

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**LEVANTAMENTO DO USO DA TERRA POR MEIO DE
GEOTECNOLOGIAS, NO MUNICÍPIO DE LAVRAS
DO SUL, RS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Luiz Rafael Delgado Barcelos

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**LEVANTAMENTO DE USO DA TERRA POR MEIO DE
GEOTECNOLOGIAS, MUNICÍPIO DE LAVRAS DO SUL, RS**

por

Luiz Rafael Delgado Barcelos

Monografia apresentada ao Curso de Especialização do Programa de Pós-Graduação em Geomática, Área de Concentração em Tecnologia da Informação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Geomática.**

Orientador: Prof. Argentino Jose Aguirre

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Monografia de Especialização

**LEVANTAMENTO DE USO DA TERRA POR MEIO DE
GEOTECNOLOGIAS, NO MUNICÍPIO DE LAVRAS DO SUL, RS**

elaborada por
Luiz Rafael Delgado Barcelos

como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Argentino Jose Aguirre, Msc. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Jose Américo, Dr. (UFSM)

Luciano Volenhaupt Pereira, Msc.

Santa Maria, 7 de julho de 2008.

Dedico a meu pai
Luiz Carlos (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Sem o apoio e colaboração de entidades e pessoas muito especiais, esta jornada tornar-se-ia mais longa e difícil. Portanto não posso deixar de expressar minha gratidão:

À Deus, nosso criador, pela proteção.

Ao programa de Pós-Graduação em Geomática, pela oportunidade de realização da especialização.

Ao professor Argentino José Aguirre, pela dedicação confiança, disponibilidade e principalmente a paciência a mim dispensada.

À meus pais Luiz Carlos e Eurides pela força e dedicação incentivando todos os meus passos e esforçando-se para mostrar o melhor caminho.

À minha namorada Silvana pelo apoio e por compartilhar o meu caminho.

Ao Toninho, Duda, Franci, Juan, Clara e Luiza por mostrarem a importância da família.

Ao Tuca, Lê, Mauricio, Analú, Manuela e Tirzá pelo incentivo e carinho.

Ao Luciano (Roy), pela ajuda incansável e por mostrar que a vida às vezes nos presenteia com irmãos que chamamos de amigos.

Ao Tio Neider pelo apoio e auxílio prestado não só neste trabalho mas na vida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geomática, pelos ensinamentos recebidos no desenvolvimento do curso.

Aos membros da Comissão Examinadora, que gentilmente aceitaram o convite de ler e sugerir modificações para o aprimoramento da pesquisa.

RESUMO

Monografia de Especialização
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

LEVANTAMENTO DE USO DA TERRA POR MEIO DE GEOTECNOLOGIA, NO MUNICÍPIO DE LAVRAS DO SUL, RS

Autor: Luiz Rafael Delgado Barcelos
Orientador: Prof. Msc. Argentino José Aguirre
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 07 de julho de 2008.

O presente trabalho trata da determinação e quantificação do uso da terra no município de Lavras do Sul, RS, por meio de geotecnologias. Para isto foram utilizados dados providos de sensores orbitais. A análise parte da linguagem LEGAL, implementada em um sistema geográfico de informação, que possibilitou o emprego de técnicas de processamento e classificação de imagens para a geração de mapas temáticos, tais como uso da terra e declividade. A classificação da imagem se deu de forma supervisionada, utilizando-se o método estatístico Maxiver-Imc. Os dados gerados neste processo embasaram a análise espacial para a determinação do uso da terra. Os temas escolhidos para elaboração dos mapas temáticos, se deram em função do padrão de reflectância dos alvos. Através da interação de mapas de uso da terra e declividade foi possível detectar a presença de floresta e agricultura nas diferentes classes de declividade. Entre os principais resultados destaca-se a predominância dos campos na paisagem do município com 83,37% da área de estudo. A floresta ocupa 11,36% e a agricultura 4,8%. Na classe de declividade de 5% a 12% consta a maior porção de floresta, com 51% da área de floresta do município. Já a classe de declividade de 0 a 5% contém 90,3% da área de agricultura.

Palavras-chaves: geoprocessamento; sensoriamento remoto; sistema geográfico de informação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Componentes de um SIG.....	18
FIGURA 2 - Arquitetura de um SIG.....	19
FIGURA 3 - Representação das estruturas no formato vetorial e matricial.....	20
FIGURA 4 - Componentes básicos para aquisição dos dados.....	22
FIGURA 5 – Espectro eletromagnético.....	23
FIGURA 6 – Localização do município.....	
FIGURA 7 - Relevo fortemente ondulado.....	33
FIGURA 8 - Relevo com pouca ondulação.....	33
FIGURA 9 Composição RGB 2, 3 e 4.....	38
FIGURA 10 - Composição RGB 4, 2 e 3.....	38
FIGURA 11 - Composição RGB 4, 2, 3 com aplicação de filtro direcional de borda norte na banda 4.....	39
FIGURA 12 - Composição RGB 4, 2, 3 com aplicação de filtro direcional de borda na banda 2.....	40
FIGURA 13 - Composição falsa-cor (RGB 4, 2, 3), no detalhe a mata ciliar em tom mais forte, facilitando a identificação do rio.....	41
FIGURA 14 - Composição RGB 4, 2, 3 com filtro direcional de borda norte aplicado à banda 2.....	42
FIGURA 15 - Mapa de uso da terra do município de Lavras do Sul/RS.....	48
FIGURA 16 - Mapa de declividade do município de Lavras do Sul/RS.....	50
FIGURA 17 - Mapa de cruzamento de classes de declividade e áreas de floresta no município de Lavras do Sul/RS.....	52
FIGURA 18 - Cruzamento entre classes de declividade e áreas de agricultura no município de Lavras do Sul/RS.....	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Quantificação das classes de uso da terra do município.....	46
TABELA 2 - Distribuição das classes de declividade do terreno.....	49
TABELA 3 – Distribuição de floresta em classes de declividade do terreno.....	51
TABELA 4 - Distribuição de floresta nas classes de declividade do terreno.....	51
TABELA 5 - Distribuição de agricultura nas classes de declividade.....	53

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Relação de bandas e intervalos espectrais do CBERS II, adaptado do INPE.....	26
QUADRO 2 - Relação de cartas topográficas do Exército utilizadas.....	36
QUADRO 3 - Classes de declividade.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Proposição de pesquisa e justificativa do trabalho.....	12
1.2 Objetivo Geral.....	13
1.3 Objetivos Específicos.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Levantamento de cobertura e uso da terra.....	14
2.1.1 Escala de mapeamento.....	15
2.1.2 Natureza da informação básica.....	15
2.1.3 Unidade de mapeamento.....	15
2.1.4 Tamanho da menor unidade de área.....	16
2.1.5 Nomenclatura.....	16
2.2 Geoprocessamento.....	16
2.3 Sistemas de Informações Geográficas (SIG's).....	17
2.4 Sensoriamento Remoto.....	21
2.4.1 Conceitos Básicos.....	21
2.4.2 Satélites CBERS.....	25
2.4.3 SRTM - NASA (<i>Shuttle Radar Topography</i>).....	26
2.4.4 Aplicações do Sensoriamento Remoto e sua importância.....	27
2.5 Processamento Digital de Imagem.....	28
3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA E SUA LOCALIZAÇÃO.....	32
3.1 Histórico.....	32
3.2 Caracterização física da área.....	32
3.2.1 Geologia.....	32
3.2.2 Vegetação.....	34
3.2.3 Clima.....	34
4 MATERIAIS E METODOLOGIA.....	35
4.1 Materiais.....	35
4.1.1 Material de laboratório.....	35
4.1.2 Material de campo.....	36
4.2 Metodologia.....	37

4.2.1	Elaboração da base de dados cartográficos.....	37
4.2.2	Georreferenciamento de imagens.....	37
4.2.3	Processamento digital de imagens.....	38
4.2.4	Classificação digital de imagens.....	40
4.2.5	Elaboração de mapas temáticos.....	40
4.2.5.1	Mapa de uso da terra.....	40
4.2.5.2	Levantamento da rede de drenagem.....	41
4.2.5.3	Levantamento da rede viária.....	42
4.2.5.4	Mapa de declividade.....	43
4.2.5.5	Mapa de cruzamento de áreas de florestas com classes de declividade.....	44
4.2.5.6	Mapa de cruzamento de áreas de agricultura com classes de declividade.....	44
4.2.6	Reambulação.....	45
4.2.7	Edição final de mapas.....	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1	Mapa de uso da terra.....	46
5.2	Mapa de declividade.....	49
5.3	Mapa de cruzamento de áreas de floresta com classes de declividade.....	51
5.4	Mapa de cruzamento entre classes de declividade e áreas de agricultura.....	53
6	CONCLUSÃO.....	55
6.1	Considerações finais.....	55
6.2	Recomendação.....	55
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

1.1 Proposição de pesquisa e justificativa do trabalho

A utilização de recursos naturais, de forma inadequada pelo homem tem sido fonte de degeneração dos mesmos. Esta ação é notada no solo, água, ar, vegetação e fauna. Estes elementos por sua vez são interligados e a alteração de um, influência aos outros. Os processos de erosão intensos, as inundações, o assoreamento de reservatórios e cursos d'água são conseqüências do mau uso do solo.

Para planejamento adequado no manejo de uma área devem-se considerar suas potencialidades e limitações. O levantamento de uso da terra é de grande utilidade para o conhecimento das formas de uso e ocupação do espaço. Constitui uma importante ferramenta na orientação e tomada de decisão, na medida em que os efeitos do uso inadequado causam deterioração no ambiente. Espera-se que o levantamento de uso da terra forneça informações para o maior número possível de usuários, permitindo o planejamento em âmbito regional e tornando-o mais eficaz. Estes levantamentos constituem um aspecto fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço. A aplicação destas informações é muito ampla, podendo ser utilizadas na identificação de áreas com processos erosivos avançados, avaliação de impactos ambientais, levantamento de recursos hídricos, controle de inundações, formulações de políticas econômicas entre outros.

É importante destacar também que sob diferentes avanços e novas tecnologias se pode alcançar e elevar índices de desenvolvimento em determinado intervalo de tempo, através de um manejo mais adequado dos recursos naturais.

Uma destas tecnologias é o sensoriamento remoto, que em conjunto com as técnicas de geoprocessamento permite avaliar, na dimensão temporal, o uso da terra e suas aptidões. Tal técnica permite a geração de dados que possibilitam analisar, monitorar e localizar áreas em conflito ambiental, com riscos de serem degradadas e avaliar as potencialidades de exploração agrícola, pecuária e florestal. Desta forma, por meio de representações gráficas, têm-se condições de realizarem diagnósticos e prognósticos de áreas visando sua utilização racional.

Uma das maiores vantagens deste tipo de estudo é a facilidade de analisar grandes extensões e o número de áreas estudadas, além de custo, tempo e principalmente na capacidade de generalização dos resultados, como em um mapeamento de uso da terra. O

conhecimento do uso da terra é de grande interesse para a compreensão da organização dos padrões espaciais, porém sem um aprofundamento maior das classes apresentadas.

1.2 Objetivo Geral

Analisar o uso da terra utilizando técnicas de geoprocessamento, para levantamento de informações físicas que auxiliem na elaboração de planos e metas destinados à melhoria de condições sociológicas e ambientais no município de Lavras do Sul, RS.

1.3 Objetivos Específicos

- Identificar e quantificar o uso da terra na área em estudo;
- Quantificar a ocupação das áreas de agricultura e floresta nas classes de declividade;
- Quantificar a rede viária (estradas pavimentadas e não pavimentadas);

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Levantamento de cobertura e uso da terra

O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) define por levantamento de cobertura e uso da terra “o conjunto de operações necessárias a uma pesquisa temática que pode ser sintetizada através de mapas”. Este indica a distribuição geográfica de tipologia, identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre.(IBGE, 2006).

O termo cobertura da terra é definido por Briassoulis (2000), como sendo a caracterização do estado físico, químico e biológico da superfície terrestre. Para a autora o termo uso da terra é referente aos propósitos humanos associados àquela determinada cobertura.

Segundo Briassoulis (2000), uma classe de cobertura da terra pode suportar usos múltiplos: como a extração de madeira, preservação de espécies e recreação em áreas de floresta. Desta forma também um sistema de uso pode comportar diversas coberturas como em áreas onde se trabalha a pecuária e silvicultura concomitantemente. A autora salienta ainda que uma mudança de uso da terra pode acarretar alterações na sua cobertura. Também podem ocorrer mudanças na cobertura sem a alteração de seu uso.

Ao representar a distribuição de classes de uso e cobertura, o levantamento torna-se de grande importância na avaliação de indicadores ambientais na determinação da capacidade de uso da terra e na determinação de melhores técnicas de manejo empregadas na produção. Desta forma contribui para indicação de alternativas que promovam um desenvolvimento com menores impactos para o meio-ambiente. (BRIASSOULIS, 2000).

O IBGE (2006) ressalta que um levantamento de cobertura e uso da terra objetiva fornecer informações do território a usuários das mais variadas áreas, em escalas que possam ser comparadas entre si e periodicamente atualizadas. Para que isso ocorra precisa observar quatro parâmetros: escala do mapeamento; natureza da informação; unidade de mapeamento com a definição da menor área a ser mapeada e a nomenclatura.

2.1.1 Escala de mapeamento

A escala pode ser definida como a proporção entre a representação gráfica de um objeto e a sua medida real. Lacoste (1989) afirma que a análise e explicação de fenômenos dependem da escala em que são observados. A realidade aparece diferente segundo a escala das cartas, portanto pode conduzir a diferentes análises.

