	4	4
		Ipuíuna	5	5
		Itapeva	4	4
		Munhoz	1	1
		Pouso Alegre	110	73
		Sapucaí-Mirim	1	5
		Senador Amaral	0	0
		Senador J. Bento	770	608
		Tocos do Moji	250	679
		<b>Sub-total</b>	<b>4.250</b>	<b>5.324</b>

Continua...

APÊNDICE B, Cont

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada IBGE (ha)	Área Interpretada INPE (ha)
Sul/Sudoeste de Minas	Santa Rita do Sapucaí	Cachoeira de Minas	2100	1883
		Careaçu	950	1132
		Conceição Pedras	2900	1246
		Conceição Ouros	389	420
		Cordislândia	2000	1746
		Heliodora	2776	2159
		Natércia	2086	1399
		Pedralva	3200	2337
		Santa Rita Sapucaí	7800	5873
		São Gonçalo Sapu.	6000	5207
		São João da Mata	550	662
		São José do Alegre	200	128
		São Sebastião B. V.	1240	1299
		Silvianópolis	1450	1437
		Turvolândia	2000	1800
		<b>Sub-total</b>	<b>35.641</b>	<b>28.726</b>
	São Lourenço	Alagoa	1	1
		Baependi	1520	935
		Cambuquira	5300	4887
		Carmo de Minas	4300	4115
		Caxambu	200	175
		Conceição R. Verde	4180	3014
		Itamonte	15	15
		Itanhandu	0	33
		Jesuânia	1500	1146
		Lambari	5500	4014
		Olímpio Noronha	1200	752
		Passa-Quatro	0	0
		Pouso Alto	110	115
		São Lourenço	58	54
		São S. do Rio Verde	2	2
		Soledade de Minas	231	246
		<b>Sub-total</b>	<b>24.117</b>	<b>19.505</b>

Continua...

APÊNDICE B, Cont

Mesorregião	Microrregiões	Municípios	Área Interpretada IBGE (ha)	Área Interpretada INPE (ha)
Sul/Sudoeste de Minas	São Sebastião do Paraíso	Arceburgo	1500	1967
		Cabo Verde	9500	11847
		Guaranésia	4520	4330
		Guaxupé	6200	6342
		Itamoji	8600	6156
		Jacuí	2400	1686
		Juruaia	3910	4272
		Monte Belo	4000	4299
		Monte Santo Minas	10000	8237
		Muzambinho	6500	7136
		Nova Resende	11200	9423
		São Pedro da União	3900	3402
		São Sebastião Para.	13500	12430
		São Tomás Aquino	5000	4962
		<b>Sub-total</b>	<b>90.730</b>	<b>86.488</b>
	Varginha	Boa Esperança	13500	15330
		Campanha	3600	2828
		Campo do Meio	4500	4050
		Campos Gerais	17500	17068
		Carmo da Cachoeira	9000	9267
		Coqueiral	7200	6548
		Eloí Mendes	9300	10263
		Guapé	5000	5021
		Illicínea	6714	4683
		Monsenhor Paulo	4000	3034
		Santana da Vargem	9000	5872
		São Bento Abade	1500	934
		São Tomé Letras	1050	490
		Três Corações	11610	8281
		Três Pontas	25000	22241
		Varginha	6500	8319
		<b>Sub-total</b>	<b>134.974</b>	<b>124.229</b>
Campo das Vertentes	Lavras	Carrancas	178	80
		Ijaci	500	419
		Ingai	430	340
		Itumirim	300	254
		Itutinga	113	85
		Lavras	4100	3274
		<b>Sub-total</b>	<b>5.621</b>	<b>4452</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>464.138</b>	<b>423.367</b>
		<b>MÉDIA - 443.752ha</b>		

Fonte: IBGE (2007) & INPE (2007).