



UFSM

Universidade Federal de Santa Maria

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO DA TERRA COM
IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT SENSORES TM E
ETM+, NO MUNICÍPIO DE GIRUÁ – RS.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Alexandro Francisco Camargo

Santa Maria, RS, Brasil

2006

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO DA TERRA COM
IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT SENSORES TM E ETM+,
NO MUNICÍPIO DE GIRUÁ – RS.**

Por

Alexandro Francisco Camargo

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

Orientador: Rudiney Soares Pereira

Santa Maria, RS, Brasil

2006

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

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO DA TERRA COM IMAGENS DO
SATÉLITE LANDSAT SENSORES TM E ETM+, NO MUNICÍPIO DE
GIRUÁ –RS**

elaborado por

ALEXANDRO FRANCISCO CAMARGO

Como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Geomática**

COMISSÃO EXAMINADORA

Dr. Rudiney Soares Pereira (UFSM)

(Presidente/Orientador)

Ms. Argentino José Aguirre (UFSM)

Ms. Elvis Rabuske Hendges (UFSM)

Santa Maria, Maio de 2006

© 2006

Todos os direitos autorais reservados a Alexandro Francisco Camargo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua Cerro Largo, n. 212, Centro, Giruá, RS, 98870-000

Fone (0xx)55 3361 3453; End. Eletr: xicco460@hotmail.com

“A vida é mais bela, quando vista de cima”

Santos Dumont – Pai da aviação

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
LISTA DE SIGLAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Sensoriamento Remoto.....	5
2.2. Origem e Evolução do Sensoriamento Remoto.....	6
2.3. Princípios Físicos do Sensoriamento Remoto.....	7
2.4. Espectro Eletromagnético.....	9
2.4.1. Ondas de Radio.....	11
2.4.2. Microondas.....	11
2.4.3. Infravermelho.....	12
2.4.4. Visível.....	12
2.4.5. Ultravioleta.....	13
2.4.6. Raios X.....	13
2.4.7. Raios- Gama.....	14
2.5. Fontes de Radiação Eletromagnética.....	14
2.6. Efeitos Atmosféricos na Propagação da REM.....	15
2.7. Sistemas Sensores.....	16
2.7.1. Tipos de Sensores.....	17
2.8. Nível de Aquisição de Dados.....	18
2.9. Sistemas Orbitais – Landsat.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21

3. 1. Localização e Caracterização da Área de Estudo.....	21
3.1.1 Geologia.....	22
3.1.2. Topografia e Geomorfologia.....	23
3.1.3 Solos.....	24
3.1.4. Vegetação.....	29
3.1.5. Clima.....	30
3.1.6. Hidrografia.....	31
3.2. Materiais e Métodos.....	33
3.2.1. Materiais Cartográficos.....	33
3.2.2 Materiais de processamento e análise.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1. Base Cartográfica.....	41
4.2. Classificação temática do uso da terra.....	43
4.3. Quantificação do uso da terra.....	48
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
7. ANEXOS.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Descrição Geral: Solo Latossolo álico e distrófico. Fonte: Projeto RADAMBRASIL.....	27
Quadro 2	Descrição Morfológica do Solo Latossolo Roxo álico e distrófico. Fonte: Projeto RADAMBRASIL.....	28
Quadro 3	Análise Mineralógica do solo Latossolo Roxo álico e distrófico. Fonte: Projeto RADAMBRASIL.....	29
Quadro 4	Áreas em hectares das classes de uso da terra.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Trajetórias da Radiação. Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.....	08
Figura 2	Gráfico de Propagação da Onda. Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.....	10
Figura 3	Espectro Eletromagnético. Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.....	11
Figura 4	Componentes do Sistema Sensor Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.....	17
Figura 5	Níveis de Aquisição de Dados. Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.....	19
Figura 6	Localização do município de Giruá/RS. Fonte: FEE - Fundação de Economia e Estatística. 2004.....	23
Figura 7	Base Cartográfica do município de Giruá/RS.....	42
Figura 8	Composição falsa-cor de imagem LANDSAT do ano de 1997.....	44
Figura 9	Composição falsa-cor de imagem LANDSAT do ano de 2002.....	45
Figura 10	Mapa do uso da terra no município de Giruá no ano de 1997.....	46
Figura 11	Mapa do uso da terra no município de Giruá no ano de 2002.....	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Ponto tomado para o georeferenciamento das imagens, tendo como datum horizontal Córrego Alegre.....	53
---------	---	----

