

Nayara Lage Silva

**MAPEAMENTO E ANÁLISE  
MULTITEMPORAL DA  
COBERTURA DO SOLO DO  
MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ  
DAS LETRAS**

XIV Curso de Especialização em  
Geoprocessamento



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartografia@igc.ufmg.br

**NAYARA LAGE SILVA**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DO  
SOLO DO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Professor Bráulio Magalhães Fonseca

Belo Horizonte  
Dezembro de 2014

S586m  
2014

Silva, Nayara Lage.

Mapeamento e análise multitemporal da cobertura do solo do município de São Thomé das Letras [manuscrito] / Nayara Lage Silva. – 2014.

42 f., enc.: il. color.

Orientador: Bráulio Magalhães Fonseca.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2014.

Bibliografia: f. 40.

Inclui apêndice.

1. Mapeamento da cobertura do solo. 2. Minas e recursos minerais – São Thomé das Letras (MG). 3. Sensoriamento remoto – São Thomé das Letras (MG). I. Fonseca, Bráulio Magalhães. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia. III. Título.

CDU: 528(815.1)



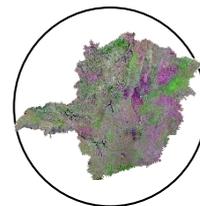
**Curso de Especialização em Geoprocessamento**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL**  
**DE MINAS GERAIS**

Av. Antonio Carlos 6627,

Belo Horizonte, MG, 31.270-901

Tel: 55 31 3409-5416

[www.csr.ufmg.br/geoprocessamento](http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento)



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE MULTITEMPORAL DA  
COBERTURA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ  
DAS LETRAS**

**Nayara Lage Silva**

Monografia defendida em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento.

Aprovada em 09 de dezembro de 2014, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes membros:

Prof. Bráulio Magalhães Fonseca – Orientador

UFMG

Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

UFMG

## RESUMO

O mapeamento da cobertura do solo por meio da utilização de dados de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens tem se difundindo globalmente por permitir uma análise espacial e dinâmica das tipologias de cobertura. A mineração é uma das atividades transformadoras do meio que mais causa impactos adversos, mesmo que de maneira concentrada, devido ao fator de rigidez locacional da atividade. É uma atividade que demanda controle ambiental em todo processo para reduzir os impactos negativos e garantir um meio ambiente equilibrado. Neste contexto o trabalho objetivou realizar uma análise multitemporal da cobertura do solo do município de São Thomé das Letras, no estado de Minas Gerais, quantificar e espacializar as alterações no período determinado entre 1984 a 2011. Buscou-se visualizar o comportamento da atividade de mineração desde seu início até os dias atuais, e conseqüentemente, observar a dinamicidade das mudanças ocorridas na cobertura do solo das outras classes estabelecidas. Para o mapeamento do uso e cobertura do solo foi utilizado o programa SPRING/INPE e para a análise temporal/espacial de mudanças utilizou-se a plataforma *Land Change Modeler* acoplada ao programa IDRISI. A partir da análise dos resultados foi possível quantificar e espacializar o avanço da mineração sob o campo rupestre/afloramento rochoso; a perda substancial da vegetação densa no intervalo do período analisado; o crescimento exponencial da ocupação urbana; e o surgimento da atividade reflorestamento.

Palavras-chave: Análise multitemporal; cobertura do solo; mineração; sensoriamento remoto.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>10</b>
3.1 MEIO SOCIOECONÔMICO .....	10
3.2 MEIO FÍSICO .....	13
3.3 MEIO BIÓTICO .....	17
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
5.1 ETAPA 1 – OBTENÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT 5 TM.....	24
5.2 ETAPA 2 - ANÁLISE E TRATAMENTO DAS IMAGENS .....	24
5.3 ETAPA 3 - DEFINIÇÃO DAS CLASSES DE COBERTURA DO SOLO (CHAVES DE INTERPRETAÇÃO) .....	25
5.4 ETAPA 4 - COLETA DE AMOSTRAS .....	27
5.5 ETAPA 5 - CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS .....	27
5.6 ETAPA 6 - QUANTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES .....	28
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>28</b>
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>40</b>
<b>9. APÊNDICE .....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de São Thomé das Letras.....	11
Figura 2 - Ortofoto de São Thomé das Letras, incluindo a sede do município, ao centro, e seu entorno com a Serra de São Tomé a nordeste (1968). .....	12
Figura 3 - Mapa hipsométrico .....	15
Figura 4 - Mapa de declividade .....	16
Figura 5 - Mapa hidrográfico.....	17
Figura 6 - Mapa da área de aplicação da Lei 11.428/2006 (Lei do bioma Mata Atlântica) .....	18
Figura 7 - Transformação dos níveis de cinza de uma cena .....	20
Figura 8 - Curva espectral da vegetação, da água e do solo.....	20
Figura 9 - Etapas do trabalho.....	24
Figura 10 - Mapa de cobertura do solo do ano de 1984 no município de São Thomé das Letras.....	29
Figura 11 - Mapa de cobertura do solo do ano de 2011 no município de São Thomé das Letras.....	30
Figura 12 - Gráfico do quantitativo de perdas e ganhos das classes de cobertura do solo (%).....	32
Figura 13 – Gráfico da variação quali-quantitativa das classes de cobertura do solo (%) .....	32
Figura 14 – Gráfico representando a contribuição da classe vegetação densa nas variações das classes (%) .....	33
Figura 15 – Gráfico representando a contribuição da classe afloramento rochoso nas variações das classes (%) .....	33
Figura 16 – Gráfico representando a contribuição da classe atividade agropastoril nas variações das classes (%) .....	33
Figura 17 – Gráfico representando a contribuição da classe área urbana nas variações das classes (%) .....	34
Figura 18 – Gráfico representando a contribuição da classe mineração nas variações das classes (%).....	34
Figura 19 – Gráfico representando a contribuição da classe reflorestamento nas variações das classes (%) .....	34
Figura 20 - Mapa de mudanças das classes de cobertura do solo entre os anos de 1984 e 2011 no município de São Thomé das Letras .....	37
Figura 21 – Mapa de persistência das classes de cobertura do solo no município de São Thomé das Letras .....	38

**LISTA DE QUADROS E TABELA**

Quadro 1 - Bandas do Sensor <i>Thematic Mapper</i> do satélite Landsat 5 e suas aplicações .....	22
Quadro 2 - Chave de interpretação para mapeamento da cobertura do solo .....	26
Tabela 1 - Áreas das classes de cobertura do solo para o ano de 1984 e 2011 do município de São Thomé das Letras .....	31

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LCM - *Land Change Modeler*

MAXVER - Máxima Verossimilhança

PIB – Produto Interno Bruto

SIG - Sistema de Informações Geográficas

TM - *Thematic Mapper*

## 1. INTRODUÇÃO

São Thomé das Letras é um município localizado ao sul do estado de Minas Gerais, distante 336 km da capital Belo Horizonte. Apresenta uma área de 369,52 km<sup>2</sup> e aproximadamente 6.655 habitantes distribuídos nas localidades de Sobradinho, Cantagalo, Pinhal, Caí, Correias e da sede urbana propriamente dita.

O histórico do município está intimamente ligado à atividade de mineração. Os monumentos tombados no município foram construídos a partir da extração de quartzitos, denominado de pedra São Tomé, predominantes na região. A exploração do minério na região teve início no século XIX e em 1940 houve um crescimento acelerado por meio da utilização de explosivos para a exploração mineral, se consolidando como a principal fonte de renda da população local (RESENDE *et al.*, 2009).

O crescimento da atividade de extração mineral sem planejamento causou impactos adversos aos compartimentos ambientais e que, atualmente, se caracterizam como grandes passivos ambientais da região. Isso ocorre também porque a região tem grande potencial turístico visto o histórico de sua ocupação, seus monumentos, e as características dos aspectos ambientais em que está inserida (geológico, geomorfológico e paisagístico) acarretando em conflitos de interesse e uso do solo.

O mapeamento da cobertura do solo é uma importante forma de conhecer os aspectos e impactos das atividades antrópicas sob o meio ambiente. Segundo Rosa (1990), este mapeamento é de fundamental importância para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Dessa forma, o mapeamento da cobertura do solo permite avaliar, planejar e controlar espacialmente o uso sustentável e ocupação ordenada do meio ambiente.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG), a partir das geotecnologias disponíveis, pode auxiliar quanto à possibilidade de análise espacial de um determinado local, bem como uma análise multitemporal, para conhecer o padrão de expansão das atividades antrópicas e permitir um planejamento territorial de forma a orientar o desenvolvimento ordenado e controlado destas atividades.

O presente trabalho objetiva analisar, por meio de ferramentas de geoprocessamento, o desenvolvimento da cobertura do solo no município de São Thomé das Letras e contribuir com o trabalho de dissertação desenvolvido pela mestranda Camila Ragonezi Gomes Lopes sobre a modelagem do uso e conservação da geodiversidade no município de São Thomé das Letras.

## **2. OBJETIVOS**

*Objetivo geral:*

- Mapear e analisar a cobertura do solo do município de São Thomé das Letras nos anos de 1984 e 2011.

*Objetivos específicos:*

- Elaboração de dois mapas da cobertura do solo correspondente a cada época, por meio da utilização de imagens de satélite;
- Estabelecimento de uma análise comparativa entre duas épocas distintas sobre a cobertura do solo;
- Quantificação e análise das alterações de cada classe mapeada.

## **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **3.1 Meio socioeconômico**

O município de São Thomé das Letras está localizado na região sul do estado de Minas Gerais, distando 336 km da capital mineira (Figura 1). Apresenta uma área de 369,52 km<sup>2</sup> e possui 6.655 habitantes (IBGE, 2010) distribuídos nas localidades de Sobradinho, Cantagalo, Pinhal, Caí, Correias e da sede urbana.

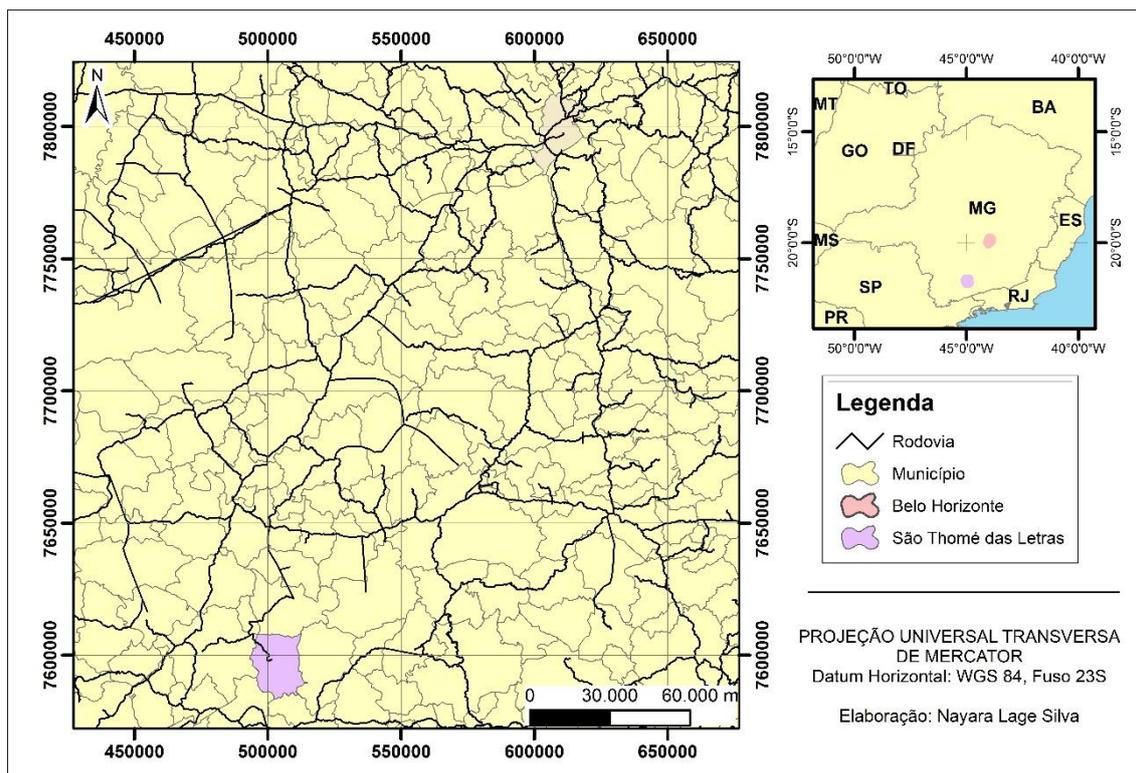


Figura 1 - Mapa de localização do município de São Thomé das Letras

O município surgiu aproximadamente em 1770, a partir da construção da Igreja Matriz próximo a uma gruta que influenciou a construção de residências em seu entorno. Sua localização era estratégica devido à proximidade e necessidade de abastecimento da Corte no Rio de Janeiro (RESENDE *et al.*, 2009). Ao se observar a arquitetura vernacular do município nota-se que desde a sua criação os habitantes têm explorado as pedras de quartzito presentes na região.