O IBGE (2006) associa as seguintes escalas aos objetivos de mapeamento:

Mapeamentos em escalas maiores (escalas superiores a 1:50.000): atendem a problemas específicos e decisões localizadas, pois abrangem diferentes escalas de detalhamento.(IBGE, 2006).

Mapeamentos de reconhecimento (1:50.000 a 1:750.000): atendem a uma ampla faixa de objetivos, servindo a planejamentos regionais, de bacias hidrográficas, estadual e nacional. (IBGE, 2006).

Mapeamentos exploratórios (1:750.000 a 1:2500.000): são utilizados no preparo de programas nacionais, abrangendo áreas extensas. (IBGE, 2006).

2.1.2 Natureza da informação básica

A informação poderá ter varias procedências como levantamentos de campo, aerofotogramas, imagens orbitais, entre outros. O tipo e a quantidade e qualidade de informação obtida irá depender de características técnicas dos sensores. Com base nesses parâmetros poderá ser requerida a agregação de dados externos.(IBGE, 2006).

2.1.3 Unidade de mapeamento

O IBGE (2006) define unidade de mapeamento como a representação da homogeneidade e diversidade de objetos que recobrem a superfície da terra. Esta corresponde a uma cobertura considerada homogênea, que pode ser claramente distinguível das unidades em seu entorno e por representar uma significativa porção de terra em uma dada escala. No entanto ao definir um mapeamento é preciso considerar que a cobertura da terra ocorre sempre com uma combinação de superfícies de maior ou menor grau de homogeneidade e que dentro do homogêneo existe heterogeneidade.

2.1.4 Tamanho da menor unidade de área

O IBGE (2006) recomenda seguir algumas premissas para determinar a menor unidade de área representada. É importante observar sua representatividade na escala do mapeamento e a capacidade de representar características essenciais do terreno. Andersom (1979) ressalta que em alguns casos o uso da terra não pode ser identificado com a precisão exigida para a menor unidade de uso mapeável, enquanto que em outros podem ser identificados, porém, são áreas pequenas demais para serem representadas numa determinada escala.

O IBGE (2006) considera adequado representar a menor área mapeável por um quadrado de 5mm x 5mm. Esta área, por tanto, está relacionada com a escala do mapeamento.

2.1.5 Nomenclatura

Segundo o IBGE (2006) a construção de uma nomenclatura para o uso e a cobertura da terra precisa estar de acordo com a diversidade do território a ser mapeado e estar compatível com a escala de trabalho. Para garantir a reprodução da informação por interpretes variados, deve ser uma nomenclatura clara e precisa, não comportando ambigüidade.

2.2 Geoprocessamento

O geoprocessamento é destinado para o planejamento urbano, regional, agrícola e ambiental exigindo um conhecimento multidisciplinar, uma vez que todo planejamento físico depende fundamentalmente de informações atualizadas sobre a estrutura de ocupação do solo (BOLFE 2001).

Já Câmara; Medeiros (1998, p.3) conceitua geoprocessamento da seguinte forma:

Denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Segundo Teixeira (1997), geoprocessamento é a tecnologia multidisciplinar que abrange o conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espacialmente referenciados.

Desta forma o geoprocessamento apresenta uma grande aplicabilidade e interliga várias áreas do conhecimento. Rocha (2000, p.210) definindo-o de uma forma bastante ampla:

Uma tecnologia transdisciplinar que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para a coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Assad (1998) ressalta que o principal objetivo do geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas determinem as evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico e as suas inter-relações.

Essas evoluções associadas às imagens de satélite e a informática propiciaram uma abrangência do conhecimento científico contribuindo para o desenvolvimento de uma área de estudo, o geoprocessamento.

Bolfe (2001, p.7) salienta que:

[...]a evolução da tecnologia dos sensores remotos, processamento de dados eletronicamente e a popularização de equipamentos como GPS (Sistema de Posicionamento Global), “*scanner*”, “*plotter*”, computadores pessoais (*Laptop*) com capacidade de processar uma grande quantidade de informações em um pequeno espaço de tempo, tem despertado o interesse dos mais diferentes profissionais.

Ruhoff (2004, p.7), afirma que “a tecnologia de Geoprocessamento enfatiza a representação de fenômenos espaciais de forma estática”. No entanto, um grande conjunto de fenômenos espaciais são inerentemente dinâmico, e as representações estáticas em Sistema de Informações Geográficas não capturam de forma adequada.

Assim, Câmara; Medeiros (1998) afirmam que existem diferentes fenômenos geográficos à se distribuírem sobre a superfície da terra, estabelecendo padrões de ocupação, sendo estes representados por diferentes formas de relação na qual o geoprocessamento procura esquematizar através de técnicas implícitas e explícitos de sua inter-relação.

Neste contexto, Câmara; Medeiros (1998, p. 5) destacam alguns conceitos chaves e o seu significado

- Relação espacial: um fenômeno espacial (exemplo a topografia) está relacionado com o entorno de forma tão intensa quanto maior for a proximidade de localização.
- Relação temática: as características de uma região geográficas são moldadas por um conjunto de fatores. Assim, as formas geológicas, o solo, o clima, a vegetação e os rios formam uma totalidade inter-relacionada.
- Relação temporal: a fisionomia da terra está em constante transformação, em ciclos variáveis para cada fenômeno.
- Relação topológica: de particular importância na representação computacional, às relações topológicas como adjacência, pertinência e interseção, permitem estabelecer os relacionamentos entre objetos geográficos.

Segundo Moreira (2003), o geoprocessamento está empregado em diversas áreas do conhecimento científico, dentre as quais podem-se citar a Cartografia, a Geografia, a Agronomia e a Geologia.

Um exemplo de geoprocessamento é o levantamento da hidrologia da superfície em que o imageamento de uma região permite identificação da cobertura vegetal, das áreas de conflito em relação ao seu uso adequado, entre outros. Tais análises são subsídios para a tomada de decisão nos planejamentos. (RODRIGUES, 1990).

2.3 Sistemas Geográfico de Informação (SIG's)

Aranoff (1989), conceitua o sistema de informação geográfica como um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados, é ainda como um sistema de captação, armazenamento, visualização, análise e apresentação de dados.

EDUCASERE (2006) diz que um Sistema de Informações Geográficas (SIGs) é composto por hardwares, softwares, dados e pessoas para ajudar na manipulação, análise e apresentação de informações ilustrado na figura 1.

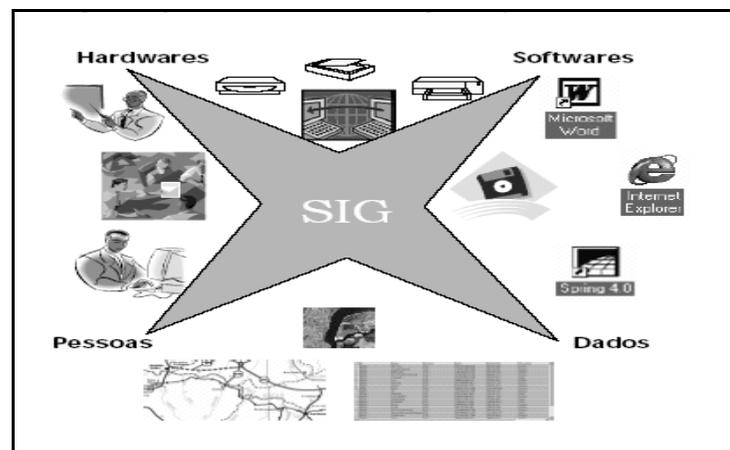


Figura 1 - Componentes de um SIG
Fonte: EDUCASERE (2006)

Também é importante ressaltar Câmara; Medeiros (1998, p.3), quando o autor enfatiza que :SIG's são sistemas cujas principais características são "[...] integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de

cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados; consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados"

Pode-se considerar que um SIG possui os seguintes componentes: interface com o usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados. A relação entre estes componentes é hierárquica conforme mostra a figura 2 (INPE, 2006a):

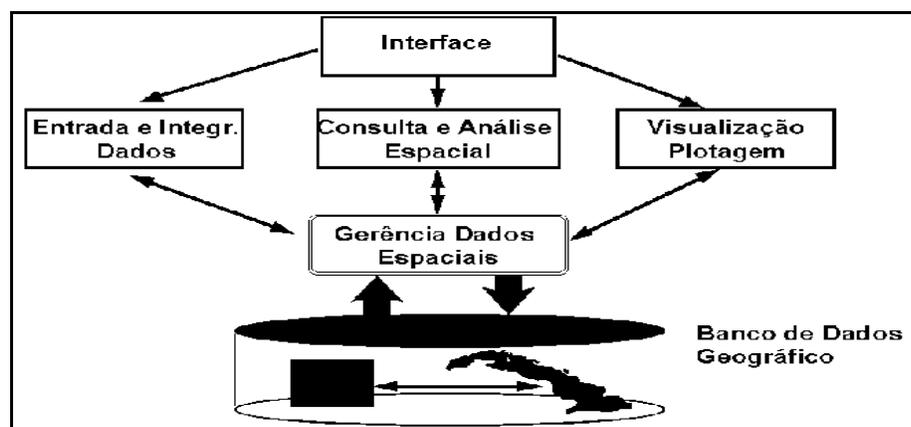


Figura 2 - Arquitetura de um SIG
Fonte: INPE, 2006a.

O Sistema de Informações Geográficas pode trabalhar além de dados geocodificados; superposição de informações temáticas das mais variadas áreas; estruturação de dados geo-ambientais, políticos, sociais e econômicos; definição do uso da terra; avaliação da percentagem de cobertura temática (agricultura, floresta, campos, lâmina d'água, entre outras) em determinada região; determinação de locais para instalação de complexos industriais, portos, barragens, etc.; avaliação da tendência de crescimento urbano. (BOLFE, 2001).

Segundo Rocha (2000) todos estes dados são armazenados e processados subdividindo o "SIG" em dois subsistemas distintos: dados gráficos, espaciais ou geográficos, que descreve as características geográficas da superfície (forma e posição); e dados não-gráficos, alfanuméricos ou descritivos, que descrevem os atributos das características.

Conforme o INPE (2006a), os dados espaciais podem armazenados sob camadas temáticas, planos de informação ou mapas, podendo ser representado as estruturas no formato distintas vetor (*Vector*) e matricial (*Raster*), dependendo do objetivo em vista. (FIGURA 3).

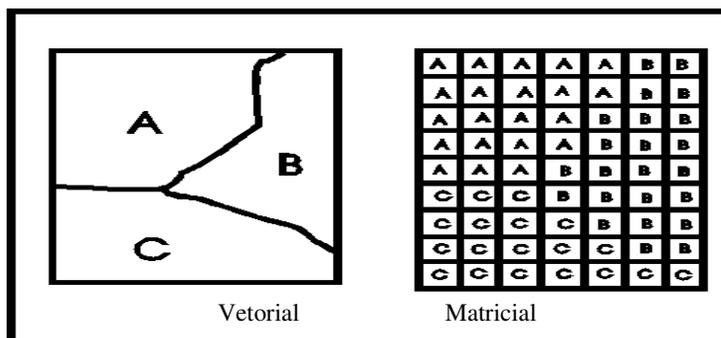


Figura 3 - Representação das estruturas no formato vetorial e matricial.
Fonte: INPE (2006a)

Ainda o mesmo autor afirma que estes mapas podem ser representados na forma de arcos, (linhas), incluindo os nós (pontos) para montar uma representação topológica. A topologia construída é do tipo arco-nó-região: arcos se conectam entre si através de nós (pontos inicial e final) e arcos que circundam uma área definem um polígono (região). (INPE 2006a).

Neste contexto Ruhoff (2004) afirma que os mapas temáticos mostram uma região geográfica particionada em polígonos segundo valores relativos a um tema qualquer. Já os mapas cadastrais apresentam objetos identificáveis através de uma representação topológica.

Estes mapas além de representarem determinado espaço, área, região podem combinar dados de diversas naturezas e analisados espacialmente dentro de uma escala temporal.

Assim um SIG tem fundamental importância na análise espacial e temporal: (INPE 2006a)

o que distingue um SIG de outros tipos de sistemas de informações são aquelas funções que possibilitam a realização de análises espaciais (geográfica). Tais funções utilizam os atributos espaciais; buscando fazer simulações (modelos) sobre os fenômenos do mundo real, seus aspectos ou parâmetros.

Segundo Sabins (1999), com o uso do Sensoriamento Remoto no mapeamento de uma determinada área propicia a realização de um levantamento sistemático da superfície da terra, categoriza os diferentes usos em classes associadas ao Sistema de Informação Geográfica, simulando a dinâmica espacial do uso da terra com a produção de séries temporais de mapas para uma mesma área.

Para Soares Filho (2005), através de mapas temporais das mudanças pode-se identificar as tendências da dinâmica da paisagem na área de estudo, incluindo suas taxas

liquidas e brutas para cada período analisado, como também a evolução dessas taxas através do tempo.

2.4 Sensoriamento Remoto

2.4.1 Conceitos

De acordo com Pinto (1991), a utilização do sensoriamento remoto com imagens de satélite, teve início na década de 60, as imagens orbitais foram escolhidas pelas suas características espectrais e pela sua repetitividade na discriminação de alvos que ocorrem na superfície, para mapeamentos e monitoramento ambiental.

Já Novo (1998, p.2) afirma que:

O sensoriamento remoto consiste na utilização conjunta de modernos instrumentos (sensores), equipamentos, para o processamento e transmissão de dados e plataformas (aéreas ou espaciais) para carregar tais instrumentos e equipamentos, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações.