A exploração comercial do minério na região teve início no final do século XIX até 1940 e posteriormente houve um crescimento acelerado da mineração, por meio da utilização de explosivos para a exploração mineral, se consolidando ao longo do tempo como a principal fonte de renda da população local.

É mostrada na Figura 2 uma ortofoto de 1968 que evidencia a ocupação predominante da atividade de mineração no município e a mancha urbana contida/inserida neste contexto.

Embora o contexto histórico do município esteja relacionado à atividade de mineração, o turismo histórico, esotérico e ecológico vem se consolidando ao longo de décadas na região. São Thomé das Letras possui atrativos naturais, tais como cachoeiras, grutas e

mirantes, além de histórias/lendas esotéricas e misticismo quanto a manifestações de seres extraterrestres e objetos voadores não identificados, que atraem cada vez mais turistas para a região.

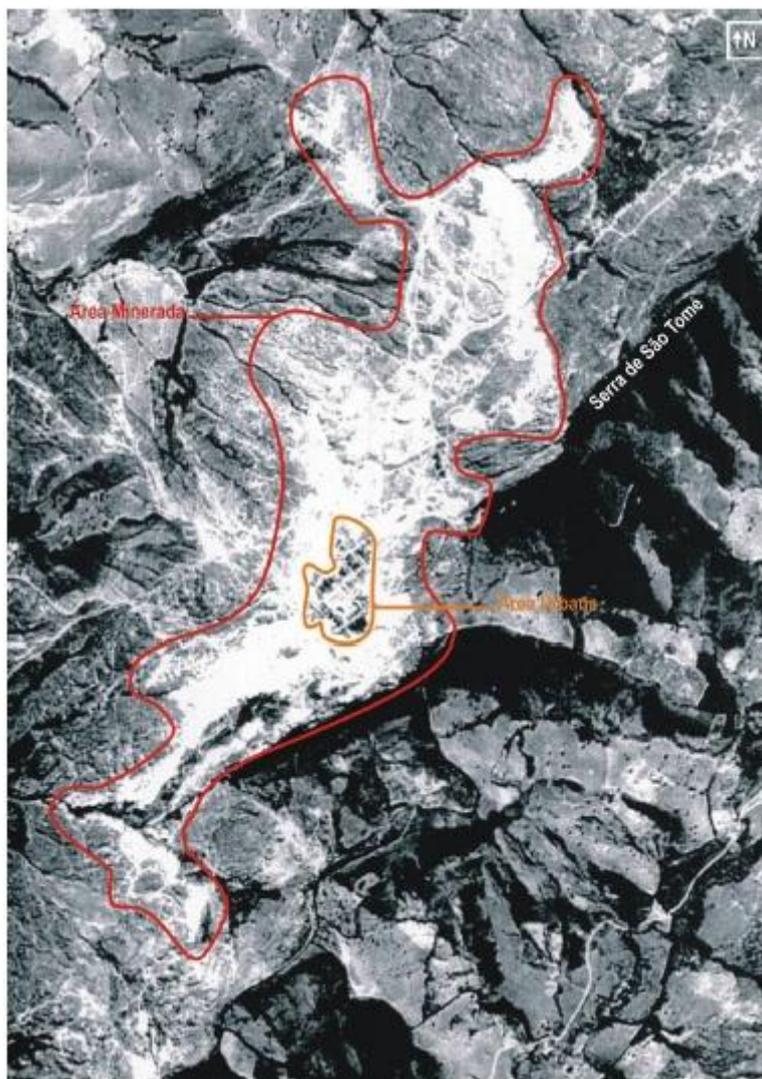


Figura 2 - Ortofoto de São Thomé das Letras, incluindo a sede do município, ao centro, e seu entorno com a Serra de São Tomé a nordeste (1968).

Fonte: Resende *et al.*, 2009

A pedra São Tomé, nome dado ao mineral quartzito explorado na região, tornou-se a principal fonte de renda e de desenvolvimento econômico da região. De acordo com Deschamps *et. al.* (2002), a economia do município está fundamentada em três atividades principais: o extrativismo mineral, que ocupa até 70% da população ativa, a agropecuária e o turismo.

A exploração da pedra São Tomé representa 90% do total das exportações minerais de quartzitos foliados, o que demonstra sua importância para a economia do município e do Estado. Entretanto, muitos anos de exploração intensiva, sem as devidas prevenções e controle resultou em uma grande quantidade de passivos ambientais e efeitos adversos ao meio ambiente. Pode ser observado na região a disposição desordenada do material estéril e rejeitos da lavra em talvegues e drenagens naturais, que foram assoreadas.

Além dos fatores de ordem física e biótica causados pela extração de pedras (poluição atmosférica, sonora, assoreamento dos cursos d'água, impacto visual, supressão de vegetação e desestabilização do solo) o município encontra-se marcado pelo comprometimento das atividades turísticas e da identidade com o lugar.

### 3.2 Meio físico

O município apresenta o tipo climático tropical, mesotérmico brando, semiúmido (classificação adotada por Nimer). É caracterizado por grande influência orográfica, predomínio de temperaturas amenas durante quase todo o ano, com média anual variando entre 18°C e 19°C. De maneira geral, o verão é ameno e não apresenta temperatura média superior a 22° C, apesar da ocorrência de invernos com temperaturas variando entre 10° e 15° C.

No que tange aos aspectos geológicos a região está inserida na Província da Mantiqueira, destacando o embasamento do Grupo Carrancas e Andrelândia (HASUI & OLIVEIRA, 1984 *apud* DESCHAMPS *et al.*, 2002).

De acordo com Ribeiro & Heilbron (1982) *apud* Deschamps *et al.* (2002), o Grupo Andrelândia é formado por quartzitos, filitos, xistos grafitosos, localmente com biotita, que muito se assemelha ao Grupo Carrancas, e biotita xistos, semelhantes à rocha do Grupo São João Del Rei.

O Grupo Carrancas é dividido em Formação São Tomé das Letras e Formação Campestre. Este último é marcado pela alternância de quartzitos e filitos ou xisto grafitosos, já a Formação São Tomé das Letras tem como principal tipo litológico um quartzito micáceo formado, em sua essência, por quartzo, mica esverdeada, turmalina preta, magnetita, ilmeno-magnetita, e hematita (RIBEIRO & HEILBRON, 1982 *apud* DESCHAMPS *et al.*, 2002).

Os tipos de solo predominantes na região são afloramentos de rochas + solos litólicos distróficos ou álicos de textura indiscriminada, associados com cambissolos álicos de textura argilosa, ambos A fraco substrato quartzito fase floresta subperenifólia relevo forte ondulado e montanhoso. Considerando que os solos são provenientes das rochas sedimentares quartzíticas, são rasos, arenosos, cascalhentos, com alto grau de rochosidade e com fertilidade natural geralmente baixa.

O relevo da região é forte ondulado a montanhoso, caracterizado por um padrão montanhoso intercalado com terrenos arrasados (Figura 3). Segundo Souza *et. al.* (1999) os terrenos montanhosos são compostos por pacotes quartzíticos proterozóicos, representados pelas serras São Tomé das Letras e do Grotão, ou Cantagalo.

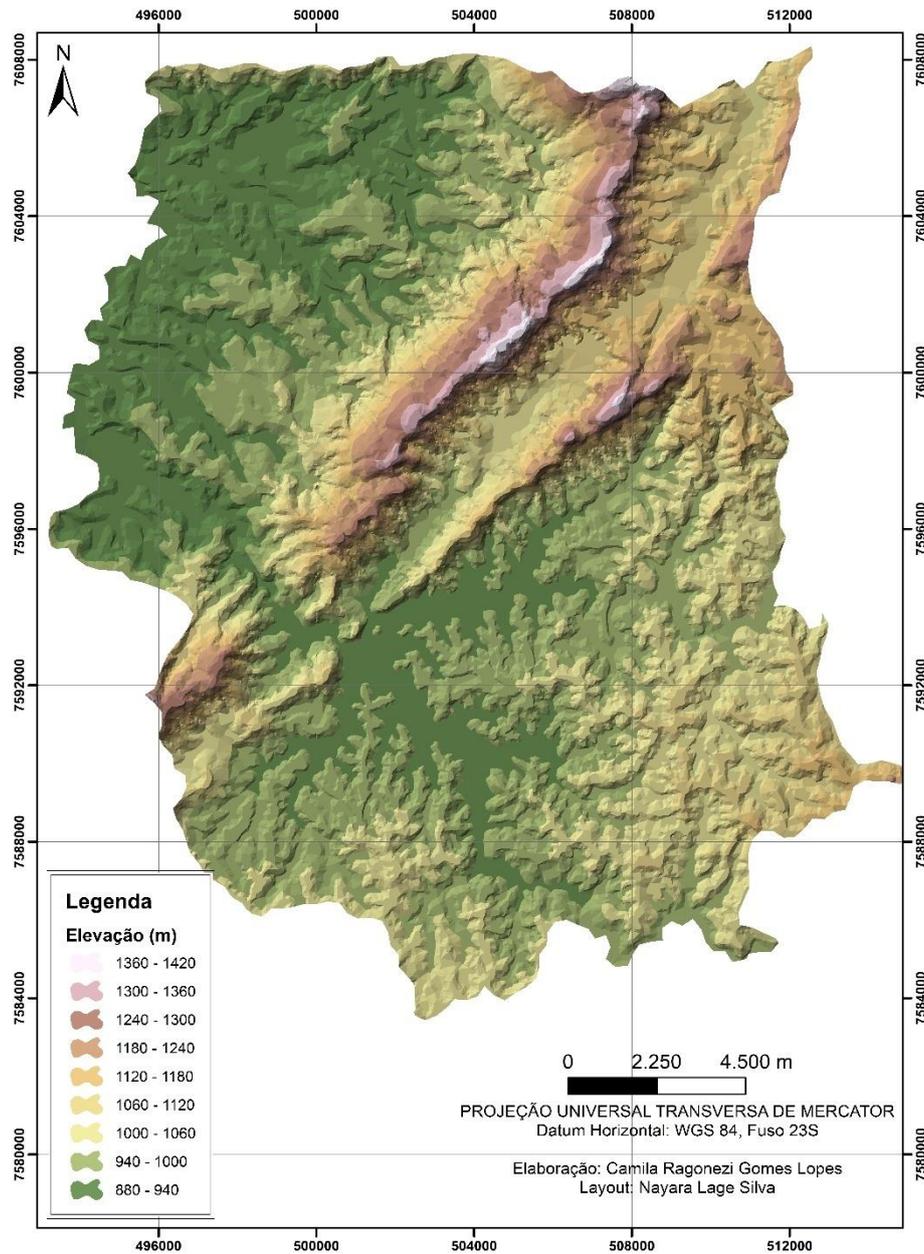


Figura 3 - Mapa hipsométrico

Em relação à declividade, a Figura 4 mostra que as áreas junto às serras apresentam declividade maior que  $20^\circ$ . São áreas de preservação permanente as quais não devem ser ocupadas por atividades antrópicas. As declividades médias, de  $10^\circ$  a  $20^\circ$ , se concentram no sudeste do município e as declividades inferiores a  $10^\circ$  condizem com as planícies dos rios e com as áreas destinadas às atividades agropastoris.

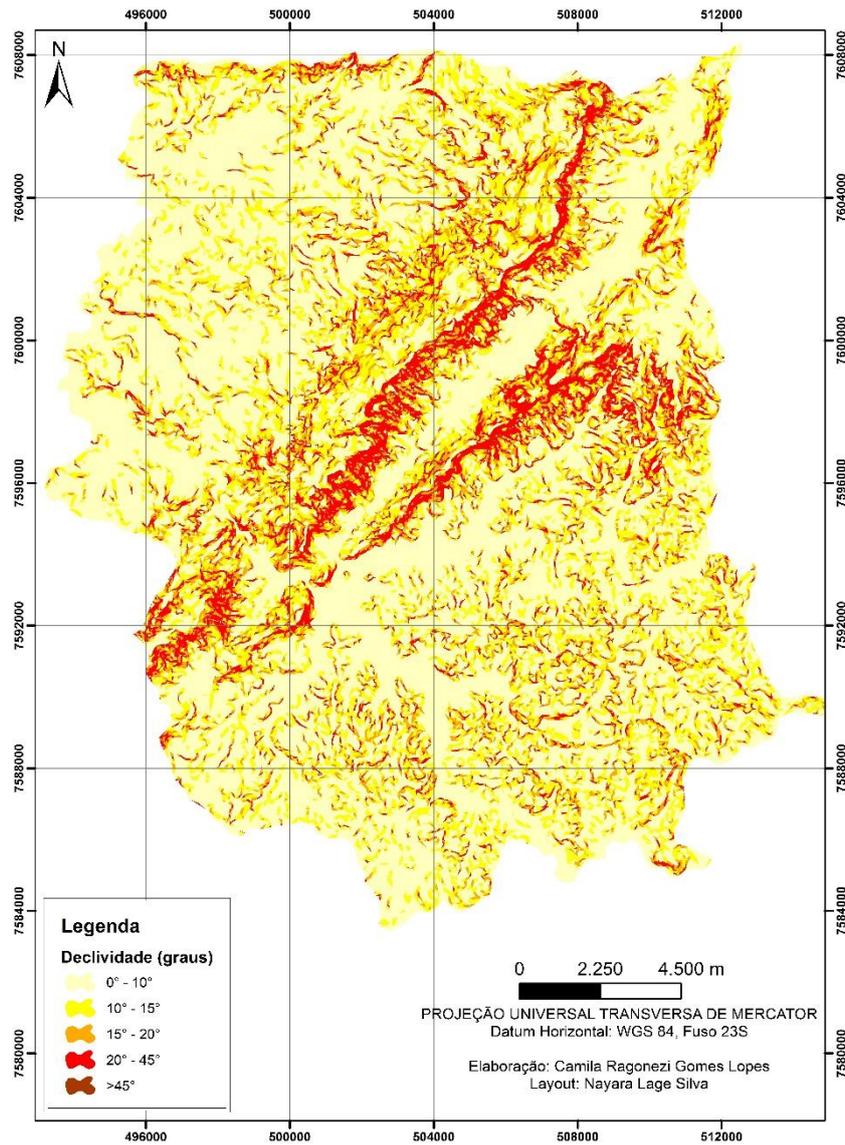


Figura 4 - Mapa de declividade

O município está inserido na bacia hidrográfica federal do rio Paraná e na bacia hidrográfica estadual do rio Grande.

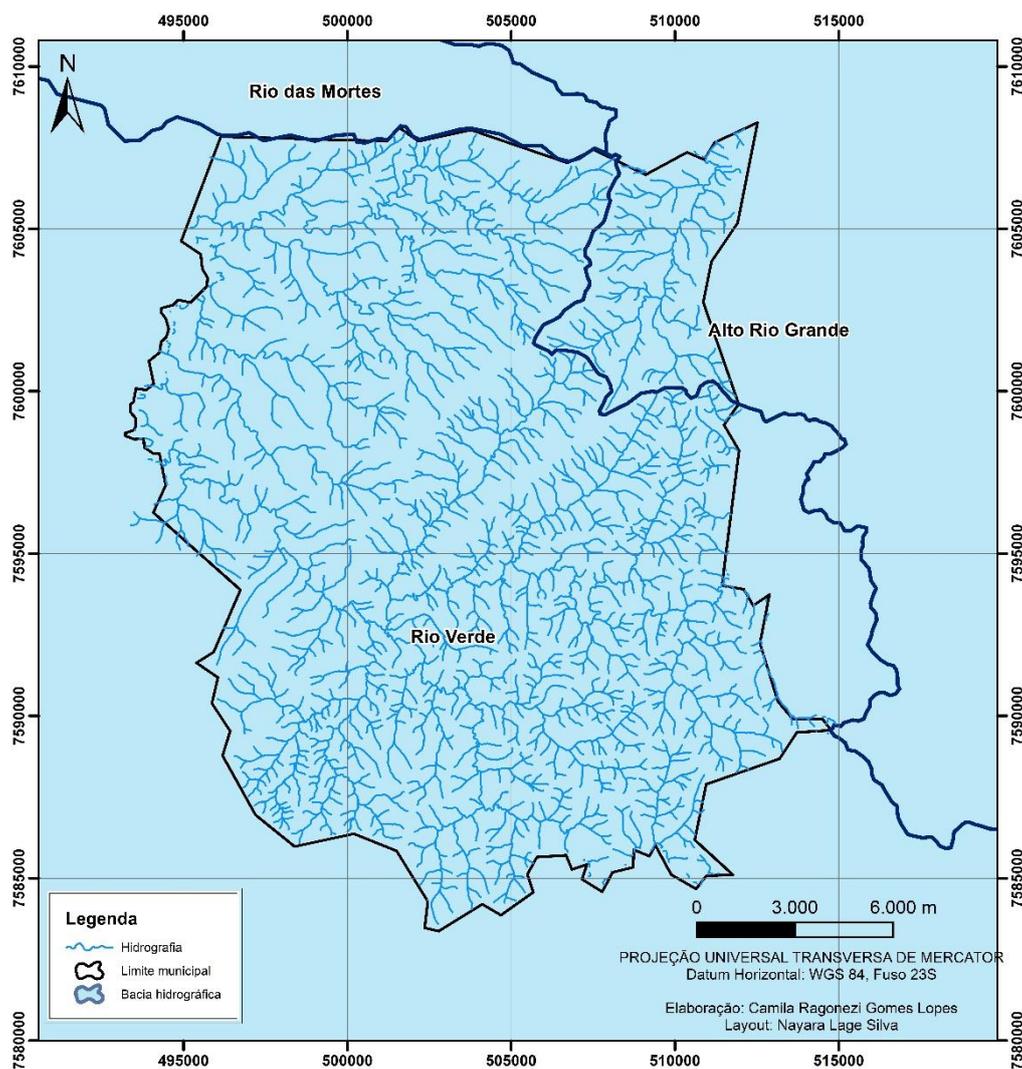


Figura 5 - Mapa hidrográfico

Conforme observado na Figura 5, o extremo nordeste do município pertence à sub-bacia do Alto Rio Grande, cuja principal drenagem é o ribeirão Lavarejo. A outra sub-bacia a qual pertence o município é a do Rio Verde, cujos principais corpos d'água são os ribeirões Vermelho e Cantagalo e os rios Caí e do Peixe, que drenam para oeste.

### 3.3 Meio biótico

O bioma presente na área de estudo é a Mata Atlântica, por meio da fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista. Há ocorrência do bioma Cerrado por meio da fitofisionomia Savana (Figura 6). Contudo, de acordo com Deschamps *et. al.* (2002) a formação vegetal original se encontra bastante descaracterizada, restando fragmentos florestais.

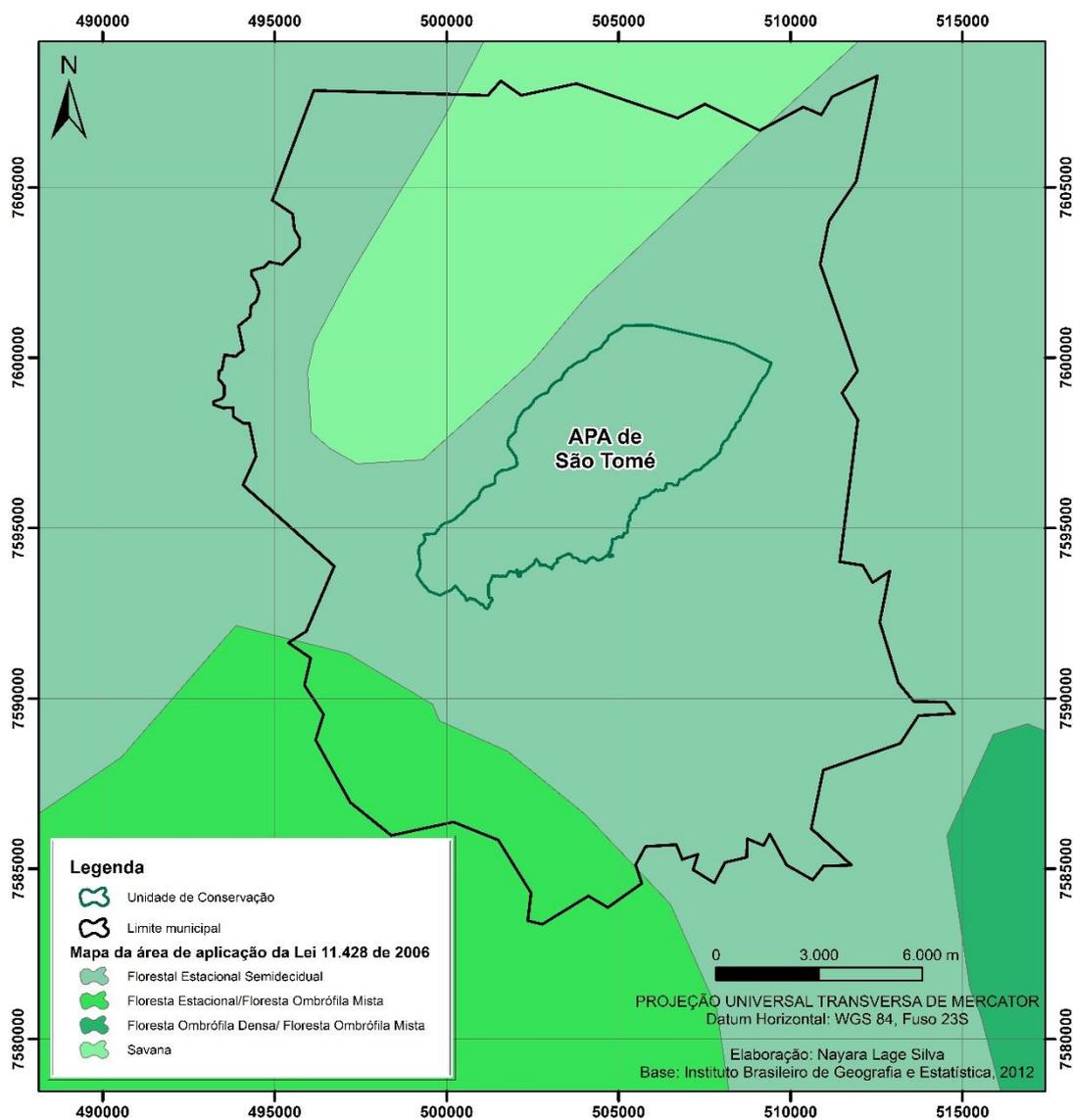


Figura 6 - Mapa da área de aplicação da Lei 11.428/2006 (Lei do bioma Mata Atlântica)

De acordo com Lopes (2013), compõem a cobertura da área de estudo manchas de Campo Cerrado, ou Savana Gramíneo-Lenhosa, pastagens associadas com culturas permanentes, como o café, culturas anuais, como o milho e o feijão, e afloramentos rochosos associado ao Campo Rupestre.