Desta forma o sensoriamento remoto pode ser entendido como processo de leitura realizado através de dispositivos (sensores), colocados em satélites ou aeronaves, onde os dados são coletados remotamente, para gerar informação, seja sobre objeto, área ou fenômeno para que estes sejam analisados.

Este conceito é reafirmado por Rocha (2000, p.115), que afirma que “a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da terra, sem contato com eles”.

Neste sentido, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2006a), conceitua sensoriamento remoto como um conjunto de atividades cujo objetivo principal reside na caracterização das propriedades de alvos naturais e artificiais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, por eles refletido ou emitido, com o objetivo coletar informações de uma área sem entrar em contato direto através de fotografias aéreas ou por imagens de satélites.

Loch (2001, p. 87) afirma que o objetivo do sensoriamento remoto “reside na caracterização das propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante, refletido ou omitido pelos mesmos”.

O sistema de aquisição de dados por sensoriamento remoto é composto por uma fonte de energia eletromagnética, por um sensor que transforma a energia proveniente do alvo em sinal e por um analisador que transforma este sinal em informação. (NOVO, 1998).

Os sensores remotos dos satélites podem ser ativos ou passivos. Os sensores ativos possuem sua própria fonte de radiação eletromagnética (Ex: radares), já os sensores passivos que apenas captam a energia emitida ou refletida pelo alvo. No esquema processual, do sensoriamento remoto os componentes básicos para a aquisição dos dados são: (INPE, 2006a). (FIGURA 4).

- fonte de radiação eletromagnética;
- o alvo que recebe, absorve e reflete a radiação;
- sensor;
- plataforma que transporta o sensor;
- atmosfera por onde se propaga a energia;
- produto resultante das interações entre a radiação e o alvo.

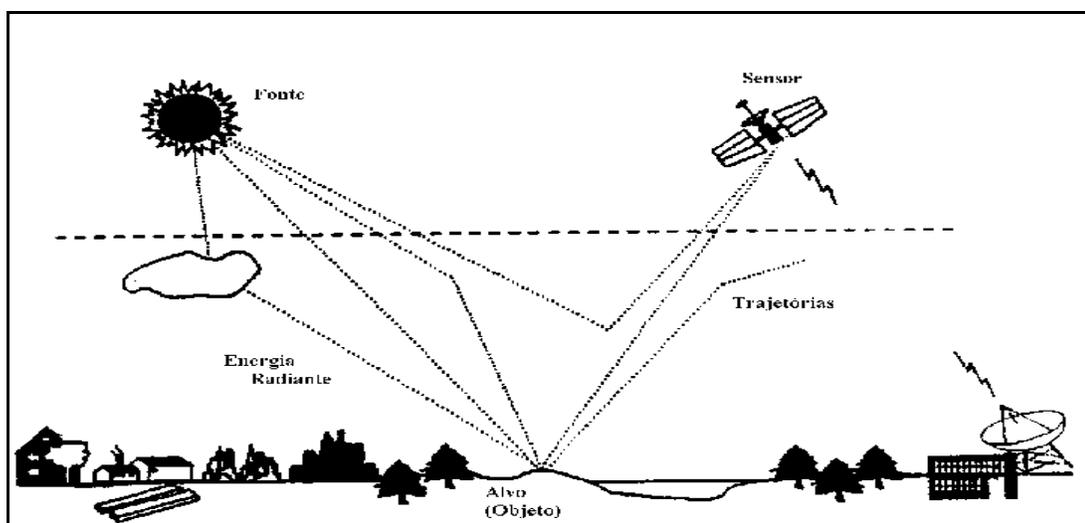


Figura 4 – Componentes Básicos para Aquisição dos Dados
Fonte: INPE, (2006a).

A fonte emite a radiação eletromagnética que atinge o alvo após sua propagação na atmosfera. O alvo reflete porções de energia (que atingem as plataformas sensoras) e/ou absorve parte da energia recebida. As plataformas registram a energia proveniente do alvo que será processada para posterior análise e interpretação. (INPE, 2006a).

Assim, é dessa forma que se encontram nestes recursos uma interação da REM com o meio físico, ou seja, em um modelo corpuscular (ou quântico) a REM é concebida como o resultado da emissão de pequenos pulsos de energia. No modelo ondulatório a REM se propaga na forma de ondas formadas pela oscilação dos corpos elétrico e magnético. (INPE, 2006a).

Segundo Rosa (1995), é a propagação da radiação segundo o “Modelo Ondulatório” que sob a forma de ondas eletromagnéticas, e de acordo com seu comprimento e frequência, representam a quantidade de energia associada aos processos de emissão ou absorção pela matéria ou alvo.

Qualquer fonte de radiação, é caracterizada pelo comportamento de sua energia ao longo do espectro eletromagnético. (INPE, 2006a).

O alvo que recebe a radiação proveniente de uma fonte, tanto absorve como reflete uma certa quantidade de energia. Na superfície terrestre, este fluxo radiante deixa a Terra em direção ao sensor, o produto das interações ocorridas entre a radiação e o alvo, é o que se quer registrar. (INPE, 2006a).

Quando classificados segundo a região espectral na qual operam, os sensores que atuam na região óptica do espectro podem ser denominados de duas formas: sensores termais ou sensores de energia solar refletida. Sendo que os primeiros operam em uma faixa espectral que vai de $0,7\mu\text{m}$ a $1,5\mu\text{m}$, conhecida como infravermelhos distante; e os demais, sensores de energia solar refletida, operam em uma faixa de $0,38\mu\text{m}$ a $3,0\mu\text{m}$, que se subdivide em visível (de $0,38$ a $0,72\mu\text{m}$), infravermelho próximo (de $0,72$ a $1,3\mu\text{m}$) e infravermelho médio (de $1,3$ a $3,0\mu\text{m}$). (INPE, 2006a).

As regiões do espectro eletromagnético utilizadas pelos sensores variam da região ultravioleta à região de microondas, ilustrado no espectro óptico. (FIGURA 5).

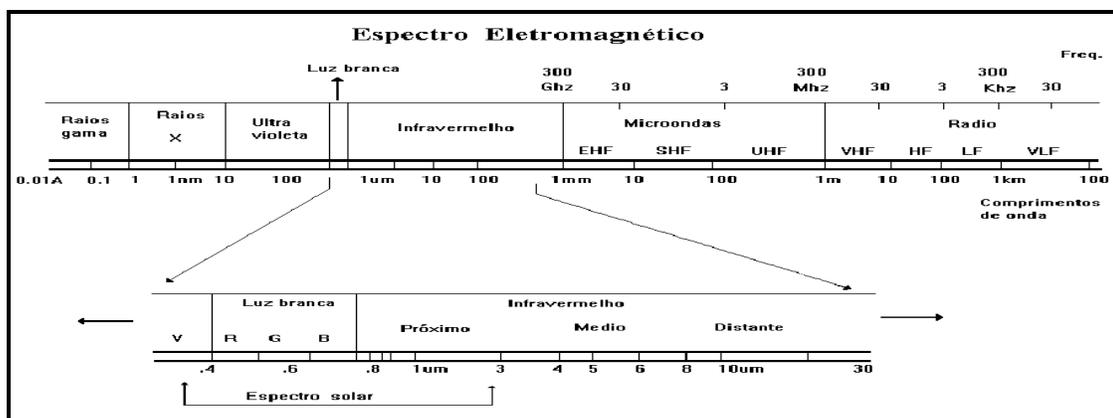


Figura 5 - Espectro eletromagnético
Fonte: INPE (2006a).

O sistema de Aquisição de dados por sensoriamento remoto é composto por uma fonte de energia eletromagnética, por um sensor que transforma a energia proveniente do alvo em sinal e por um analisador que transforma este sinal em informação. (INPE, 2006a).

Assim entende-se que para todo o processo de observação, obtenção e análise dos

dados o técnico deve conhecer alguns parâmetros de desempenho dos sistemas sensores para cada tipo de aplicação como a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal (INPE, 2006a), que serão abordadas a seguir.

Segundo Silva (1995, p.6) a resolução espacial é “definida como o menor elemento de área que um sistema sensor é capaz de distinguir”, ou seja, uma medida relacionada à nitidez da imagem na qual o objeto pode ser identificado na imagem. Para sensores com resolução espacial de 30m, a menor área do terreno capaz de refletir energia que o sensor pode captar é de 900m².

Silva Ainda diz que a resolução espectral (1995, p.8) é a “menor porção do espectro eletromagnético que um sistema sensor é capaz de segmentar”. Isto é a medida em relação à largura das faixas espectrais na qual o sensor opera, ou seja, quanto mais estreitas as bandas (canais) maior será a capacidade do sensor de registrar pequenas variações do comportamento espectral, está relacionada ao número de bandas do espectro eletromagnético que o sensor tem a capacidade de individualizar

Também Silva (1995, p.7) fala da resolução radiométrica que é “definida como a menor diferença de brilho que um sistema sensor é capaz de perceber”. Ele determina a diferença de brilho que um sistema sensor pode distinguir, ou seja, se o alvo pode ser visto na imagem, em função do seu contraste com os alvos vizinhos, representado pelos níveis de cinza, sendo que quanto maior o número de cinzas, maior a resolução. Hoje o melhor sensor de melhor resolução é do satélite Quick Bird, com 11 bits, que resulta em 2.048 números digitais, sendo que a maioria dos sensores possui 8 bits de resolução radiométrica, resultando em números digitais que variam de 0 a 255.

O mesmo autor (1995, p.10) relata a resolução temporal (repetitividade) definindo-a “como a frequência com o qual o sistema sensor é capaz de imagear o alvo”. Ela determina o período mínimo a ser aguardado para um novo imageamento de determinado alvo, ou seja, é determinado pelo número de dias que o sensor do satélite leva para rastrear a mesma superfície. Esse intervalo de tempo é que se dá pela combinação dos movimentos de rotação da terra e de órbita polar do satélite

A utilização do sensoriamento remoto através de suas técnicas, busca fornecer subsídios para elaborar, executar e monitorar projetos de forma que se possa manusear e atingir os objetivos esperados, como por exemplo, a utilização de imagens de satélite para elaborar mapa de uso da terra, mapa de conflitos de uso, entre outros, visando a caracterização, planejamento e monitoramento de uma determinada área.

No presente estudo para a diferenciação de áreas o satélite o CBERS.

2.4.2 Satélite CBERS

Os governos de Brasil e China assinaram em 06 de Junho de 1988 um acordo de parceria envolvendo Academia Chinesa de Tecnologia espacial (CAST) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esta parceria deu origem ao programa CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. (INPE, 2005b).

O primeiro satélite fruto deste acordo foi o CBERS-1, que foi lançado dia 14 de outubro de 1999 do centro de lançamento de Tayuan, na China. O segundo satélite, o CBERS-2, foi lançado dia 21 de outubro de 2003 do mesmo centro de lançamentos. (INPE, 2005b).

O satélite CBERS-2 possui os módulos de “carga útil” e de “serviço”. O módulo de carga útil contém a Câmera Imageadora de Alta Resolução, Imageador por Cobertura de Média Resolução (IRMSS), Câmera Imageadora com Amplo Campo de Visada (WFI) e o Repetidor para o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais. O módulo de “serviço” contém os demais equipamentos que garantem o suprimento de energia, telecomunicações e funções necessárias para a operação do satélite. (INPE, 2005b).

A câmera imageadora de alta resolução, possui uma resolução espacial de 20 metros, divididos em 4 bandas espectrais e uma pancromática, abrangendo a região que vai do espectro visível ao infravermelho próximo. Seu campo de visada é de 120 km. Presta-se para o estudo de vegetação, agricultura, água, meio-ambiente, solos e geologia. (INPE, 2005b). (QUADRO 1).

Banda	Intervalo comprimento de onda	Correspondente
Banda 1	0,45 - 0,52 μm	Azul
Banda 2	0,52 - 0,59 μm	Verde
Banda 3	0,63 - 0,69 μm	Vermelho
Banda 4	0,77 - 0,89 μm	Infravermelho próximo
Banda 5	0,51 - 0,73 μm	Pancromática

Quadro 1 - Relação de bandas e intervalos espectrais do CBERS II, adaptado do INPE
Fonte: INPE (2005b).

O Imageador por Varredura de Média Resolução (IRMSS) trabalha com espectros na faixa do infravermelho médio, divididas em duas bandas e uma pancromática, com resolução

espacial de 80 metros mais uma banda na região do infravermelho termal com resolução espacial de 160 metros. Tem a mesma aplicação da câmara imageadora de alta resolução, porém, em regiões maiores. É também usado para o estudo de fenômenos que apresentam alteração da temperatura na superfície. (INPE, 2005b).

A Câmera Imageadora com Amplo Campo de Visada (WFI) pode imagear grandes extensões territoriais, com até 900 Km. Esta característica a torna importante para o estudo de fenômenos representados em escala pequena. Presta-se para a elaboração de mosaicos nacionais e estaduais, geração de índices de vegetação, monitoramento de safras agrícolas e queimadas entre outros. (INPE, 2005b).

O satélite opera em uma altitude de 778 Km. com cerca de 14 revoluções diárias, leva 26 dias para obter a cobertura completa da terra. (INPE, 2005b).

2.4.3 SRTM-NASA (*Shuttle Radar Topography Mission*)

O projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) foi desenvolvido pela NASA, NIMA, DoD dos Estados Unidos e das agencias espaciais da Alemanha e da Itália. Seu objetivo foi a coleta de medidas tridimensionais para a formação de modelos digitais de elevação. A missão foi realizada a bordo do ônibus espacial *Endeavour*, no qual foi instalado um mastro de 60 metros, que possui em sua extremidade antenas para a captação das bandas C e X. Teve seu sobrevôo realizado no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000 e no qual percorreu 16 órbitas por dia, totalizando 176 órbitas. (VALERIANO 2004).