Há no município também a Área de Proteção Ambiental municipal de São Tomé, conforme Decreto Estadual nº 003 de 29 janeiro de 2003, que ainda não possui um plano de manejo, bem como está em processo de valorização através de sua validação no Plano Diretor do município, que por sua vez está sendo elaborado.

#### 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Jensen (2009) o termo uso da terra refere-se ao modo como a terra é usada pelos seres humanos, já a cobertura do solo, por sua vez, é definida como os materiais biofísicos encontrados sob a superfície terrestre.

O mapeamento da cobertura do solo torna-se uma atividade de grande valia quando se quer ter uma visão geral dos aspectos que ocorrem em uma determinada região e quais os impactos associados à eles. As ferramentas disponibilizadas pelas geotecnologias permitem a realização de análises mais complexas, que associam diversas variáveis do ambiente, possibilitando ao homem o estabelecimento de medidas para o planejamento do uso da terra. Todavia, como ressaltado por Rosa (1990), cada classificação é realizada para atender a determinadas necessidades do usuário e adaptadas à região, não existindo, portanto, um modelo único e ideal.

A modificação da paisagem pela atividade antrópica pode ser acompanhada e quantificada pela análise e processamento digital de imagens. A partir da interpretação de imagens de satélite, a cobertura do solo, como, por exemplo, pelas atividades de mineração, referente a duas datas distintas, pode ser delimitada e calculada (área), e definida ainda a taxa de expansão das atividades (FLORENZANO, 2002).

O processamento digital de imagens consiste na combinação de bandas espectrais, combinações de imagens de uma mesma banda em diferentes datas, ou imagens de diferentes sensores, gerando composições coloridas que permitem a extração de informações (NOVO, 2008).

As atividades de processamento digital podem ser estruturadas em três etapas independentes: pré-processamento, que consiste no tratamento inicial dos dados brutos, tais como calibração radiométrica, correção de distorções geométricas e remoção de ruídos; realce, que consiste na manipulação do contraste; e classificação, que consiste na técnica de atribuição de informação a um conjunto de pixels (NOVO, 2008).

No que tange à etapa determinada como realce, de acordo com Novo (1992), as manipulações de contraste visam facilitar a discriminação visual de características da cena com baixo contraste e enfatizar alguma característica de interesse para uma aplicação específica. Esta manipulação é realizada por meio da análise do histograma

com a frequência dos níveis de cinza de cada canal espectral, conforme indicado na Figura 7.

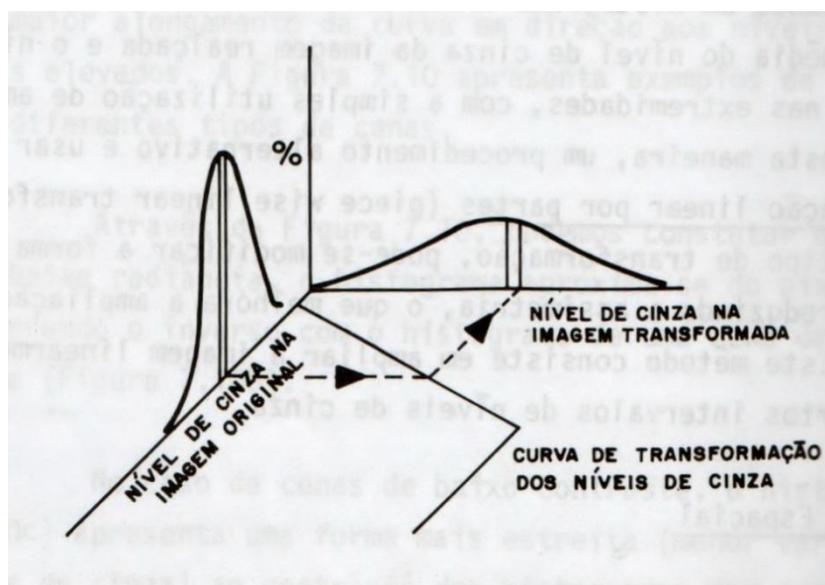


Figura 7 - Transformação dos níveis de cinza de uma cena  
Fonte: Schowengerdt, 1983 *apud* Novo, 1992.

Na etapa de classificação, a base para a determinação e classificação da cobertura do solo no processamento digital de imagens, conforme Florenzano (2002), é a energia refletida pelos objetos/elementos em proporções que variam de acordo com o comprimento de onda (Figura 8).

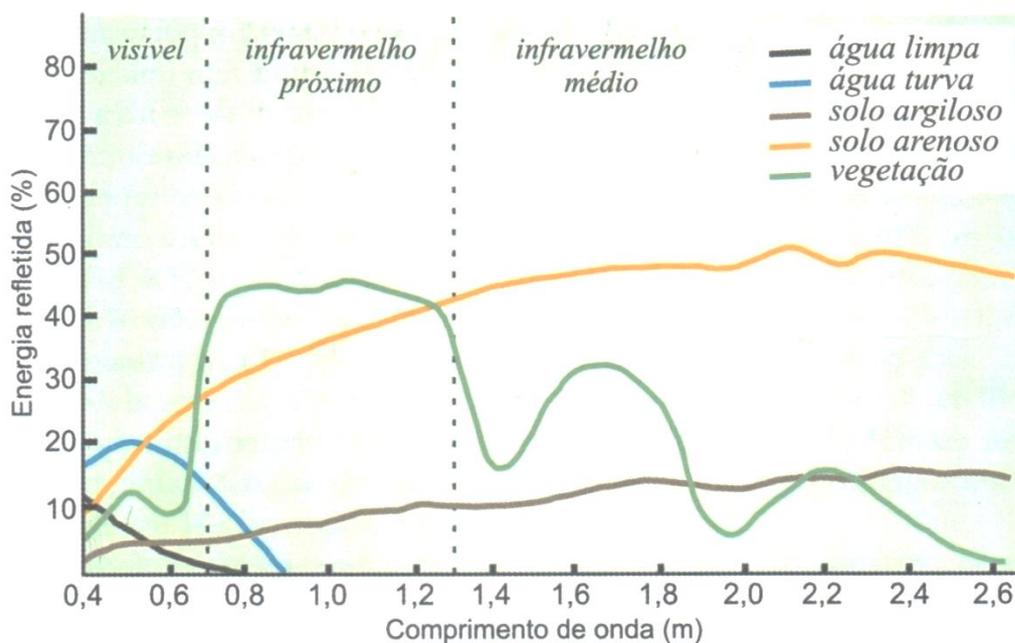


Figura 8 - Curva espectral da vegetação, da água e do solo  
Fonte: Florenzano, 2002.

Portanto, para classificação da cobertura do solo de uma determinada região faz-se necessário o conhecimento prévio do comportamento espectral dos objetos/elementos a que se deseja mapear.

Segundo Filho (2000) a interpretação visual dos dados digitais visa identificar feições e os seus significados de forma a produzir mapas temáticos. Este processo pode ser aplicado às diversas áreas do conhecimento, como na determinação/conhecimento da cobertura do solo de uma região, possibilitando uma análise ampla e a detecção de objetos e fenômenos não perceptíveis pela visão humana.

Para este processo de interpretação é de extrema importância possuir conhecimento sobre a tecnologia utilizada, compreender o comportamento espectral dos objetos analisados e conhecer a área mapeada (FILHO, 2000).

De acordo com Florenzano (2002), o processo de interpretação de imagens consiste na identificação de objetos e atribuição de significados a esses objetos. Os elementos básicos para este processo, tais como tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização, permitem a análise e extração das informações na imagem.

Outro fator de destaque no processo de interpretação visual dos dados se refere a seleção das bandas. Segundo Filho (2000) a seleção das bandas espectrais que comporá os estudos dependerá diretamente dos objetivos do estudo/análise. De forma a exemplificar, é apresentado no Quadro 1 as principais aplicações das bandas espectrais do sensor *Thematic Mapper* a bordo do satélite Landsat 5.

BANDAS	FAIXA ESPECTRAL ( $\mu\text{m}$ )	APLICAÇÕES
1	0,45-0,52(azul)	mapeamento de águas costeiras diferenciação entre solo e vegetação diferenciação entre vegetação conífera e decídua
2	0,52-0,60(verde)	mapeamento de vegetação qualidade d'água
3	0,63-0,90(vermelho)	absorção da clorofila diferenciação de espécies vegetais áreas urbanas, uso do solo agricultura qualidade d'água
4	0,76-0,90(infravermelho próximo)	delineamento de corpos d'água mapeamento geomorfológico, mapeamento geológico áreas de queimadas, áreas úmidas agricultura vegetação
5	1,55-1,75(infravermelho termal)	uso do solo medidas de umidade de vegetação diferenciação entre nuvem e neve agricultura vegetação
6	10,40-12,50(infravermelho termal)	mapeamento de estresse térmico em plantas correntes marinhas propriedades termal do solo outros mapeamentos térmicos
7	2,08-2,35(infravermelho médio)	identificação de minerais mapeamento hidrotermal

Quadro 1 - Bandas do Sensor *Thematic Mapper* do satélite Landsat 5 e suas aplicações  
Fonte: Filho, 2000

As técnicas de classificação digital de imagens, segundo Novo (1992), se configuram como um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem (pixels) a uma determinada classe. O processo de classificação digital de imagens pode ser subdividido em duas categorias: Classificação unidimensional e Classificação multiespectral. A primeira técnica, mais simples, consiste na divisão do intervalo total de níveis de cinza, de uma dada faixa espectral, em um certo número de classes. Já a segunda técnica é dividida em três conjuntos: classificação supervisionada, classificação não-supervisionada e técnicas de classificação híbrida.

A classificação supervisionada é caracterizada por um processo onde o analista está em constante interação com o sistema. O analista define a amostragem de classes de interesse as quais são selecionadas por meio de um conhecimento prático ou teórico. Um ponto que merece destaque, de acordo com diversos autores, é a seleção de amostras. Este processo necessita de bastante atenção tendo em vista o comportamento espectral dos objetos que podem, às vezes, ser a mesma para classes distintas (NOVO, 1992).

Para as classificações não-supervisionadas o analista tem pouco controle sobre a separação das classes, nas quais os pixels são agrupados naturalmente considerando sua distribuição num espaço de atributos de N dimensões.

A partir dos resultados da classificação, uma infinidade de análises pode ser realizada. Uma das mais difundidas atualmente é a quantificação das classes e modelos de predição por meio da utilização do *software Land Change Modeler – LCM*. Este *software* que pode ser acoplado a plataforma do ArcGis ou Idrisi, foi desenvolvido por uma equipe do laboratório de processamento Clark Labs da Universidade Clark, no estado de Massachusetts (EUA) objetivando permitir análises quali-quantitativas em torno das alterações da cobertura do solo. Segundo Luiz (2014) o *software* dispõe de ferramentas para mensurar as áreas de mudança, persistência e de construir cenários futuros a partir da análise das informações de uso e ocupação do solo de diferentes datas.