Nesta missão foi concluída a cobertura de 80% da superfície terrestre, entre as latitudes 60° N e 56° S, gerando um volume bruto de 12 Tb de dados. (PROJETO SRTM, 2006).

Em paralelo à montagem do modelo digital de elevação, é realizado o processamento de dados de locais específicos, selecionados pela equipe do SRTM, onde são gerados dados em mapas e imagens, com 30 metros de resolução. As demais localidades ficariam com uma resolução de 90 metros. (PROJETO SRTM, 2006).

Valeriano (2004) ressalta que estes dados também são disponibilizados na sua forma bruta, extraída diretamente do processamento, sendo assim podem conter erros como: áreas vazias; massas de água sem formato plano; pontos com cotas extremamente altas (picos) ou extremamente baixas (vórtices); linhas costeiras mal definidas; curvas de nível com valores discrepantes das vizinhas, gerando vales ou cordilheiras.

No Brasil os pesquisadores da Embrapa Monitoramento por Satélite desenvolveram uma metodologia para trabalhar com os dados brutos do SRTM e disponibilizaram um produto de grande interesse para a sociedade brasileira. Os dados brutos passaram por um cuidadoso trabalho de correção, eliminando falhas, sobras e distorções. O resultado é apresentado em uma série de mapas altimétricos do território nacional com precisão de 90 metros. Estes dados tem ampla importância em programas de manejo de bacias hidrográficas, conservação de solos, eletrificação rural, planejamento territorial e gestão de recursos hídricos entre outros. (EMBRAPA-RELEVO, 2006).

2.4.4 Aplicações do Sensoriamento Remoto e sua importância

Silva (1995) ressalta a importância do processamento georreferenciado quando integrado a dados extraídos de sensoriamento remoto, podendo ser extremamente útil na avaliação e planejamento da exploração sustentável e duradoura dos recursos naturais.

Garcia (1982) relata que as imagens de satélites é a alternativa mais econômica, no estudo de informações do uso da terra, levantamento ou identificação de solos e cobertura da vegetação, mesmo não tendo a precisão das fotografias aéreas.

Segundo Beltrame (1994), a degradação dos recursos naturais renováveis nos dias atuais, é um processo desenfreado que deve ser analisado e contido com eficiência e rapidez. Neste sentido, o diagnóstico da situação real em que se encontram esses recursos, passa a ser um instrumento necessário, visando especialmente a manutenção dos recursos água, solo e vegetação em bacias hidrográficas.

Para Loch (2001), o levantamento do uso da terra compreende a forma como o espaço vem sendo ocupado pelo homem, e o levantamento do uso da terra tornou-se indispensável para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Assim, o estudo do uso da terra tem se tornado cada vez mais intenso nestas últimas décadas.

Hoje, a imagem de satélite constitui um importante recurso para o estudo do espaço geográfico, pois disponibiliza informações atualizadas. De um modo geral, as aplicações do sensoriamento remoto servem para o estudo e levantamento de recursos naturais, monitoramento de desmatamentos e queimadas, previsão e avaliação de impactos ambientais, para o planejamento urbano – regional, para estudos de disponibilidade e qualidade da água, levantamento de vegetação e planejamento agrícola. (GOMES, 2005).

Portanto a aplicação de produtos obtidos via sensoriamento remoto passa freqüentemente pelo nosso cotidiano. Esta dinâmica é atribuída não somente ao avanço tecnológico, mas também com as necessidades diárias, como exemplo a previsão do tempo em meios de comunicação, diferenciação de áreas, zoneamento ambiental entre outras aplicações, voltadas tanto para áreas específicas quanto gerais, tanto científico quanto comercial. (GOMES, 2005).

2.5 Processamento Digital de Imagens

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2006a) a utilização de imagens digitais de sensoriamento remoto, possibilitou, nos últimos vinte e cinco anos, um grande desenvolvimento das técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores. Estas técnicas têm recebido o nome de processamento digital de imagens. Elas permitem melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista técnico, além de fornecer outros subsídios para a sua interpretação. Geram produtos que podem ser, posteriormente, submetidos a outros processamentos. Permitem, também analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, possibilitando a integração de vários tipos de dados. (INPE, 2006a).

Para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), o processamento digital de imagens visa à identificação, extração, condensação e realce da informação de interesse, a partir da enorme quantidade de dados que usualmente compõem as imagens digitais fornecendo ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Tal fato representa uma economia de custo e de tempo no mapeamento.

A função primordial do processamento digital de imagens é fornecer ferramentas computacionais para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, resultado obtido a partir de imagem bruta, objetivando sua posterior análise e interpretação. (CROSTA, 1992).

Para o INPE (2006a) as técnicas de realce, filtragens e classificações multiespectrais são usadas na interpretação digital com o objetivo de se extrair informações sobre o uso da terra, permitindo identificar as características espectrais dos alvos no tipo de sensor que se está manipulando.

Segundo Nishida (2006) as técnicas de processamento de imagens digitais, tais como as de pré-processamento, (onde os ruídos e distorções são minimizados), as de realce (que melhoram a qualidade visual da imagem) e as técnicas de classificação (que possibilitam análises menos subjetivas que as visuais), objetivam viabilizar os processos de análise e interpretação de dados obtidos em grandes quantidades, extraídas das imagens originais, permitindo, também, a obtenção de informações adicionais.

A interpretação digital permite a utilização de aplicativos computacionais, como o SPRING, o ARCVIEW, o ENVI, entre os outros. No entanto, para a sua aplicação é indispensável equipamentos atualizados, além dos conhecimentos técnicos para a interpretação da imagem. Assim, ter-se-á como resultado maior rapidez nos processos de análise e classificação nos dados da imagem (unidades de mapeamento). (IBGE, 2006).

O processamento digital de imagens (PDI) pode ser dividido em três etapas independentes: pré-processamento, realce e classificação. O pré-processamento refere-se ao processamento inicial de dados brutos para calibração radiométrica da imagem, correção de distorções geométricas e remoção de ruído. As técnicas de realce mais comuns em PDI são: realce de contraste, filtragem, operação aritmética e componentes principais com o objetivo de distinguir os diferentes usos e definir as melhores composições para executar uma classificação. (INPE, 2006a).

Estes procedimentos, conforme o interesse do pesquisador podem ser realizados separadamente, em diferentes composições espectrais, permitindo preservar os níveis de cinza da imagem original a ser classificada. De posse dessas informações complementares, inicia-se o processo de classificação da imagem. (INPE, 2006a).

Segundo (INPE, 2006a) as técnicas do processamento digital de imagem são realizadas sempre com os níveis de cinza (NC) atribuídos aos *pixels* de uma imagem. Dependendo da técnica envolvida o usuário trabalhará com uma única imagem (banda ou PI) ou com várias imagens, sendo esta última conhecida por técnicas multi-espectrais, por tratar de várias imagens da mesma cena em regiões diferentes do espectro eletromagnético.

No processo de interpretação dois tipos de classificação podem ser utilizados: não-supervisionada (por regiões) e supervisionada (por *pixel*). Na classificação não-supervisionada o uso de programas de classificação é muito importante na hora determinar o número de classes, pois existem múltiplas possibilidades de arranjos espaciais que poderão se constituir em uma classe composta. As informações auxiliares e de campo serão muito úteis nesse momento, pois elas servem tanto para sugerir um número de classes quanto rejeitar o total de classes fornecido automaticamente pelo programa de classificação. (IBGE, 2006).

Para Crosta (1992) a técnica de classificação de imagem é associar a cada *pixel* uma informação qualitativa (atributo), na qual os valores de nível de cinza que cada *pixel* possui, podem ser associado ao nível de reflectância dos materiais que compõem o terreno, estando cada *pixel* ou conjunto de *pixels* associado a uma classe ou tema.

INPE (2006a) diz que classificação não supervisionada requer interação do usuário, através do treinamento o qual utiliza algoritmos para reconhecer as classes presentes na imagem, ou seja, definir áreas para o treinamento. Estas devem ser heterogêneas para assegurar que todas as possíveis classes e suas variabilidades sejam representadas. Assim, os *pixels* dentro de uma área de treinamento são submetidos a um algoritmo de agrupamento (*clustering*) que determina o agrupamento do dado numa feição espacial de dimensão igual ao número de bandas presentes. Este algoritmo assume que cada grupo (*cluster*) representa a distribuição de probabilidade de uma classe. Neste caso, as amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens e o classificador utilizado é o Bhattacharyya para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais e pode ser avaliada tanto pela análise das amostras pela Matriz de Confusão como pelo limiar de aceitação. Novo (1998) ressalta que esta classificação não requer conhecimento prévio da área de estudo por parte do analista, não havendo necessidade de ir a campo selecionar as amostras de treinamento.

Para o IBGE (2006), a classificação supervisionada é implementada com base no conhecimento do usuário, que *a priori* seleciona as classes de interesse e fornece os padrões espectrais típicos dessas classes, na qual o método de classificação muito utilizado é da Máxima Verossimilhança (MAXVER), do qual são extraídas as imagens classes representativas a partir de amostras de treinamento em estudo com o auxílio das informações de reconhecimento de campo, que são pontos de GPS, obtidas no terreno e experimentadas em ensaios da classificação. A quantidade de amostras de treinamento estará em função da maior ou menor complexidade espectral que a imagem possa apresentar.

Também o IBGE (2006), definiu os padrões espectrais para a classificação supervisionada. Estes devem ser realizados na mesma época do ano da imagem, de modo a se estabelecer uma correlação entre o padrão da imagem e a verdade terrestre observada no trabalho de campo, localizando uma cobertura ou uso da terra específico ou diversificado cuja área, que se calcula, seja perceptível na imagem. Assim, esses pontos são lançados sobre uma imagem georreferenciada e informam sobre os padrões da imagem que funcionarão como parâmetros para o algoritmo classificador do aplicativo que se está utilizando. Porém, o rigor técnico espaço-temporal dos levantamentos de campo com frequência entra em conflito com

as questões burocrático-financeiras, resultando em uma coleta das amostras fora da época mais adequada, demandando maior cuidado na análise do técnico para relacioná-las com o tipo de cobertura existente à época do imageamento, recorrendo-se por isso a outras fontes de informação. A partir desse procedimento é possível obter uma classificação preliminar que deverá sofrer uma reinterpretação após a análise e as conclusões sobre toda a área investigada.

3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA E SUA LOCALIZAÇÃO

3.1 Histórico

Lavras do Sul teve origem com um acampamento para exploração de ouro nas margens do rio Camaquã. Inicialmente seu território pertencia aos municípios de Rio Grande e Rio Pardo, depois fez parte do território de Nossa Senhora da Conceição da Cachoeira. Após passou a pertencer ao município de Caçapava. Em 9 de maio de 1882 passou a categoria de vila com o nome de Santo Antonio das Lavras, formada por territórios de Caçapava do Sul e Bagé. Finalmente em 1938 passa a categoria de município com o nome Lavras do Sul (FIGURA 6) (LAVRAS DO SUL, RS, 2007).

3.2 Caracterização física da área

O município de Lavras do Sul, RS, esta localizado na região sudoeste, Serra do Sudeste do estado do Rio Grande do Sul, estando assentado sobre a região geomorfológica do escudo sul-rio-grandense. Esta posicionado entre as coordenadas geodésicas extremas $30^{\circ} 28' 31''$ e $30^{\circ} 59' 16''$ de Latitude Sul e $53^{\circ} 40'$ e $54^{\circ} 43' 8''$ de longitude Oeste. Faz divisa com os municípios de São Gabriel e Vila Nova do Sul a norte, a oeste com o município de São Gabriel, a leste com o município de Caçapava e a Sul com Bagé e Dom Pedrito, RS. (LAVRAS DO SUL, RS, 2007).

3.2.1 Geologia

A região da Serra do Sudeste é constituída por uma massa cristalina, em algumas áreas apresenta cobertura sedimentar, ocupando uma área de 35000 Km². Seus contatos com a

Depressão Central, campanha e litoral podem ser em relevo suave em certas áreas, mas, em geral, caracterizam-se pelo maior movimento. (SEMA; UFSM, 2001).

A altitude no município esta compreendida entre 74 e 478 metros. O relevo se apresenta de duas formas: forte ondulado a montanhoso, apresentando declives acentuados; e áreas com relevo mais plano, com ocorrência de coxilhas. Em áreas onde ocorrem afloramentos rochosos o relevo é ondulado, formado por elevações com declives por dezenas ou centenas de metros, formando vales, como mostram as figuras 7 e 8. (SEMA; UFSM, 2001).



Figura 7 - Relevo fortemente ondulado.
Fonte: Barcelos, L.R.D. (2007).



Figura 8: Relevo com pouca ondulação
Fonte: Barcelos, L.R.D. (2007).

Predominam na área do município, solos rasos, litólicos, de coloração bruno acinzentada muito escura. Apresentam textura franco argilosa e em geral são bem drenados.

Os solos são de boa fertilidade natural, sendo moderadamente ácidos, com saturação de bases alta, bem provido de diversos nutrientes. (STRECK et al., 2002).