Para compreensão da dinâmica da mudança na cobertura da terra o *software* LCM permite a elaboração de mapas e gráficos que mostram as perdas, os ganhos, as mudanças e persistência das classes definidas. Permite também a construção de variáveis explanatórias a partir da análise das mudanças que, por sua vez, subsidiam a construção de cenários futuros.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para realização da análise multitemporal da cobertura do solo do município de São Thomé das Letras foram selecionadas duas imagens do satélite Landsat 5 (TM) nos anos de 1984 e 2011. Os anos foram selecionados considerando-se o histórico de ocupação do município, e principalmente a viabilidade de tratamento das imagens para a realização do trabalho. Ambas as imagens selecionadas foram do mês julho objetivando imagens mais limpas e com menos interferência climática.

O fluxograma da Figura 9 mostra as etapas adotadas para a execução do trabalho.

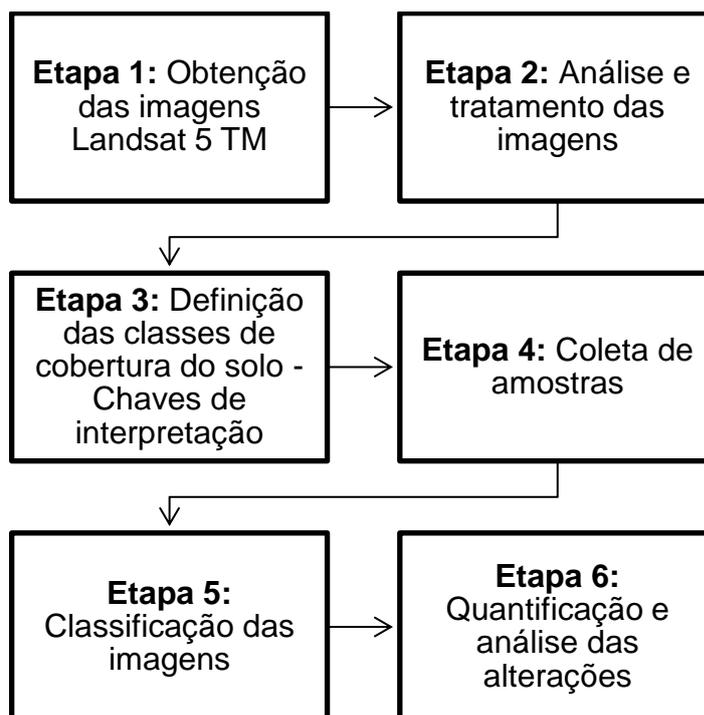


Figura 9 - Etapas do trabalho

### 5.1 Etapa 1 – Obtenção das imagens Landsat 5 TM

As imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, em resolução espacial de 30 metros (exceto a banda 6 com 120 metros). O sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5 possui sete bandas espectrais, onde cada uma representa uma faixa do espectro eletromagnético captado pelo sensor do satélite. O satélite, lançado em 01 de março de 1984, foi programado para fazer o imageamento da superfície terrestre produzindo imagens com 185 km de largura do terreno e revisitando uma mesma área num intervalo de 16 dias.

Considerando as aplicações possíveis das bandas disponibilizadas pelo satélite Landsat 5, conforme item 4, foram selecionadas as bandas 3, 4 e 5, devido a estas cobrirem o comportamento espectral da vegetação e do uso do solo.

### 5.2 Etapa 2 - Análise e tratamento das imagens

Para o tratamento e classificação das imagens foi utilizado o *software* livre denominado Spring 5.2.6. Este *software* foi desenvolvido pelo INPE e outros parceiros com o objetivo de construir um sistema de informações geográficas gratuito, acessível e unificado para diversas aplicações. O Spring é um sistema de informações geográficas

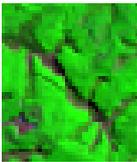
com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais (INPE, 2012).

### 5.3 Etapa 3 - Definição das classes de cobertura do solo (Chaves de interpretação)

Após a obtenção das imagens selecionou-se as bandas de interesse: bandas 3, 4 e 5, onde as bandas 3 (faixa da luz vermelha), 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) foram associadas às cores azul, verde e vermelha respectivamente. Por meio de análise visual das imagens, definiu-se as chaves de interpretação, ou seja, as classes de cobertura do solo a serem mapeadas.

As chaves de interpretação, que consistem nas feições identificadas e determinação dos seus significados por meio da fotoleitura, fotoanálise e fointerpretação, foram definidas conforme mostrado no Quadro 2.

Cobertura do solo	Tonalidade/ Cor	Textura	Forma
Atividades agropastoris	Roxo claro/escuro 	Lisa	Regular
Área Urbana	Lilás esbranquiçado 	Rugosa	Regular
Mineração	Branco 	Lisa	Irregular
Água	Preto 	Lisa	Irregular
Afloramento rochoso e campo rupestre	Roxo escuro 	Lisa	Irregular

Cobertura do solo	Tonalidade/ Cor	Textura	Forma
Reflorestamento	Verde claro 	Lisa	Regular
Vegetação densa	Verde escuro 	Rugosa	Irregular

Quadro 2 - Chave de interpretação para mapeamento da cobertura do solo

Cabe ressaltar que para a imagem do ano de 1984, a partir de análise prévia, foram definidas/utilizadas todas as classes supramencionadas, exceto “Reflorestamento”, tendo em vista a não existência desse tipo de atividade no município à época.

A composição de cor falsa RBG 543 permitiu uma melhor visualização das chaves de interpretação definidas, tendo em vista a possibilidade de destacar diferentes elementos na imagem, já que os elementos refletem os espectros com intensidades diferentes.

Aplicou-se o contraste, que consiste na distribuição dos níveis de cinza em todo intervalo possível do histograma, obtendo-se assim uma imagem mais clara e viável para visualização humana e conseqüentemente para a obtenção das amostras das classes na etapa de classificação da imagem.

Além dos procedimentos de preparação para a classificação, para a imagem do ano de 1984 foi necessária aplicar a correção geométrica. Segundo Melo *et. al.* (2004) as imagens produzidas por sensores remotos apresentam uma série de distorções espaciais, portanto, sem precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nelas representados. As principais fontes de erros geométricos, conforme Novo (2008), são: a) o movimento de rotação da terra durante o processo de aquisição de imagens; b) a velocidade de “varredura” finita; c) o amplo campo de visada de alguns sensores; d) a curvatura da terra; e) variações na posição da plataforma de aquisição; e) efeitos panorâmicos relacionados à geometria da imagem.

A correção geométrica, de acordo com Mather (1987), tem como objetivo recuperar a qualidade geométrica da cena, de tal modo que os dados possuam características de escala e projeção próprias de mapas.

A correção foi realizada, utilizando-se o comando *Auto Adjust* disponível na ferramenta *Georeferencing* do *software* ArcGis 10.2. Esta ferramenta realiza o georreferenciamento do raster da seguinte forma: por meio das assinaturas espectrais de um raster de referência, o sistema cria links de seu conjunto de dados raster não referenciado para o conjunto referenciado.

#### 5.4 Etapa 4 - Coleta de amostras

Posteriormente, foi realizada a coleta de amostras da imagem, visando associar determinados pixels a uma classe previamente definida. Coletada as amostras, realizou-se sua análise para verificação do atendimento ao valor mínimo de aceitação e desempenho geral estipulado de 95%. Este processo é parte integrante do método utilizado: Classificação Supervisionada por Pixel por meio da utilização da técnica denominada de Máxima Verossimilhança (MAXVER).

#### 5.5 Etapa 5 - Classificação das imagens

De acordo com Rosa (1990) o algoritmo de classificação MAXVER consiste em classificar a imagem, ponto a ponto, usando o critério de máxima verossimilhança a partir de classes fornecidas pelo usuário. Este tipo de método reconhece padrões e objetos homogêneos o qual, por meio da classificação “*pixel a pixel*”, utiliza a informação espectral isolada definindo regiões homogêneas e resultando em uma imagem constituída de *pixels* classificados por cores. A técnica MAXVER utilizada para o processamento da imagem considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos (INPE, 2010).

Esse método foi utilizado por ser considerado um dos mais eficientes classificadores e, conseqüentemente, o mais utilizado.

Após a classificação da imagem, foi realizado o procedimento de pós-classificação que consiste na eliminação de ruídos da classificação realizada, onde possíveis pixels que

foram classificados erroneamente sejam corrigidos por meio da edição matricial disponível no *software*.

A partir da conclusão dos procedimentos metodológicos de classificação, foi realizada a conversão do arquivo em formato matricial para vetor (*shapefile*) visando finalizar a elaboração do mapa no *software* ArcGis 9.3.

Com a *shape* criada realizou-se seu recorte a partir do limite municipal de São Thomé das Letras e o cálculo das áreas das classes de cobertura (percentagem) de forma a verificar a representatividade de cada uma em relação à área de estudo.

#### 5.6 Etapa 6 - Quantificação e análise das alterações

A partir do mapeamento das classes foi realizada análise quantitativa das alterações observadas no solo a partir do *software* *Land Change Modeler - LCM*.

Para que isto fosse possível, necessitou-se converter a *shape* resultante do processamento de cobertura do solo para uma extensão conhecida do Idrisi, que neste caso foi o ASCII. Convertido, os arquivos de cada ano foram inseridos no Idrisi para que pudessem ser tratados e posteriormente processados na ferramenta LCM.

Uma vez os dados inseridos no LCM, foram gerados gráficos e mapas que permitiram diversos cruzamentos de dados e conseqüentemente uma análise mais aprofundada e assertiva da dinâmica das mudanças ocorridas entre os anos estudados.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Processado os dados foi possível elaborar o mapa de cobertura do solo nos anos de 1984 e 2011 e quantificar cada classe definida. Os resultados são mostrados na Figura 10 e Figura 11.

Para o ano de 1984 o desempenho geral de classificação a partir das amostras de aquisição foi de 96,58% e a confusão média foi de 3,42%. Para o ano de 2011 o desempenho geral de classificação a partir das amostras de aquisição foi de 95,75% e a confusão média foi de 4,25%. Ambas as matrizes de confusão são apresentadas no Apêndice A.