3.2.2 Vegetação

A formação vegetal predominante no município é o campo, que é classificado de boa qualidade, com predomínio de *Paspalum* entre as gramíneas, e algumas espécies de leguminosas. Leite (2002) classifica a região fitogeográfica como estepe estacional. Segundo o autor encontra-se sobre forte impacto antrópico, apresentando poucas espécies de indivíduos arbustivo-arboreos perenifólios e distribuídos esparsamente. São espécies características a coronilha (*Scutia buxifolia*), branquilha (*Sebastiania commersoniana*), pinheiro bravo (*Podocarpus lamberti*), bugreiro (*Lithraea brasiliensis*), a aroeira-cinzenta (*Schinus lentiscifolius*), chal-chal (*Allophilus edulis*), molho (*Schinus polygamus*) e a pitangueira (*Eugenia uniflora*). Dentre as espécies de porte maior é encontrado a taleira (*Celtis tala*). No estrato herbáceo pode ser encontrada macegas (*Erianthus* sp.), capim barba de bode (*Aristida pallens*), grama-forquilha (*Paspalum notatum*) e diversas compostas. (LEITE, 2002).

3.2.3 Clima

Segundo o Mapa de solos do Rio Grande do Sul (1973), o tipo de clima fundamental na região é o Cfa 1 de Koeppen. A temperatura média anual varia de 16,8° C a 17,7°C. A precipitação média varia de 1.414 a 1665 mm. Podem ocorrer chuvas de 166 mm em 24h e apresenta geadas de abril a novembro. (STRECK et al., 2002).

4 MATERIAIS E METODOLOGIA

4.1 Materiais

O material utilizado neste trabalho foi dividido em material de laboratório e material de campo.

4.1.1 Material de Laboratório

- Imagem: satélite CBERS II, bandas espectrais 2, 3 e 4 – órbita-ponto: 160-134 de 25/09/2004.

- Imagem: satélite CBERS II, bandas espectrais 2, 3 e 4 – órbita-ponto: 160-135 de 25/09/2004.

As imagens foram obtidas via internet, da Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do INPE no *site* www.inpe.com.br. Estas imagens possuem uma resolução espacial de 20 metros.

- Cartas topográficas elaboradas pelo Ministério do Exército- Diretoria de Serviços Geográficos (DSG)- região sul do Brasil. Todas na escala de 1:50.000, impressão em 1979, equidistâncias das curvas de nível de 20 metros, *Datum* horizontal: Córrego Alegre- Minas Gerais e *Datum* vertical Marégrafo de Torres- RS. No quadro 1 encontra-se a lista das cartas utilizadas para a elaboração deste trabalho.

Carta Topográfica	Referência
Arroio Carajá	SH.22-y-a-IV-4 MI-2995/4
Coxilha Tabuleiro	SH.21-Z-B-VI-4 MI-22-2994/4
Dom Pedrito	SH.21-Z-B-V-4 MI-2993/4
Estância da Barra	SH.21-Z-B-V-2 MI-2993/2
Ibaré	SH.21-Z-B-VI-3 MI-2994/3
Lagoa da Meia Lua	SH.21-Z-B-VI-2 MI-2994/2
Lavras	SH.22-Y-A-IV-3 MI-2995/3
Suspiro	SH.21-Z-B-VI-1 MI-2994/1

Quadro 2: Relação de cartas topográficas do Exército utilizadas
 Fonte: Carta da DSG - Divisão de Levantamento (1979); Escala: 1:50000
 Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

- Dados do projeto *shuttle radar topography mission* (SRTM), desenvolvido pela NASA, NIMA, DoD dos Estados Unidos e das agencias espaciais da Alemanha e da Itália. Sobrevôo realizado no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, fornecido Laboratório de Geoprocessamento de Ecologia da Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS).

4.1.2 Material de campo

Para a reambulação foram utilizadas cartas topográficas, mapa temático de uso do solo elaborado para execução deste trabalho, imagens do satélite CBERS II, GPS de navegação e uma câmara fotográfica.

4.2 Metodologia

Para a realização deste trabalho foram desenvolvidas as seguintes etapas: elaboração de base de dados cartográficos, georreferenciamento de imagens, processamento digital de imagens, classificação digital de uso da terra, elaboração de mapas temáticos, quantificação de áreas dos mapas temáticos, reambulação.

4.2.1 Elaboração da base de dados cartográficos

Para esta etapa foram utilizadas cartas topográficas da Diretoria de Serviços Geográficos do Exército Brasileiro, imagens orbitais do satélite CBERS II e dados do SRTM disponibilizados pela NASA para América do Sul.

Para a conversão das cartas em dados digitais foi utilizado um *scanner*, no qual as cartas topográficas foram digitalizadas e armazenadas em formato *.tiff. Estes arquivos, posteriormente foram convertidos para o formato *.grb, no Módulo Impima 4.3.2 e importados para o Spring 4.3.2 para posteriormente proceder georreferenciamento das cartas e a montagem do mosaico.

As imagens obtidas do satélite CBERS II foram arquivadas em formato *.tiff, sua conversão para o formato *.grb se deu no Módulo Impima 4.3.2 para posteriormente ser importado para o *software* Spring 4.3.2.

4.2.2 Georreferenciamento de imagens

O georreferenciamento das cartas topográficas foi realizado através dos pontos da grade de coordenadas UTM e posteriormente convertidos para o formato Latitude/Longitude, mantendo-se o datum original da carta. Para tal operação foram tomados cerca de 20 pontos amostrais por carta. A opção por trabalhar com coordenadas geodesicas se deu devido à localização da área de estudo, que está dividida entre os fusos 21 e 22 da projeção UTM, desta forma, interrompendo a seqüência de coordenadas planas.

Para o georreferenciamento das imagens orbitais foram selecionados pontos visíveis na composição falsa-cor e nas cartas topográficas. A partir das coordenadas fornecidas pelas cartas foram informados ao programa os valores das mesmas para os pontos correspondentes na imagem.

4.2.3 Processamento digital de imagens

Segundo Benedetti (2006), uma composição falsa-cor é produzidas a partir de três imagens independentes que contem informações dentro do espectro visível e fora do intervalo sensível ao olho humano.

Para a elaboração deste trabalho foram utilizadas as bandas 2 3 e 4 de imagens do satélite CBERS II. Ao atribuir canais de cores para estas bandas formaram-se composições RGB 2, 3 e 4 e RGB 4, 2 e 3, representadas nas figuras 9 e 10.

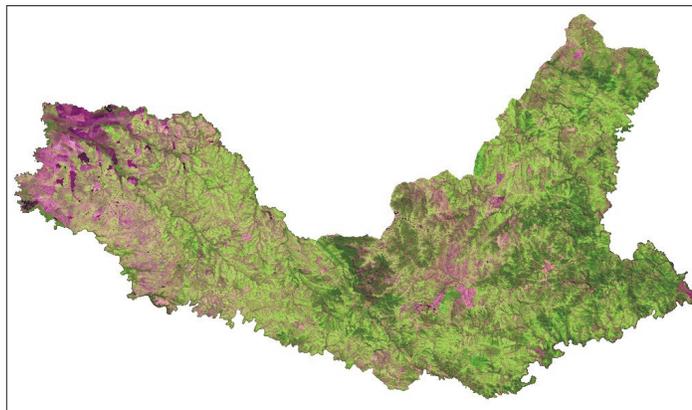


Figura 9 - Composição RGB 2, 3 e 4
Fonte: SPRING; INPE. (2007).
Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

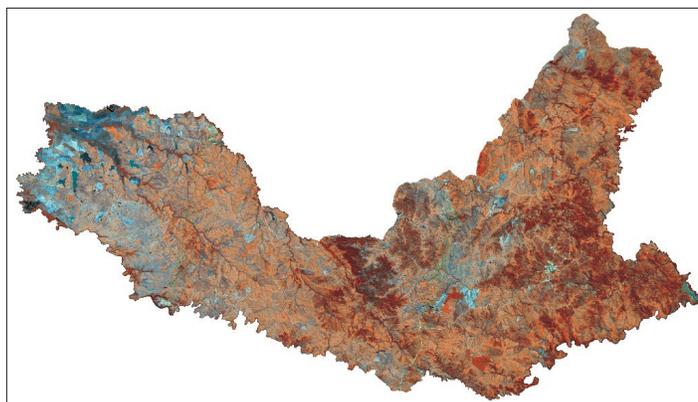


Figura 10 - Composição RGB 4, 2 e 3

Fonte: SPRING; INPE. (2007).

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

Na composição 1, a vegetação é representada pela cor verde e sua intensidade irá determinar o tipo de vegetação. Já a cor roxa indica a presença de solo exposto ou presença de afloramentos rochosos. A composição 2 apresenta a vegetação em tons de vermelho e solo exposto em tons de azul.

Para auxiliar na identificação de estradas e rios foram aplicados filtros de realce de bordas nas imagens e posteriormente selecionados os melhores resultados para a visualização dos alvos como mostra as figuras 11 e 12. Este tipo de filtro atribui valores de nível de cinza para os “*pixels*” da imagem original, em função da influencia dos “*pixels*” vizinhos.

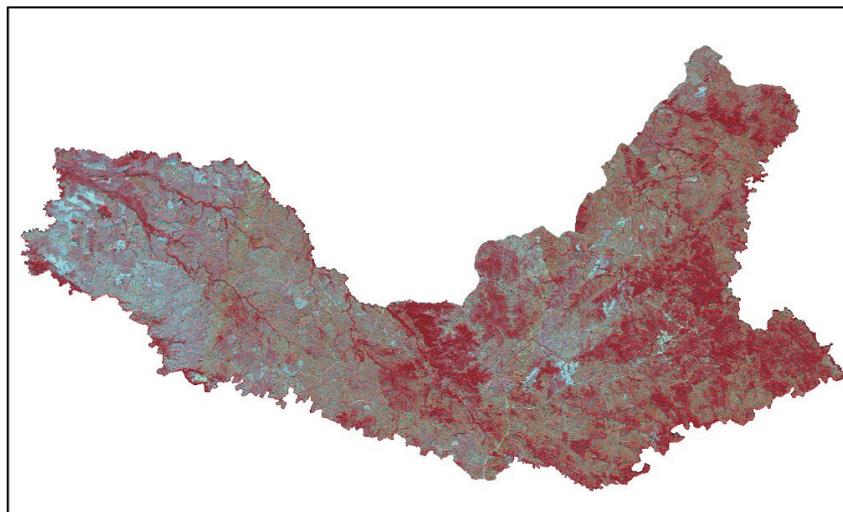


Figura 11 - Composição RGB 4, 2, 3 com aplicação de filtro direcional de borda norte na banda 4.

Fonte: SPRING; INPE. (2007).

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

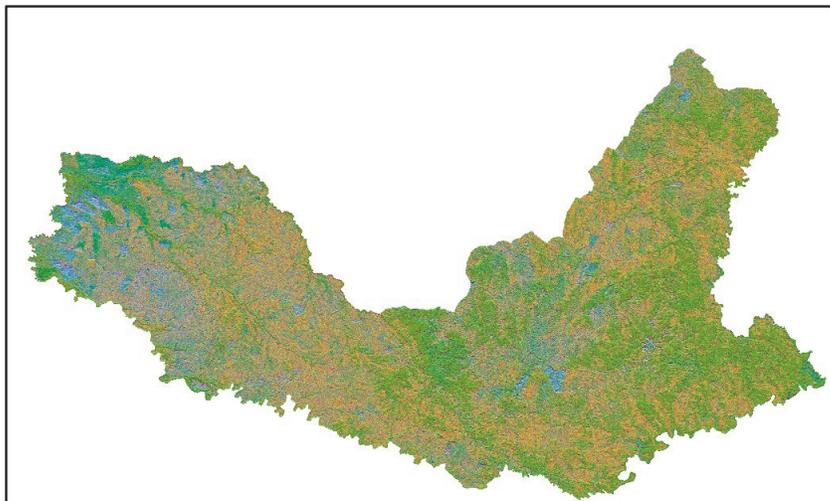


Figura 12 - Composição RGB 4, 2, 3 com aplicação de filtro direcional de borda na banda 2
Fonte: SPRING; INPE. (2007).
Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

4.2.4 Classificação digital de imagens

Nesta etapa foram definidas as classes de uso da terra que poderiam ser identificadas na imagem. Estas classes foram distinguidas com base no padrão de refletância dos alvos, neste contexto foi possível dividir o uso da terra em: agricultura, solo exposto, floresta, água e campo.

Com o uso da terra dividido em classes o próximo passo é o treinamento, onde houve a seleção de amostras representativas e homogêneas de cada classe. Para cada tema foram escolhidas cerca de trinta amostras, que posteriormente passaram por um processo de refino, excluindo amostras com baixa representatividade.

Para a classificação foi escolhido o método estatístico Maxiver-ICM, que classifica um *pixel* da imagem de acordo com seu valor de cinza e relaciona com os valores dos *pixels* vizinhos.

4.2.5 Elaboração de mapas temáticos

4.2.5.1 Mapa de uso da terra

A elaboração do mapa de uso da terra foi feita a partir do produto gerado na etapa de classificação digital da imagem. O objetivo deste mapa é identificar e quantificar classes de uso da terra, fornecendo informações para o maior número de usuários possível. Em vista disso foi necessário relacionar as classes obtidas na classificação com classes mais generalizadas.

Para este mapa foram escolhidas cinco classes, são elas: agricultura, água, floresta, campo e área urbana.

Na classe floresta, foi considerada todas as formações florísticas de porte arbóreo. Estão enquadradas nesta classe tanto florestas nativas, geralmente presente em encostas, ao longo de rios, capoeiras e capões; como florestas implantadas com espécies exóticas.

Na classe agricultura foi consideradas, além de áreas com culturas agrícolas, áreas com solo exposto, onde provavelmente será cultivo agrícola. Devido ao padrão de reflectância, tonalidade e forma apresentadas nas imagens de satélite, áreas com cultivo de pastagens, também foram incluídas nesta classe.

A classe campo representa locais onde existe cobertura predominante no extrato herbáceo, podendo apresentar alguns exemplares arbóreos isolados, geralmente utilizado para fins como a pecuária.

A classe água representa os rios, lagos e barragens presentes no município.