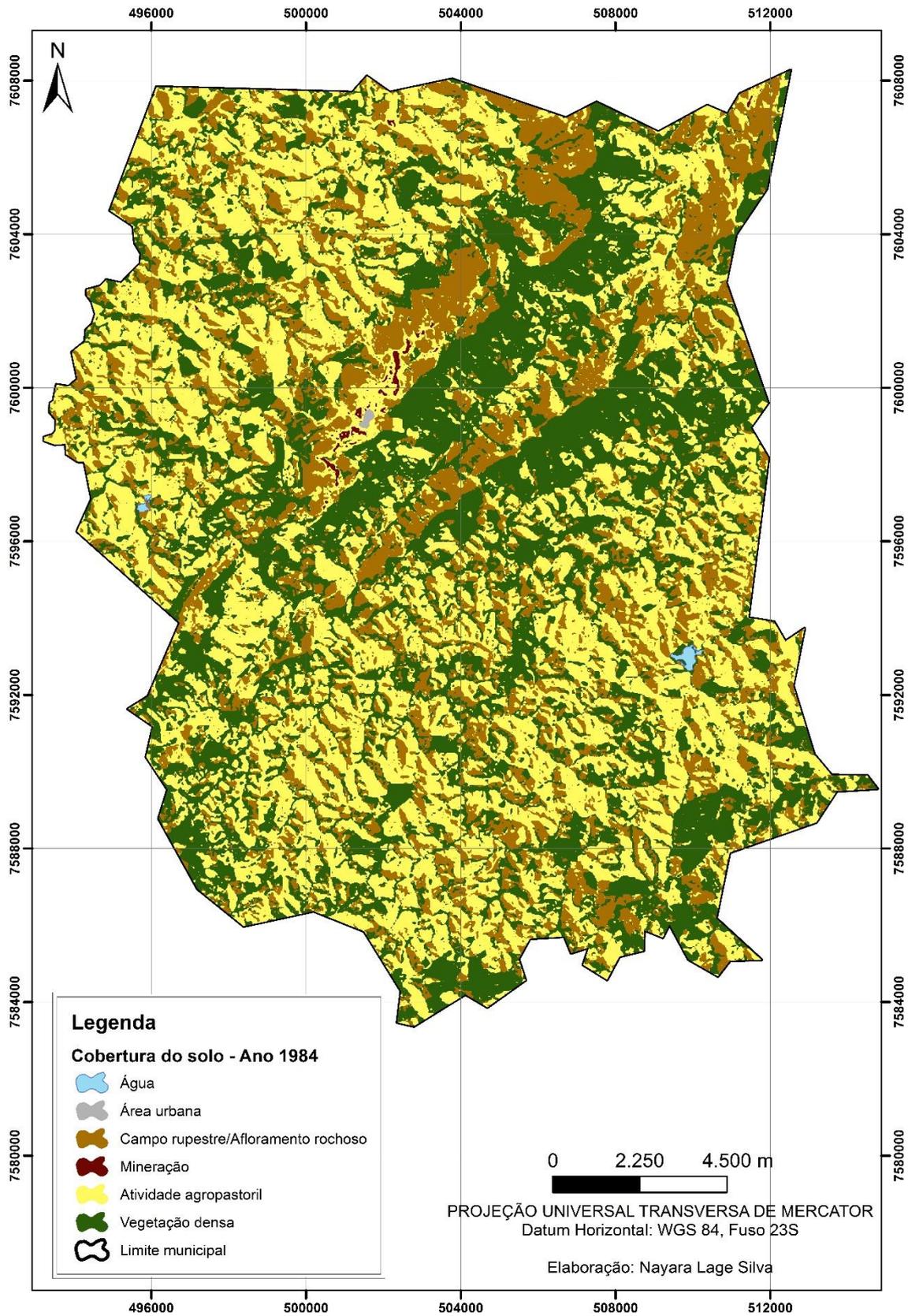


Figura 10 - Mapa de cobertura do solo do ano de 1984 no município de São Thomé das Letras

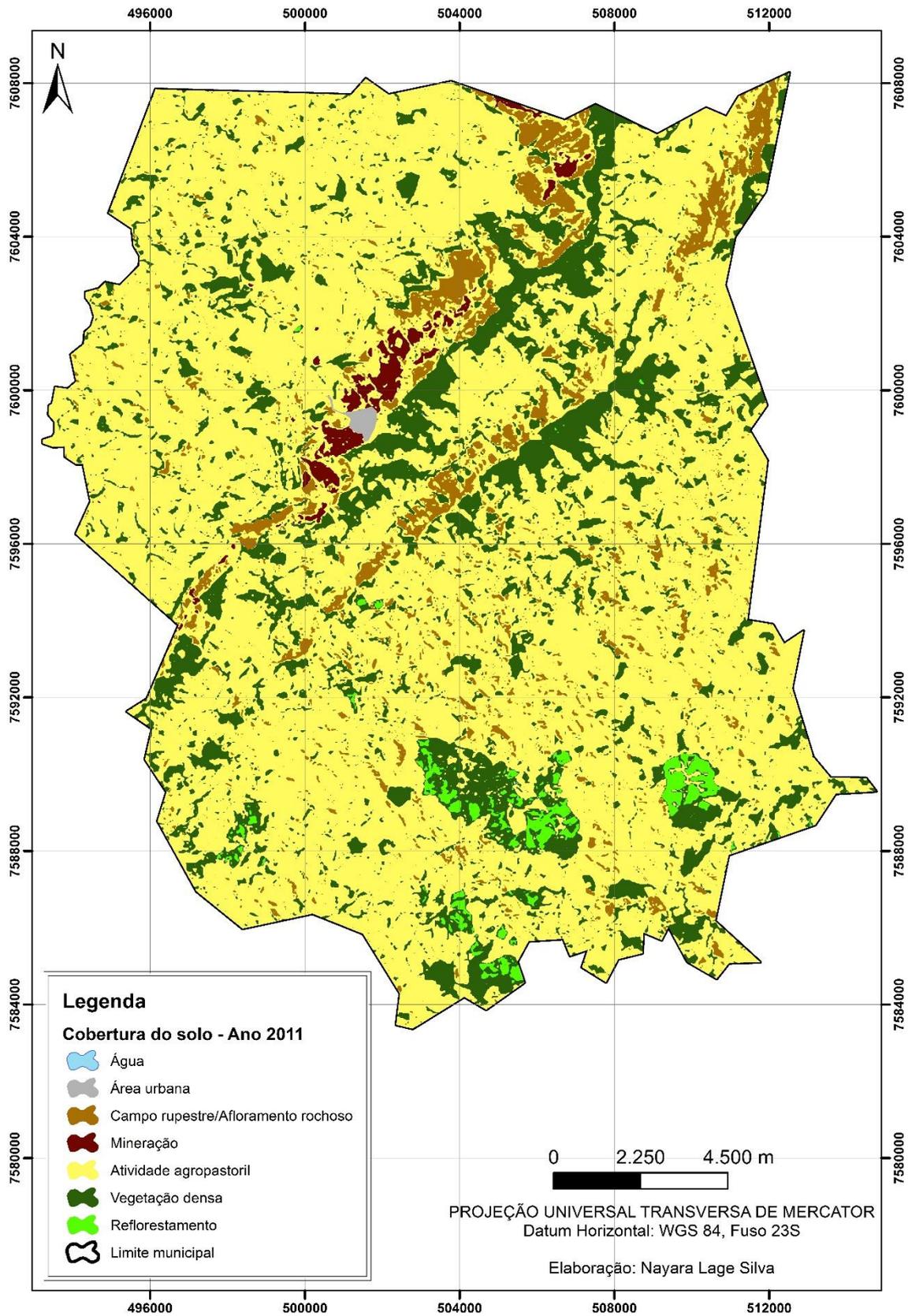


Figura 11 - Mapa de cobertura do solo do ano de 2011 no município de São Thomé das Letras

As quantificações de cada classe de cobertura do solo em quilômetros quadrados bem como sua representatividade em porcentagem são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Áreas das classes de cobertura do solo para o ano de 1984 e 2011 do município de São Thomé das Letras

Classe de cobertura do solo	Área			
	1984		2011	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Água	0,301	0,082%	0,008	0,002%
Área Urbana	0,113	0,031%	0,488	0,133%
Campo rupestre/Afloramento rochoso	87,011	23,665%	21,520	5,853%
Mineração	0,608	0,165%	3,737	1,016%
Atividade agropastoril	150,113	40,827%	273,807	74,468%
Reflorestamento	0,000	0,000%	4,113	1,119%
Vegetação densa	129,538	35,231%	64,010	17,409%
Total Geral	367,6829	100%	367,6829	100%

Analisando os dados apresentados, observa-se que no ano de 1984 há um grande predomínio das atividades agropastoris (40,82%), porém a área de vegetação densa juntamente com o afloramento rochoso (58,89%) mostra uma preservação do meio ambiente, superior ao percentual de ocupação por atividades antrópicas.

A mineração não apresenta percentual de ocupação significativo em uma análise global, porém é possível observar sua distribuição geográfica na Serra São Tomé, o que demonstra popularidade e aumento da atividade à época.

Para o ano de 2011 observa-se o surgimento da classe reflorestamento ao sul do município, representando a instalação de outras fontes de renda. Há um crescimento exponencial da atividade de mineração e um predomínio das atividades agropastoris, que substituem principalmente as áreas de vegetação densa.

A mineração cresce, substituindo áreas de afloramento rochoso/campo rupestre conforme esperado, visto que são os locais de presença do mineral quartzito. Observa-se um conflito entre as áreas de expansão da atividade minerária e da área urbana. A área urbana cresce em meio à mineração, caracterizando um conflito deste tipo de ocupação.

Com a utilização do *software Land Change Modeler* foi possível visualizar quantitativamente e de que forma ocorreram as alterações da cobertura, sendo possível determinar sobre o padrão de expansão de cada classe.

Na Figura 12 o gráfico mostra que a classe atividade agropastoril foi a atividade que mais se expandiu no município, representando um crescimento favorável ao Produto Interno Bruto – PIB e se estabelecendo como uma das atividades de maior rentabilidade, atrás somente do setor de serviços.

As classes de vegetação densa e campo rupestre/afloramento rochoso sofreram com uma maior perda de área.

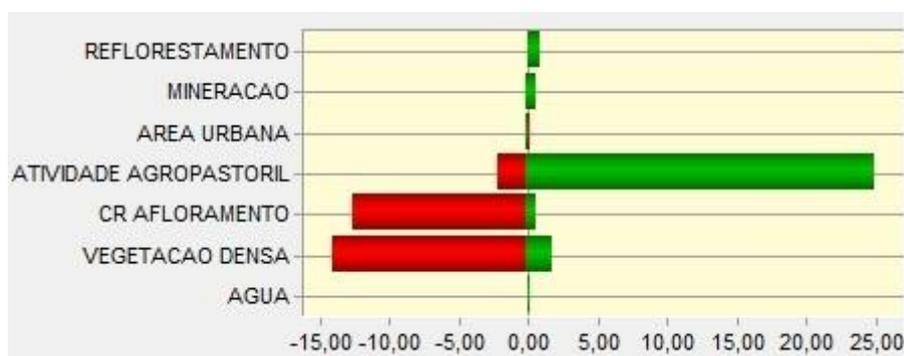


Figura 12 - Gráfico do quantitativo de perdas e ganhos das classes de cobertura do solo (%)

Analisando o gráfico da variação quali-quantitativa das classes mostrado na Figura 13, observa-se que, de forma geral, as classes de vegetação densa e campo rupestre/afloramento rochoso foram as que apresentaram maior perda de área. Já as atividades agropastoris, mineração e reflorestamento apresentaram um ganho na representatividade de ocupação de área.

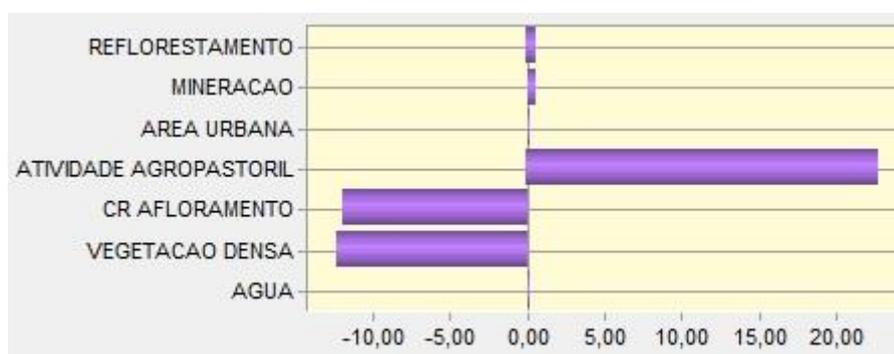


Figura 13 – Gráfico da variação quali-quantitativa das classes de cobertura do solo (%)

Em uma análise mais detalhada, são apresentados os gráficos da contribuição de cada classe na variação total das classes. Estes gráficos permitem verificar padrões de comportamento, a dinâmica de alteração, e possibilitam visualizar sob qual classe as alterações ocorrem e de quais ocorrem.

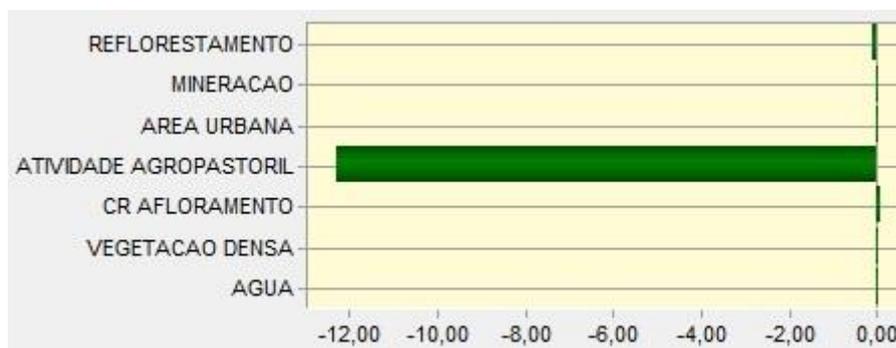


Figura 14 – Gráfico representando a contribuição da classe vegetação densa nas variações das classes (%)

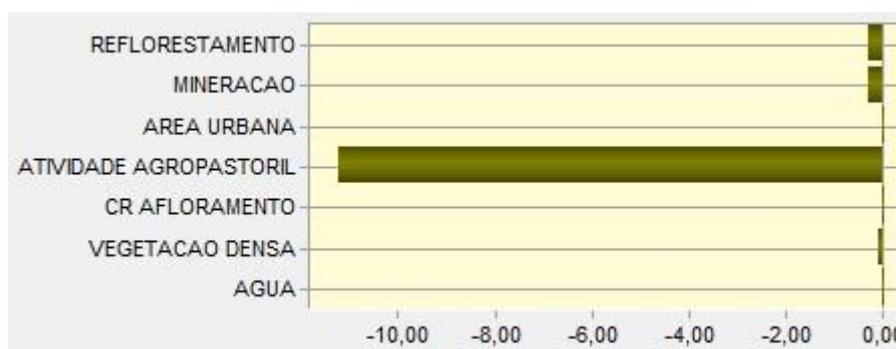


Figura 15 – Gráfico representando a contribuição da classe afloramento rochoso nas variações das classes (%)

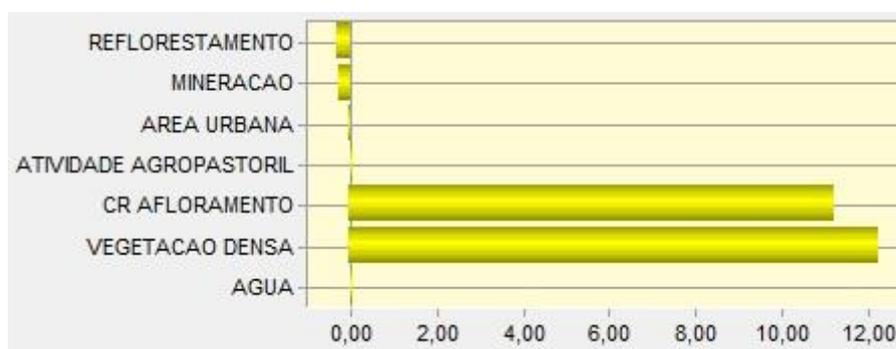


Figura 16 – Gráfico representando a contribuição da classe atividade agropastoril nas variações das classes (%)

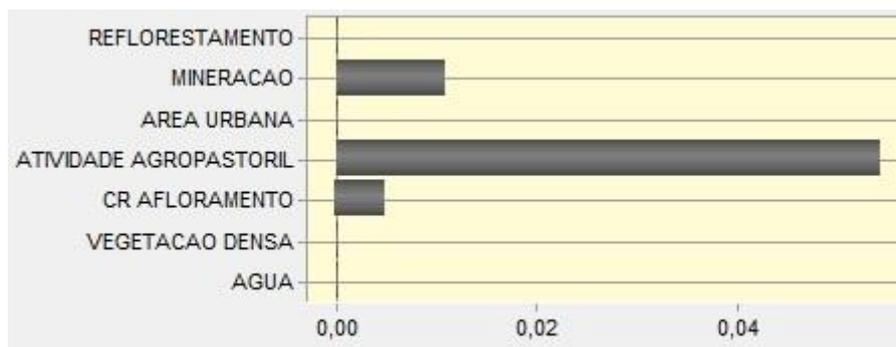


Figura 17 – Gráfico representando a contribuição da classe área urbana nas variações das classes (%)

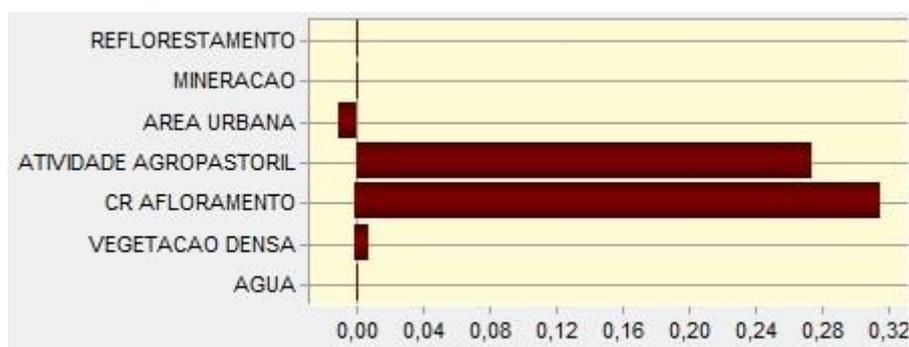


Figura 18 – Gráfico representando a contribuição da classe mineração nas variações das classes (%)

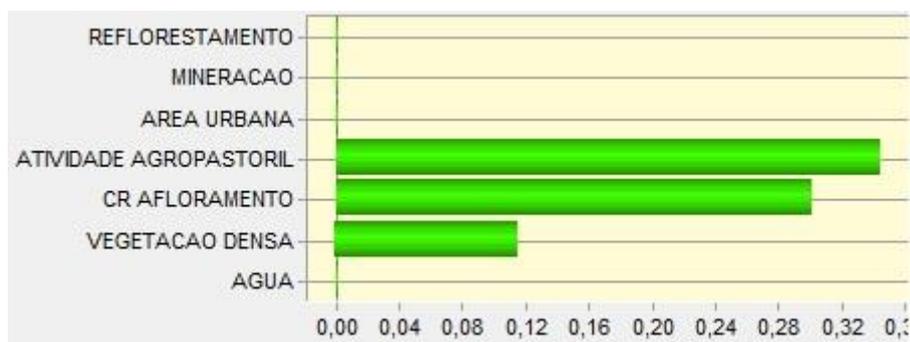


Figura 19 – Gráfico representando a contribuição da classe reflorestamento nas variações das classes (%)

Observa-se nos dados apresentados (Figura 14 e Figura 15) que a vegetação densa e campo rupestre/afloramento rochoso são ocupadas, principalmente, pela atividade agropastoril. Para a classe campo rupestre/afloramento rochoso ainda há a perda de área para a ocupação da mineração e da área urbana.

A atividade agropastoril é a atividade de maior impacto no município e mais invasora no que tange à ocupação das áreas de cobertura do solo (Figura 16). Porém, apesar de apresentar um predomínio na ocupação, a atividade de mineração é a que maior representa impactos adversos e irreversíveis ao meio ambiente na área do município.

O aglomerado urbano cresce sob as áreas de campo rupestre/afloramento rochoso, mineração e atividade agropastoril (Figura 17). Nota-se que sua expansão ocorre em proximidade as atividades de mineração, caracterizando o evidente conflito do uso do solo, mineração *versus* turismo ecológico.

Na Figura 18 é mostrado que a mineração ocupa as áreas de afloramento rochoso/campo rupestre e área de atividade agropastoril, perdendo área somente para a ocupação urbana.

Fato novo identifica-se no gráfico mostrado na Figura 19 com a introdução de nova classe: o reflorestamento. Esta atividade surge ocupando as áreas de atividades agropastoris, afloramento rochoso/campo rupestre e vegetação densa.

Com o objetivo de visualizar as mudanças supracitadas, elaborou-se o mapa de mudanças mostrado na Figura 20. Apesar de trazer muitas informações, o que pode causar dificuldade em sua análise, o mapa permite visualizar espacialmente as alterações da cobertura do solo.

No mapa se destaca a perda da vegetação densa para a ocupação de outras atividades como a agropastoril, área urbana, mineração e reflorestamento, devido a sua maior distribuição geográfica. É possível identificar também a expansão urbana sob a mineração e afloramento rochoso/campo rupestre.

Nota-se também as áreas de reflorestamento que se destacam no meio devido à sua dimensão e forma.

Já na Figura 21 é mostrado o mapa de persistência, onde é possível visualizar espacialmente as áreas que não sofreram alterações, ou seja, permaneceram desde o ano de 1984.

Nota-se que ainda há áreas de campo rupestre/afloramento rochoso e vegetação densa intactas, e que preservam os recursos naturais da região e aumentam o potencial turístico ecológico.

Observa-se que as mudanças que ocorreram ao longo do tempo se concentram na região central do município, exatamente onde se localizam predominantemente as atividades de mineração e o aglomerado urbano.

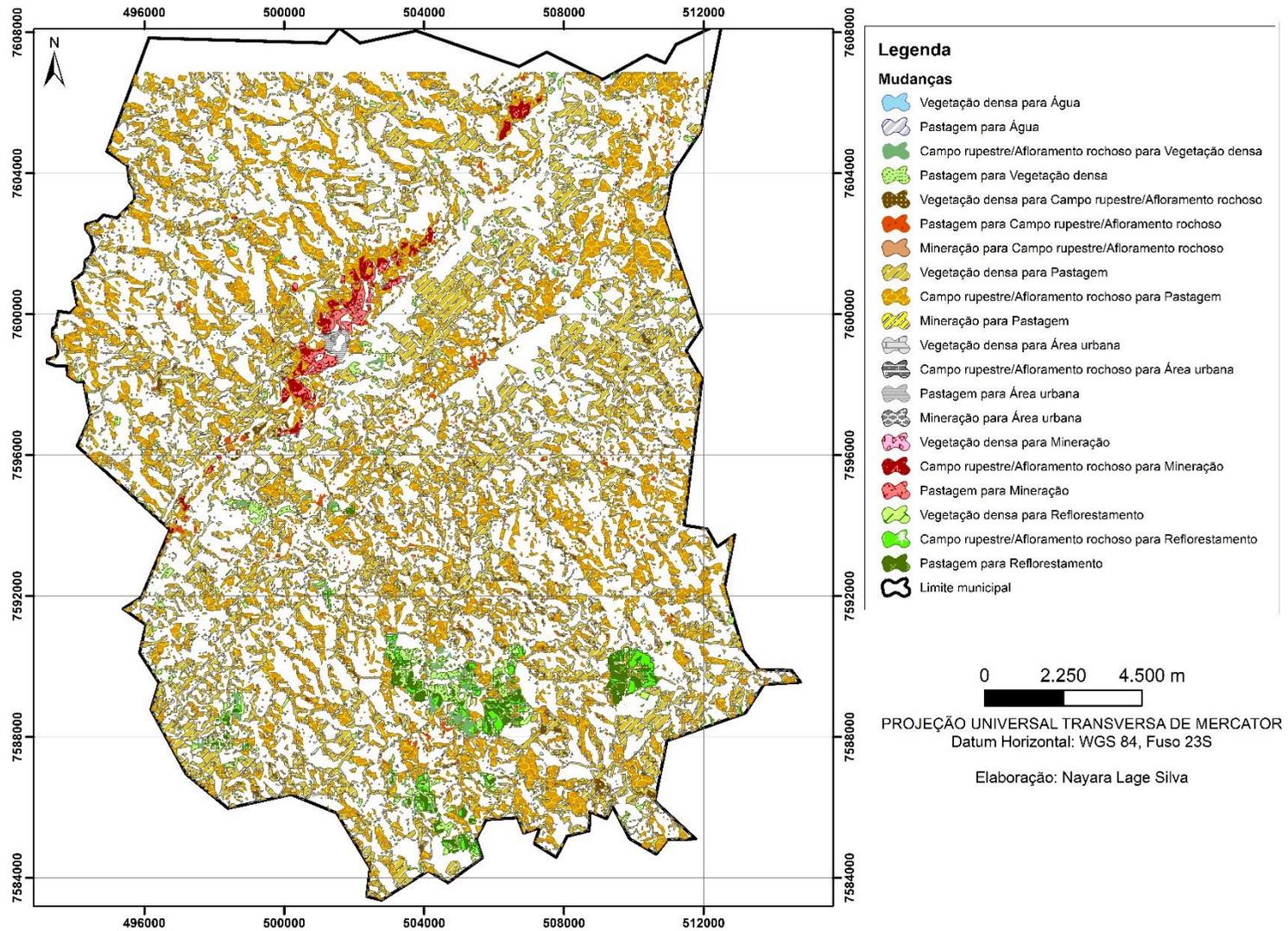


Figura 20 - Mapa de mudanças das classes de cobertura do solo entre os anos de 1984 e 2011 no município de São Thomé das Letras