A área urbanizada é constituída pela zona urbana do município de Lavras do Sul. Em virtude do grau de reflectância apresentado, esta classe não foi incluída na etapa anterior, sendo identificada posteriormente.

4.2.5.2 Levantamento da rede de drenagem

Neste mapa é apresentada a distribuição de rios, arroios, sangas, lagos e barragens visíveis da imagem de satélite.

Para o registro da rede de drenagem foram utilizadas cartas da Diretoria de serviços Geográficos do Exército, e imagens do Satélite CBERS II.(FIGURA 13).

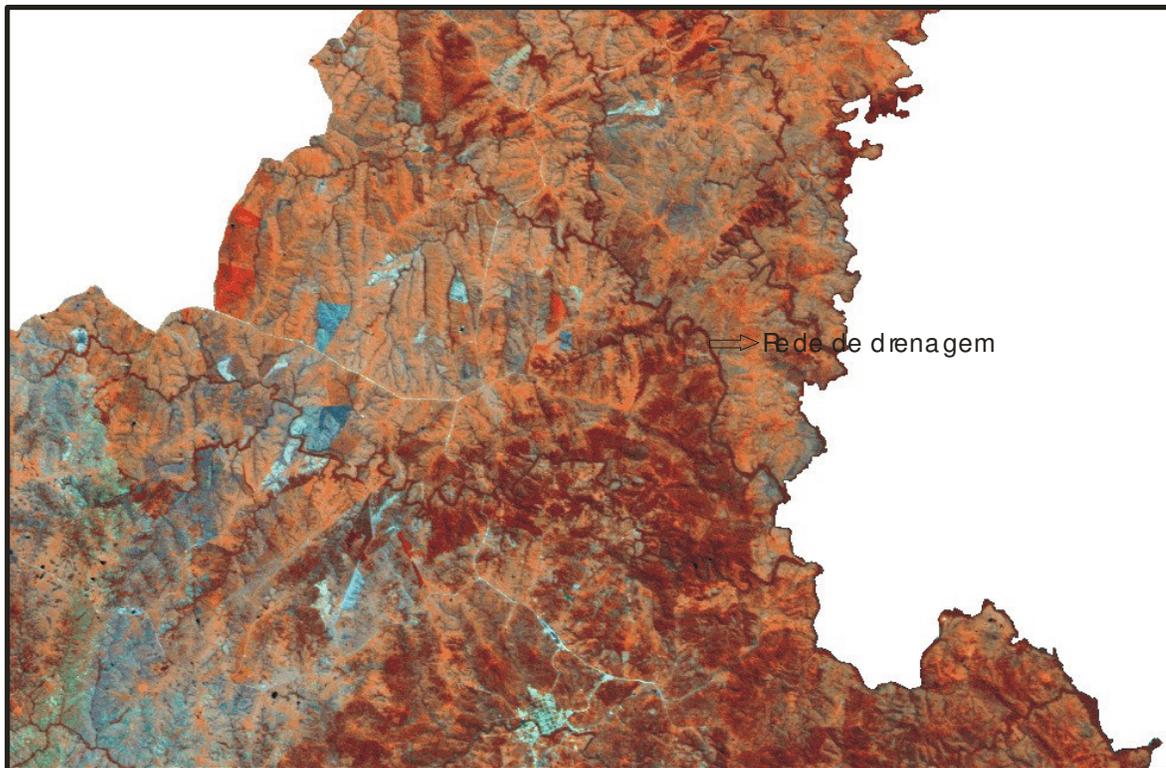


Figura 13 -Composição falsa-cor (RGB 4, 2, 3), no detalhe a mata ciliar em tom mais forte, facilitando a identificação do rio.
Fonte: SPRING; INPE. (2007).

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

A partir da imagem e das cartas topográficas do Serviço Geográfico do Exército, a rede de drenagem foi digitalizada em tela.

4.2.5.3 Levantamento da rede viária

A rede viária foi dividida em estradas pavimentadas, estradas sem pavimento e estrada de ferro. Para a determinação da rede viária foram utilizadas as cartas topográficas da Diretoria de Serviços Geográficos do Exército e imagens do satélite CBERS II. Como recurso para auxiliar na identificação de vias também foi aplicado nas bandas, filtro de realces de borda direcional norte, conforme a figura 14.

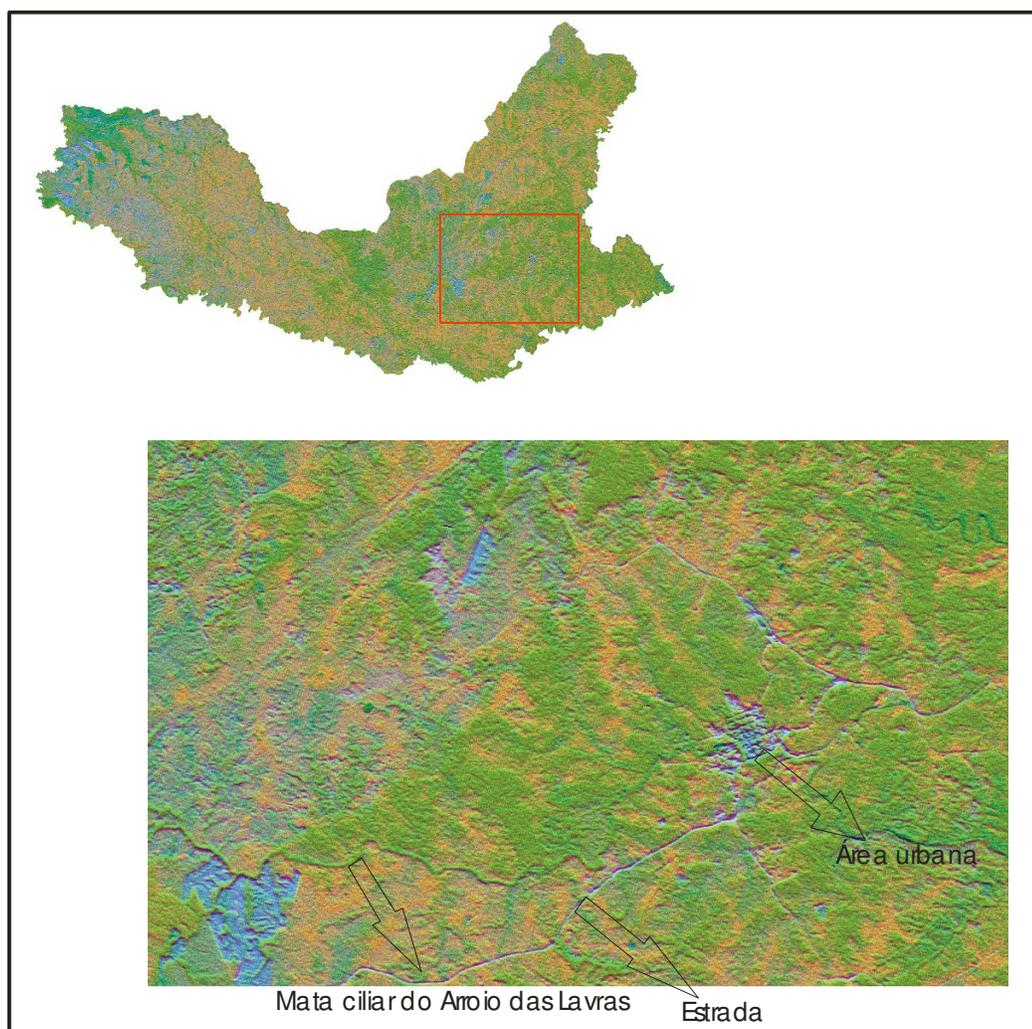


Figura 14 - Composição RGB 4, 2, 3 com filtro direcional de borda norte aplicado à banda 2.

Fonte: SPRING; INPE. (2007).

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

Na figura 14 podemos observar no detalhe a estrada, com uma textura bem diferenciada; mata ciliar com tonalidade e texturas que a distinguem da vegetação a seu redor; e a área urbana representada com traços retos formando pequenos retângulos.

4.2.5.4 Mapa de declividade

Para a elaboração do mapa de declividade, foi utilizada a grade altimétrica do estado do Rio Grande do Sul obtida através do *shuttle radar topography mission* (STRM)-NASA, e importada para o SPRING 4.3.3. Pela interpolação dos valores altimétricos dos pontos foram geradas as isolinhas correspondentes às curvas de nível. A partir destas curvas de níveis gerou-se uma grade triangular (TIN).

Para a obtenção das classes de declividade procedeu-se com a operação de fatiamento da imagem para agrupar valores de altimetria diferentes em intervalos pré-definidos. Nesta operação gerou-se uma imagem com valores de declividade em porcentagem. Logo após, estes valores foram agrupados em cinco classes, conforme os intervalos propostos por De Biase (1992 apud BENEDETTI, 2006), mostrada no quadro 3.

Classe	Declividade
1	0-5%
2	5%-12%
3	12%-30%
4	30%-47%
5	Superior a 47%

Quadro 3 - Classes de declividade
 Fonte: Biase (1992 apud BENEDETTI, 2006)
 Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

De Biase (1992 apud BENEDETTI, 2006) explica da seguinte forma os intervalos propostos:

1. 0-5%: no meio rural compreende terras com problemas simples de conservação do solo. Sem restrições, quanto a declividade, para culturas anuais ou perenes e ao uso de maquinário.
2. 5%-12%: consideradas declividades moderadas, estabelece um limite máximo para a mecanização agrícola. Permite cultivos não muito intensos, com cuidados de conservação dos solos.
3. 12%-30%: limite máximo para urbanização sem restrições. No meio rural representam áreas indicadas ao cultivo de culturas permanentes, prestando-se para a exploração florestal ou de pomares.
4. 30%-47%: limite máximo para o corte raso de vegetação. Nestas áreas é permitida a exploração se sustentada por cobertura florestal, podendo ser utilizado para o extrativismo, coleta, exploração de madeira com restrições como quantidade, época do corte e espécie, entre outras. As áreas com estas declividades podem ser usada para reflorestamentos, culturas perenes, pomares, etc.
5. Superior a 47%: não é permitida a derrubada de vegetação para nenhum fim. Só é permitida a extração de toras quando em regime de utilização racional, que vise

rendimentos permanentes e a produção de madeira continuada, não proporcionando locais que fiquem desprovidos de vegetação.

4.2.5.5 Mapa de integração de áreas de florestas com classes de declividade

Este mapa temático consiste na integração das classes de declividades, registradas no mapa de declividade, com as áreas de florestas, mostradas no mapa de uso da terra. Este cruzamento se deu utilizando uma Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL).

O objetivo desta operação é verificar se há florestas em áreas com declividade acima de 47% e em quais classes se encontram as maiores concentrações de florestas. Estes dados poderão servir de suporte para avaliação de crescimento de áreas agrícolas, áreas de pecuária, áreas de florestas comerciais e áreas de proteção permanente.

4.2.5.6 Mapa de ocorrência de agricultura em função da declividade

Este mapa tem como objetivo levantar informações acerca da distribuição de áreas com agricultura nas diferentes classes de declividade. Estes dados servirão para determinar áreas agrícolas em classes de declividade inadequadas e avaliar potencial para ampliação destas áreas.

A confecção deste mapa temático seguiu a mesma metodologia do mapa de cruzamento de áreas de florestas e classes de declividade.

4.2.6 Reambulação

A reambulação tem como objetivo a confirmação dos temas apresentados nos mapas. Para este trabalho foi utilizado um GPS garmin 12 XL, cartas topográficas, mapas temáticos elaborados para este trabalho, imagens de satélite e uma máquina fotográfica.

4.2.4.7 Edição final de mapas

A geração dos mapas é feita no módulo SCARTA, do SPRING. Nesta etapa foi inserida a legenda, grade de coordenadas e a escala, que é definida de acordo com o formato de expressão. Os arquivos gerados no SCARTA foram importados para o aplicativo *Corel Draw* versão 11, onde se deu a edição final.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mapa de uso da terra

O município de Lavras do Sul apresenta suas peculiaridades para aqueles que têm a tarefa de representá-lo em mapas. A escolha dos temas deve conciliar a forma de obtenção, custos e finalidade do produto, para que o resultado final possa ser aproveitado pelo maior número de usuários possíveis.

Neste mapa é representado as redes hidrogáficas e viária além de cinco classes temáticas, sendo elas: água, agricultura, campo, floresta e área urbana. O município de Lavras do sul, segundo a metodologia utilizada (somatório de *pixels*), apresenta uma área total de 253.620,73 ha.

A rede viária do município possui um comprimento total de 549,83 km, divididos em: estradas não pavimentadas 505,72 km; estradas pavimentadas 14,97 km e estradas de ferro 29,13 Km.

O comprimento dos cursos de água identificados e representados no mapa foi de 1.208,77 km. A área total dos açudes e lagos é de 1.26,76 ha.

O polígono correspondente à área urbanizada de Lavras do Sul é de 194,3 ha.

A tabela 1 a seguir mostra as classes de uso e cobertura do solo, bem como suas áreas.

Tabela 1 - Quantificação das classes de uso da terra do município

Classes	Área (ha)	Área (%)
Água	1.026,76	0,4
Agricultura	12.109,88	4,8
Campo	211.429,24	83,37
Floresta	28.822,32	11,36
Área urbanizada	199,88	0,07
Total	253.588,08	100,00

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

Observa-se na tabela 5 que a classe campo é predominante no município. Esta dominancia pode ser explicada levando-se em consideração alguns fatores como o relevo, afloramentos rochosos que não permitem outros usos e economia.

Pode-se ver pela figura 15 que esta classe está distribuída em quase toda a extensão do município, ao contrario da classe agricultura, que encontra-se predominante na porção oeste e algumas áreas relevantes espalhadas pelo território. No território do município há forte presença de afloramentos rochosos, oque restringe muito, áreas com aptidão agricola.

A presença de açudes é, em sua maioria, coincidente com a região onde há produção agrícola.

O arranjo espacial do uso da terra no município esta ligado a vários fatores físicos, econômicos e culturais. Fatores estes que levaram a uma grande ocupação da pecuária na região. No entanto o levantamento de informações serve como uma base para o planejamento da ampliação da base econômica na região. Dentre os fatores físicos pode-se destacar o relevo, presença de afloramentos e distribuição de rios. A necessidade de planejamento de investimentos deve ser uma constante na busca para a melhoria de condições de trabalho e desenvolvimento municipal.

As imagens utilizadas, provindas do satélite CBERS II, têm suas limitações no tocante à resolução espacial e espectral. No entanto pode ser empregada em trabalhos de levantamentos de reconhecimento de áreas grandes, em que o objetivo não reside na obtenção de informações precisas de temas nem na extração de muitas classes para o mapeamento temático. Ressalta-se também um aspecto muito importante que é a questão do fácil acesso e sem custos para a obtenção de imagens, que com certeza estimula a produção de trabalhos nesta área, representando um avanço para a ciência e educação. As imagens do sistema sensor CBERS II utilizadas neste trabalho estão disponibilizadas no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

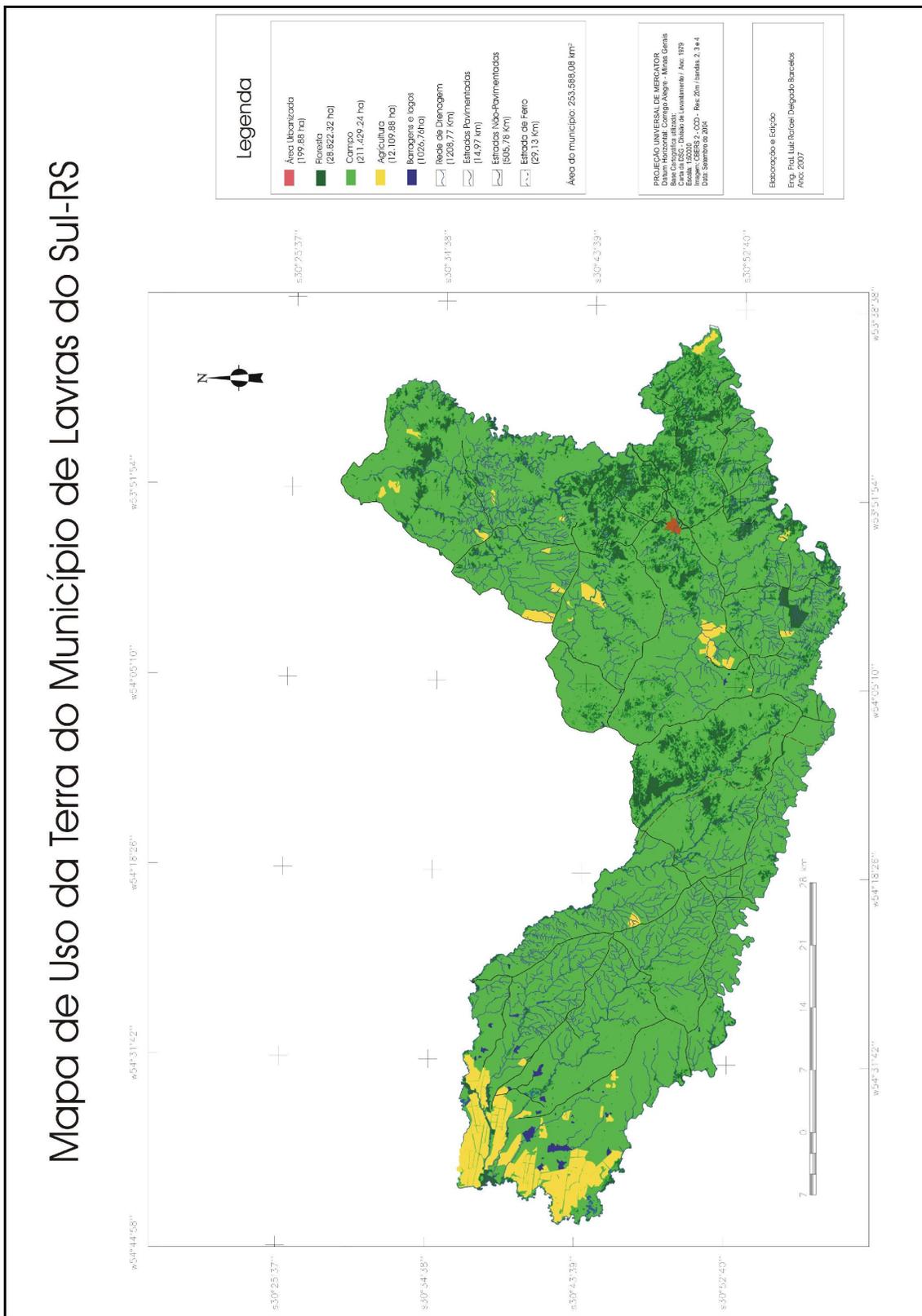


Figura 15 - Mapa de uso da terra do município de Lavras do Sul/RN

5.2 Mapa de declividade

As classes de declividade com valores de 0-5% e 5% - 12% juntas representam 93,47%, da área de estudo, conforme a tabela 2. Estas duas classes se encontram bem distribuídas pelo território. No entanto as declividades de 12%-30, 30%-47% e superior a 47%, se distribuem em arranjos que formam concentrações em vários locais do município, como pode ser visto na figura 16. Este fato aliado à presença de afloramentos acaba por limitar os possíveis usos da terra. A resolução espacial dos dados usados para a confecção do mapa foi de 90 m², portanto, permite efetuar uma estimativa do terreno com uma precisão compatível à escala de reconhecimento. A distribuição das classes de declividades, áreas e respectivas porcentagens de ocupação estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição das classes de declividade do terreno

Classes de declividade	Área (ha)	Área (%)
0 – 5%	39.655,3475	75,910
5,1 – 12%	12.357,6049	23,664
12 ,1 – 30%	184,1593	0,350
30,1 – 47%	39,5856	0,070
Superior a 47%	3,4422	0,006
Total	52.240,1395	100,000

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

Os dados provindos do sistema SRTM, apesar de apresentar uma resolução baixa, pode ser empregado para um levantamento inicial, onde o objetivo é ter uma idéia do terreno, não sendo recomendado para trabalhos com exigência de precisão.

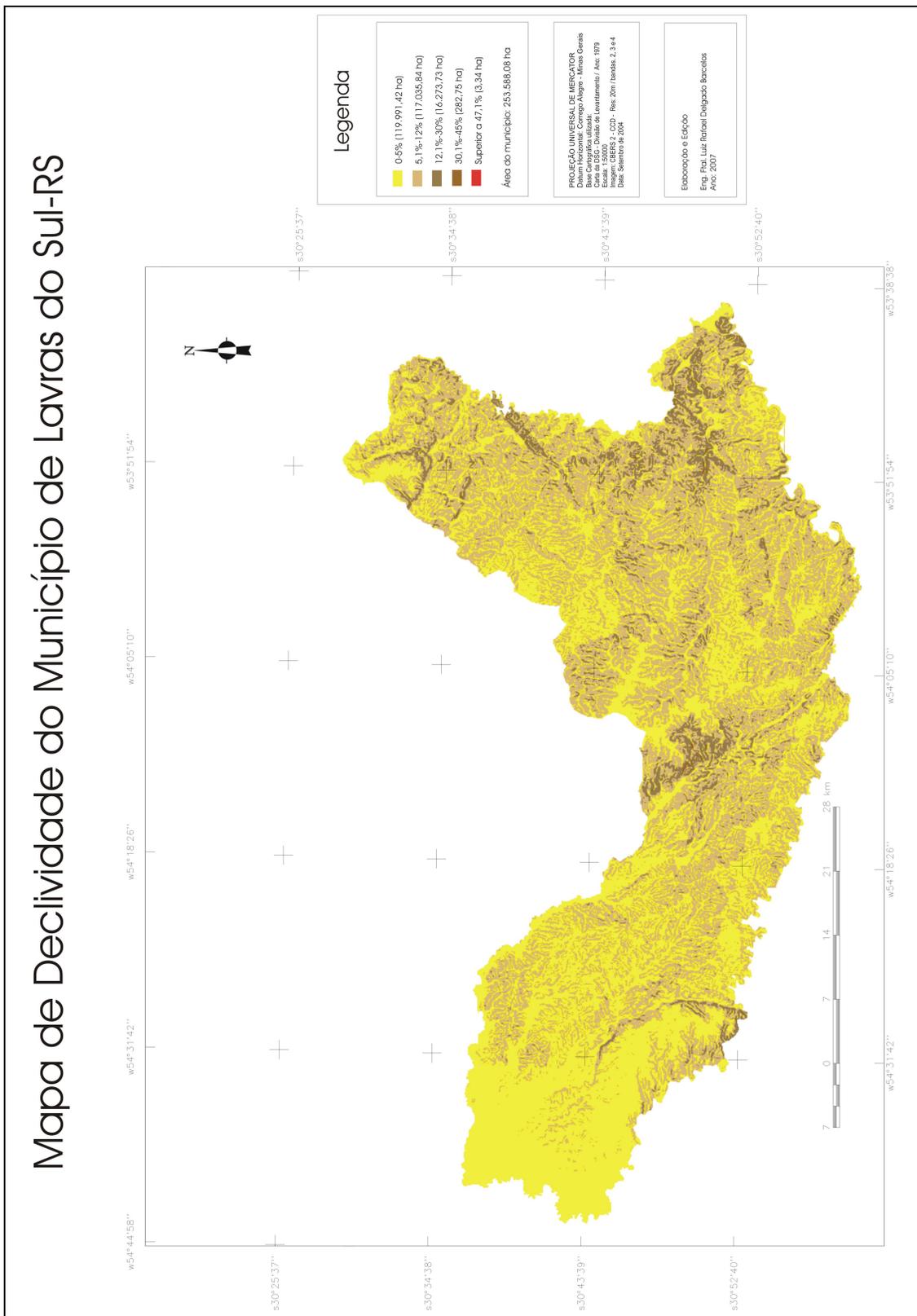


Figura 16 - Mapa de declividade do município de Lavras do Sul/RS

5.3 Mapa de ocorrência de floresta em função da declividade

Conforme a tabela 3, a maior área de floresta encontra-se na classe de declividade de 5% a 12%, com 14.979,06 ha, que representa cerca de 51% da área total de floresta presente no município. Este valor pode ser atribuído, entre outros fatores, à grande extensão da classe de declividade de 5% a 12%, que ocupa 117.514,68 ha, ou 46,15% da área do município.

Tabela 3 - Distribuição de floresta em classes de declividade

Classes de declividade	Área (ha)
0 – 5%	7.961,13
5,1 – 12%	14.979,06
12 ,1 – 30%	5.749,65
30,1 – 47%	130,32
Superior a 47%	2,16
Total	28.822,32

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

Contudo as áreas de floresta têm maior representatividade nas classes de declividade acima de 47%, com 62,79% de sua área ocupada e de 30% a 47% com 45,74% área ocupada, estes dados são mostrados na tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de florestas nas classes de declividade

Classe de declividade	Área de classe de declividade (ha)	Área de floresta presente (ha)	Ocupação de classes de declividade por florestas (%)
0 a 5%	119.991,42	7.961,13	6,63
5% a 12%	117.035,84	14.979,06	12,8
12% a 30%	16.273,73	5.749,65	35,33
30% a 47%	283,75	130,32	45,92
47%	3,34	2,16	64,67

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

A distribuição da floresta nas classes de declividade pode ser visto na figura 16.