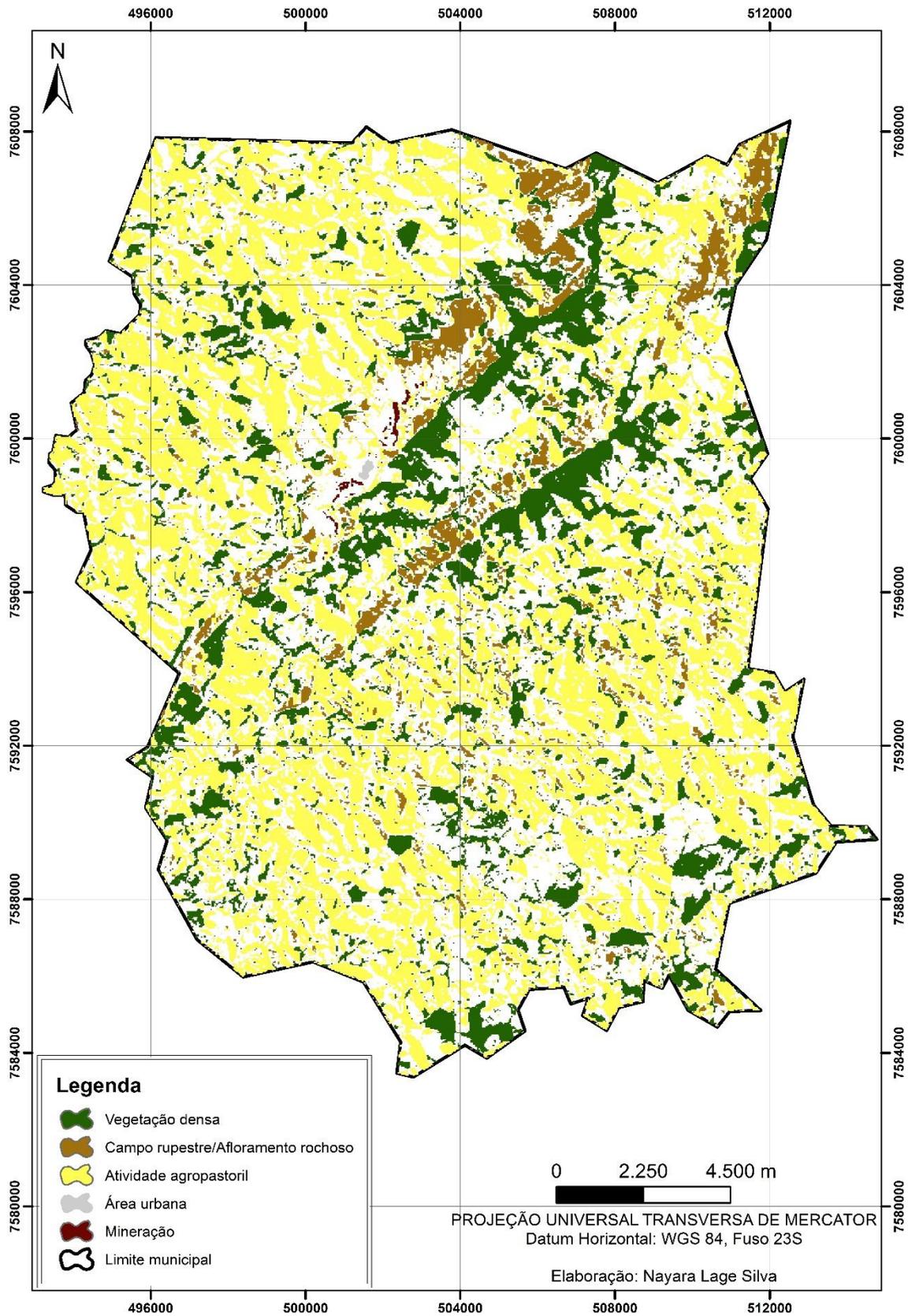


Figura 21 – Mapa de persistência das classes de cobertura do solo no município de São Thomé das Letras

## 7. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos a partir do processamento das imagens e elaboração dos mapas de cobertura do solo do município São Thomé das Letras para os anos de 1984 e 2011 foi possível observar mudanças significativas para as classes de cobertura estabelecidas, principalmente mineração, área urbana e vegetação densa.

Os resultados obtidos pós-processamento no LCM permitiram verificar que a classe de cobertura mineração expandiu predominantemente sobre campo rupestre/afloramento rochoso e que a classe atividade agropastoril e área urbana aumentou sua taxa de cobertura, sendo esta última sob a mineração.

A atividade agropastoril ocupa grande extensão do município e se caracteriza como a fonte de renda principal no que tange ao PIB, entretanto, a atividade de mineração, apesar de ocupar uma área muito inferior, apresenta maior contribuição de arrecadação municipal e estadual e de impactos adversos significativos ao meio ambiente.

Conclui-se que há necessidade de regulamentar e fiscalizar as atividades de mineração e agropastoril. Essas atividades de grande impacto negativo ambiental estão se expandindo no município sem o devido planejamento e controle. A região possui alto potencial para o turismo ecológico e há ainda um percentual significativo de vegetação preservada. O relevo fortemente ondulado na região central do município auxilia na preservação dos recursos naturais. Portanto, considerando a riqueza econômica e ambiental, faz-se urgente a conclusão do Plano Diretor e regularização ambiental das atividades econômicas.

Ressalta-se que para um refinamento dos resultados e de sua confiabilidade recomenda-se a realização de visita a campo objetivando a validação do mapeamento.

O presente trabalho poderá ser expandido aplicando técnicas de modelagem dinâmica do uso e cobertura do solo, através de outros recursos disponíveis na plataforma LCM.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- DESCHAMPS, D. *et al.* (2002). **Controle Ambiental na Mineração de Quartzito – Pedra São Tomé**. Belo Horizonte: Projeto Minas Ambiente: 204 p.
- FILHO, B. S. S. (2000). **Interpretação das imagens da terra**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais: 17 p.
- FLORENZANO, T. G. (2002). **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos: 97 p.
- JENSEN, R. J. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese: 598 p.
- LOPES, C. R. G. (2014). **Modelagem do uso e conservação dos recursos da geodiversidade no município de São Thomé das Letras - MG**, Universidade Federal de Minas Gerais. Qualificação para Mestrado: 76p.
- LUIZ, C. H. P. **Modelagem da cobertura da terra e análise da influência do reflorestamento na transformação da paisagem: Bacia do Rio Piracicaba e Região Metropolitana do Vale do Aço**. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado: 140 p.
- MATHER, P.M. (1987). **Computer processing of remotely-sensed images**, John Wiley & Sons.
- MELO, I. D. F. (2004). **Aspectos da correção geométrica de imagens orbitais**, Universidade Federal de Pernambuco: Recife 1-9p.
- NOVO, E. M. L. M. (1992). **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher. 2ª Edição: 308 p.
- NOVO, E. M. L. M. (2008). **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher. 3ª Edição: 363 p.
- RESENDE, M. A. P. *et al.* (2009). **Pedra São Tomé: Valoração regional por meio da revitalização da paisagem e da identidade cultural em São Thomé das Letras, Universidade Federal de Minas Gerais**. Projeto FAPEMIG: 776p.
- ROSA, R. (1990). **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia: 136p.
- SOUZA, G. G.; SANTOS, M. R. C. dos; COSTA, A. G. (1999). **Quartzitos de São Tomé das Letras: enquadramento geológico, caracterização tecnológica e análise ambiental**. Universidade Federal de Minas Gerais: 129 p.

## 9. APÊNDICE

### APÊNDICE A – Matriz de confusão

ANO 1984

-----  
 MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO  
 -----  
 (colunas: dados de referencia)

	CRAFlorame	Vegetdensa	Mineracao	Agua	pastagem1	pastagem2	Abstencao	Soma lin.
CRAFlorame	454 45.63%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1 0.10%	2 0.20%	0 0.00%	457
Vegetdensa	0 0.00%	262 26.33%	0 0.00%	0 0.00%	1 0.10%	0 0.00%	0 0.00%	263
Mineracao	0 0.00%	0 0.00%	33 3.32%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	33
Agua	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	48 4.82%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	48
pastagem1	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	89 8.94%	24 2.41%	0 0.00%	113
pastagem2	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6 0.60%	75 7.54%	0 0.00%	81
Soma col.	454	262	33	48	97	101	0	995

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
CRAFlorame	100.00%	99.34%
Vegetdensa	100.00%	99.62%
Mineracao	100.00%	100.00%
Agua	100.00%	100.00%
pastagem1	91.75%	78.76%
pastagem2	74.26%	92.59%

Desempenho geral: 96.58 %  
 Confusao media : 3.42 %  
 Abstencao media : 0.00 %  
 Estistica KHAT : 95.10 %  
 Variancia KHAT : 6.594e-005  
 Estistica TAU : 95.90 %

## ANO 2011

## MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO

(colunas: dados de referencia)

	pastagem1	pastagem2	refloresta	CRAflorame	mineracao	areaurbana	agua	vegetdensa	Abstencao	Soma lin.
pastagem1	1802 61.31%	75 2.55%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	9 0.31%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1886
pastagem2	32 1.09%	507 17.25%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	539
refloresta	0 0.00%	0 0.00%	96 3.27%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	96
CRAflorame	1 0.03%	6 0.20%	0 0.00%	168 5.72%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	175
mineracao	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	69 2.35%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	69
areaurbana	2 0.07%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	74 2.52%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	76
agua	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6 0.20%	0 0.00%	0 0.00%	6
vegetdensa	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	92 3.13%	0 0.00%	92
soma col.	1837	588	96	168	69	83	6	92	0	2939

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
pastagem1	98.09%	95.55%
pastagem2	86.22%	94.06%
refloresta	100.00%	100.00%
CRAflorame	100.00%	96.00%
mineracao	100.00%	100.00%
areaurbana	89.16%	97.37%
agua	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 95.75 %  
 Confusao media : 4.25 %  
 Abstencao media : 0.00 %  
 Estistica KHAT : 92.34 %  
 Variancia KHAT : 4.568e-005  
 Estistica TAU : 95.14 %