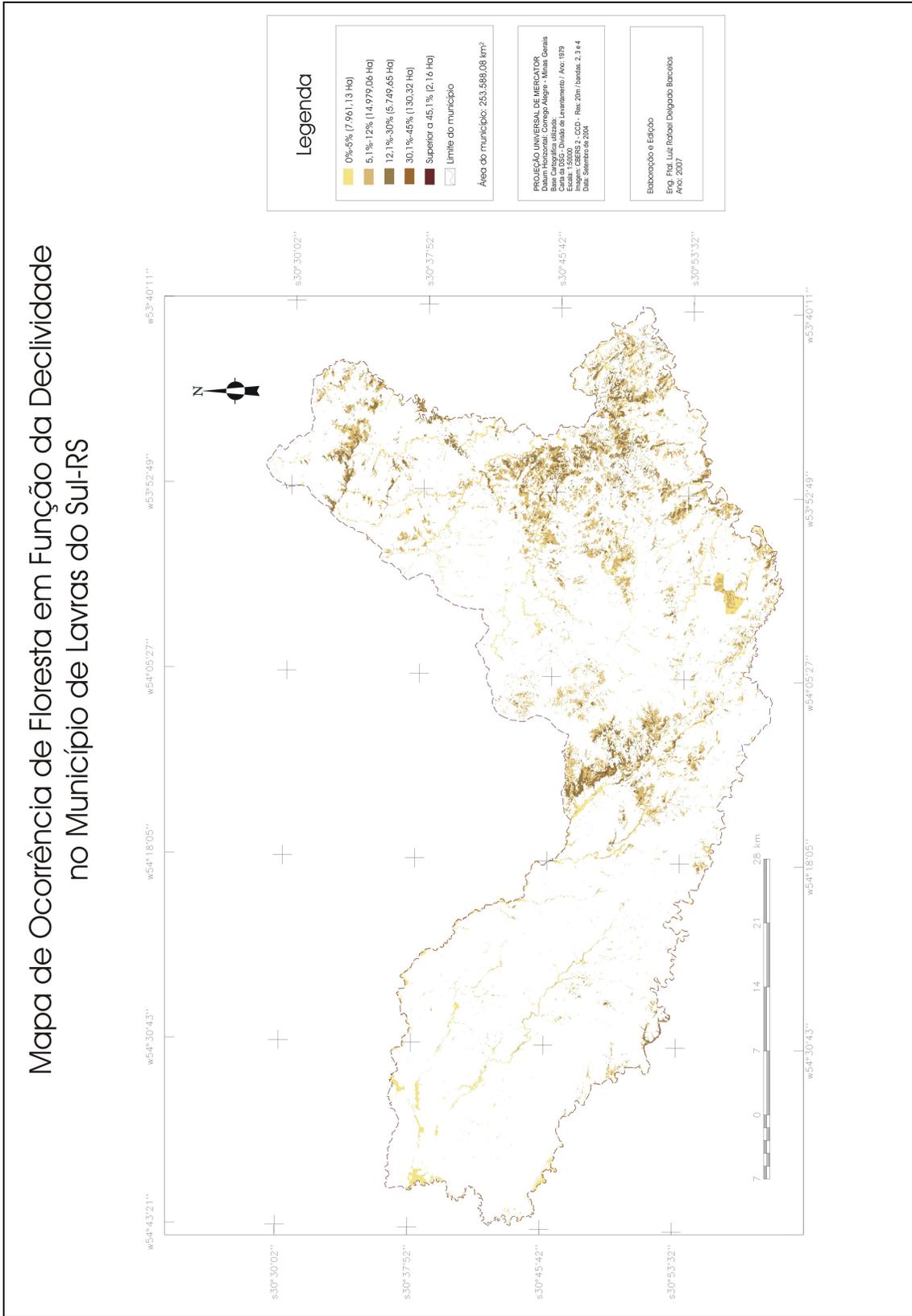


Figura 17 - Mapa de cruzamento de classes de declividade e áreas de floresta no município de Lavras do Sul/RS.

5.4 Mapa de ocorrência de agricultura em função da declividade

Na elaboração do mapa de ocorrência de agricultura em função da declividade foi constatada a presença de áreas agrícolas em três classes de declividade: de 0 a 5% com 10.934,28 ha, de 5% a 12% com 1.152,114 ha, e 23,49 ha na classe de 12% a 30%. Como pode ser observado na tabela 6, a maior concentração de áreas agrícolas se dá na classe de 0 a 5%. De acordo com a figura 18, esta classe se distribui por todo o território, porém apresenta uma grande concentração na porção oeste da área de estudo, justamente onde se encontra a região agrícola do município. (TABELA 5).

Tabela 5 - Distribuição de agricultura nas classes de declividade

Classe de declividade	Área de classe de declividade (ha)	Área de agricultura presente (ha)	Porcentagem de ocupação de classes de declividade por agricultura (%)
0 a 5%	119.991,42	10.934,28	9,08
5% a 12%	117.035,84	1.152,11	0,98
12% a 30%	16.273,73	23,49	0,14

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Barcelos, L.R.D. (2007).

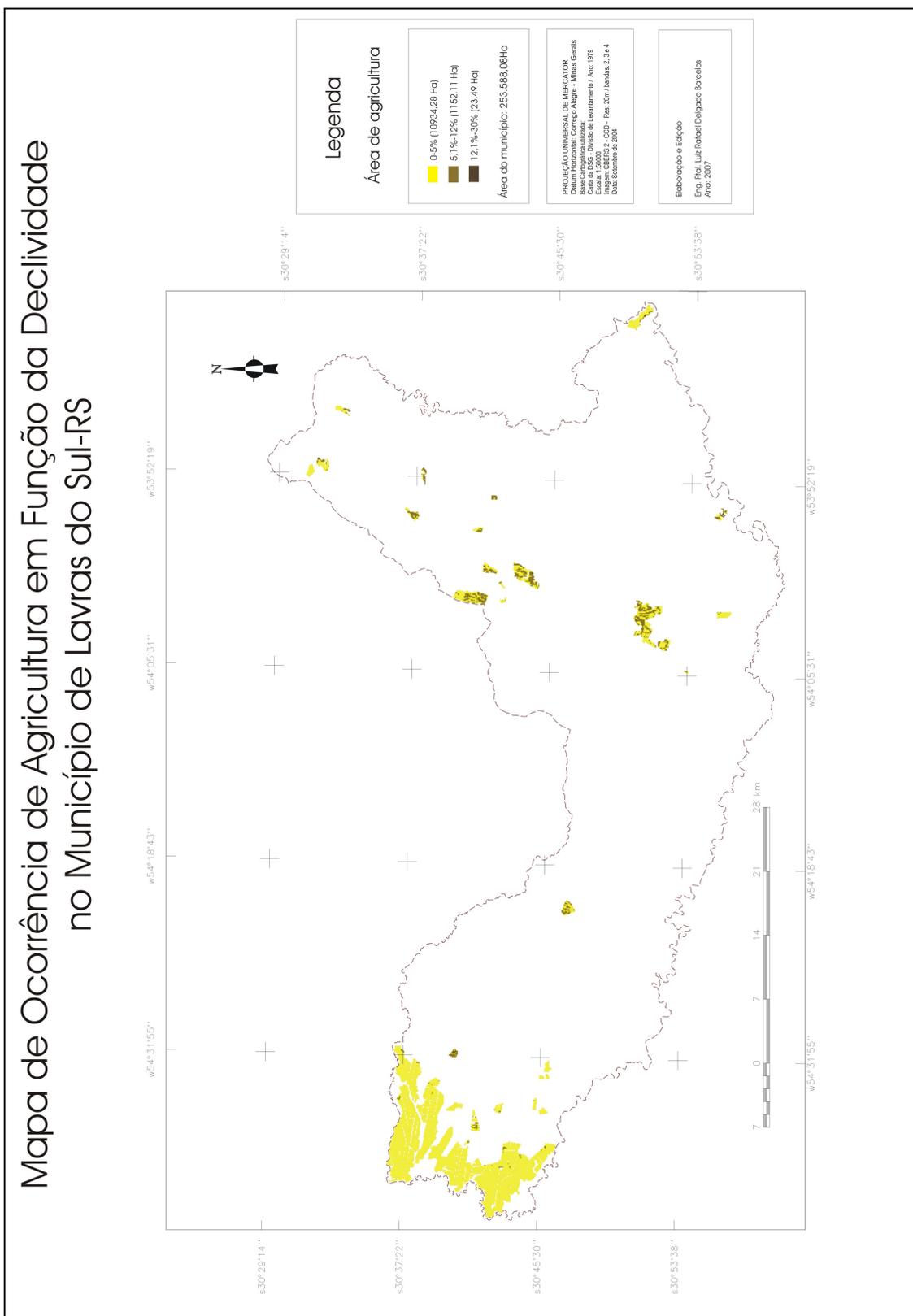


Figura 18 - Cruzamento entre classes de declividade e áreas de agricultura no município de Lavras do Sul-RS

6. CONCLUSÃO

6.1 Considerações finais

Através da metodologia utilizada e com base nos resultados obtidos pode-se concluir que a utilização de técnicas de sensoriamento remoto aliadas ao geoprocessamento, estruturadas em um sistema geográfico de informações constitui uma importante ferramenta de levantamento de dados com um baixo custo.

No município de lavras de sul foi identificado e quantificado cinco classes de ocupação e uso da terra, são elas água, agricultura, floresta, campo e área urbanizada.

Foi encontrado 1.02676 ha de superfície de água, 12.109,88 ha de agricultura, 28.822,32 ha de florestas, 211.429,24 ha de campo e 199,88 ha de área urbanizada. A área total do município é de 253.588,08 ha.

A rede viária pavimentada identificada foi de 13,67 km e rede viária não pavimentada identificada foi de 505,72 Km.

Foi encontrado 119.991,42 ha com declividade entre 0 e 5%, 117.035,84 ha com declividade entre 5,1% e 12%, 16.273,73 ha com declividade entre 12,1% e 30%, 283,75 ha com declividade entre 30,1% e 47% e 3,34 ha com declividade superior a 47,1%.

Através do cruzamento de classes de declividade e áreas de floresta obteve-se a seguinte distribuição: 7.961,13 ha de floresta em áreas com declividade de 0 a 5%, 14.979,06 ha em áreas com declividade de 5,1% a 12%, 5.749,65 ha de floresta em áreas com declividade de 12,1% a 30%, 130,32 ha de floresta em áreas de declividade de 30,1% a 47% e 2,16 ha de floresta em áreas com declividade superior a 47%.

Através do cruzamento entre áreas de agricultura e classes de declividade encontrou-se a seguinte distribuição: 10.934,28 ha em áreas com declividade de 0 a 5%, 1.152,11 ha em áreas com declividade de 5,1% a 12% e 23,49 ha em áreas com declividade de 12,1 a 30%.

6.2 Recomendação

Recomenda-se efetuar monitoramento do uso da terra do município de Lavras do Sul em escalas maiores a partir do presente levantamento complementados com levantamento

sócio-econômico para subsidiar políticas de desenvolvimento com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população e preservação do meio-ambiente.

Realizar o levantamento de uso da terra conforme sua aptidão.

Delimitar, em documento cartográfico de ou em escala apropriada, as áreas de preservação permanente conforme a legislação.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. R. et al. **sistema de classificação para o uso da terra e do revestimento do solo para a utilização com dados de sensores remotos**. Tradução Harald Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 79 p. (Série Paulo de Assis Ribeiro, n.º. 9).

ASSAD, E.D.; SANO, E. E. (Orgs.). **Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA – SPI / EMBRAPA – CPAC, 1998.

ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989.

BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BENEDETTI, A. C. P. **Análise espacial da evolução do uso e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do arroio Arenal**. 2006.124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

BOLFE, E.L. **Geoprocessamento aplicado à análise de recursos florestais estudo de caso: folha SH. 22-Y-A /DSG**. 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Santa Maria. Santa Maria, RS, 2001.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches**. **Reserch Institute**. West Virginia University, 2000. Disponível em: <http://www.rri.wvu.edu/webBook/Briassoulis/contents>. Acesso em: 15 ago. 2007.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Princípios básicos em geoprocessamento**. In: ASSAD, E.D.; SANO, E. E. (Orgs.): **Sistema de Informações Geográficas (Aplicações na agricultura)**. 2. ed. Brasília-DF: Serviço de Produção de Informação – SPI; EMBRAPA-CPAC, 1998, p. 1 – 11.

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Satélites de monitoramento**. Disponível em: <[http:// www.sat.cnpm.embrapa.br](http://www.sat.cnpm.embrapa.br)>. Acesso em: 05 maio 2006.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto: Princípios e Interpretação de Imagens**. São Paulo: Nobel, 1982.

GOMES, F. das C. de L. **Mapeamento do uso da terra no município do Conde-PB, utilizando Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 2005, 94 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Manuais Técnicos em Geociências**. Manual de Uso da Terra. 2 ed. Rio de Janeiro, n. 87, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manual do Usuário SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas)**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/indice>>. Acesso em: 29 abr. 2006a.

_____. **CBERS**, São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br>>. Acesso em: 01 jul. 2005b.

LACOSTE, Y. **A geografia: isto serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra**. Tradução de Maria Cecília França. 2° ed. Campinas: Papirus, 1989. 263 p.

LEITE, p. f. **Contribuição ao conhecimento fitoecológico do Sul do Brasil**. In: Ciência & Ambiente n° 24. Ed. UFSM. 2002, p. 51-73.

LOCH, C. **Noções básicas para a interpretação de imagens áreas, bem como algumas de suas aplicações nos campos profissionais**. 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1993.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2003.

NISHIDA, W. **Uma Rede Neural Artificial para Classificação de Imagens Multiespectrais de Sensoriamento Remoto**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1998. Disponível: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/waleska.htm>> Acesso em: 25 abr. 2006.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Blücher Ltda, 1998.

PINTO, S. A. F., **Sensoriamento Remoto e Integração de Dados Aplicados no Estudo da Erosão dos Solos: Contribuição Metodológica**. 1991, 134p. Tese. (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE. São José dos Campos. 1991.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LAVRAS DO SUL, RS, (MUNICÍPIO). Disponível em: <<http://www.lavrasdosul.rs.gov.br>>. Acesso em: 13 jul. 2007.

PROJETO SRTM: **Estágio atual e perspectivas futuras**. Curitiba. Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A. Disponível: <<http://www.esteio.com.br>>. Acesso: 20 de fev. 2006.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora - MG. Editora do Autor, 2000. 219p.

RODRIGUES, M. **Introdução ao Geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 6, São Paulo: Escola Politécnica, USP. Maio, v. 1, p. 1-26, 1990.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: Ed. da UFU, 1995.

RUHOFF, A.L. **Gerenciamento de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas: Modelagem Ambiental com Cenários Preservacionistas**. 2004. p. 93. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geomática)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

SEMA; UFSM (Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul; Universidade Federal de Santa Maria). **Inventário Contínuo do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: 2001. 706p. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>>. Acesso em: 20 de jan. 2007.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002.

SILVA, D. A. da. **Sistemas Sensores Orbitais**. São José dos Campos: INPE – CTA, 1995.

TEXEIRA, A. L. de A., MORETI, E., CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de Informações Geográficas**. Rio Claro: ed. Do Autor. 1997. 80 p.

VALERIANO, M, M. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis Para a América do Sul**. 2004. 72 p. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais, 2004.