LISTA DE SIGLAS

A - Angstrom

µm – Microm

CAD - “Computer Aided Design”

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército

DXF - “Drawing Exchange Format”

ETM+ - “Enhanced Thematic Mapper Plus”

Gb - “Gigabyte”

GPS - “Global Positioning System”

GRIB - “Gridded binary”

HP - “Hewlett Packard”

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Mhz - “Megahertz”

PAN - Pancromático

RAM - “Random Access Memory”

REM - Radiação Eletromagnética

SPRING - Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas

SIG - Sistema Geográfico de informação

TIFF - “Tagged Image File Format”

TM - “Thematic Mapper”

UTM - “Universal Transversa Mercator”

RESUMO

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

AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO DA TERRA COM IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT SENSORES TM E ETM+, NO MUNICÍPIO DE GIRUÁ – RS

Autor: Alexandro Francisco Camargo

Orientador: Rudiney Soares Pereira

Data e Local da Defesa: Santa Maria, Maio de 2006

Os mapas são o melhor meio de registro e análise dos elementos da paisagem em gabinete, e são absolutamente necessários para se atingir a eficácia no planejamento do desenvolvimento econômico, priorizando-se o correto aproveitamento dos recursos naturais. Com a cartografia temática é possível obter informações específicas sobre determinado tema ou fenômeno, mostrando sua localização e respectiva distribuição no espaço geográfico. O uso do sensoriamento remoto com base na análise de imagens de satélites é um dos meios que se dispõem hoje para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção de mudanças geoambientais. As técnicas de sensoriamento remoto têm sido um impulso de utilização nestas duas últimas décadas, face a premente priorização pelo uso racional dos recursos naturais para contínuo controle ambiental. Com o advento dos dados de imagens de satélites como o Landsat Thematic Mapper (TM) estudos são realizados para acessar o potencial das técnicas de processamento digital de imagens para mapear, monitorar e planejar. Para pesquisas e levantamentos dos recursos naturais, a aplicação das imagens de satélite é hoje um recurso praticamente indispensável, sendo usada para fazer estudos de meio ambiente, mapear e conhecer territórios, proporcionando de forma rápida e precisa informações atualizadas para o manejo dos recursos naturais. Neste contexto, a pesquisa tem como objetivo apresentar um mapeamento temporal do uso e cobertura do solo com imagens dos sensores TM e ETM+ do satélite LANDSAT, aplicando-se técnicas de sensoriamento remoto. A área de estudo, Município de Giruá, apresenta uma área de 85.364.7650 ha e localiza-se na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, possuindo grande diversidade de uso e ocupação. Foram utilizadas imagens do sensores TM e ETM+ (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7) das épocas de janeiro de 1997 e março de 2002. A partir dessas imagens foram gerados mapas temáticos aplicando-se algoritmos de classificação de imagens. A dinâmica do uso e cobertura do solo obteve-se através de operações matemáticas dos planos de informações temáticos, utilizando-se técnicas de processamento digital de imagens do aplicativo computacional SPRING. Os resultados apresentados mostram o potencial das técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento do uso da terra. Os resultados obtidos servem para apoiar as mais diversas iniciativas de pesquisa, planejamento territorial, desenvolvimento econômico e preservação ambiental nessa região.

ABSTRACT

Specialization Monograph
Post-Graduation in Geomatic
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

TEMPORAL EVALUATION OF LAND USE WITH LANDSAT SENSORS TM AND ETM+ IMAGES IN GIRUÁ TOWN, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL.

Author: Camargo, Alexandro Francisco

Advisor: Pereira, Rudiney Soares

Date and defense local: Santa Maria, May 2006

Maps are the best way to register and analyse by cabinet the landscape elements, and it is absolutely necessary to achieve efficacy in the planning of economic development, prioritizing the good use of natural resources. With thematic cartography it is possible to obtain specific information about some theme or phenomenon determinate, showing its localization and distribution in the geographic space. The use of remote sensing by satellite images analyse is one of the ways that is available today to accelerate and reduce mapping costs and of geo-environmental changes detection. The remote sensing techniques has been a utilization impulse in the last two decades, in view of rational natural resources use prioritization in to a continuous environmental control. With approach of high resolutions images from satellites like *Landsat Thematic Mapper (TM)*, studies are done to access the potential techniques of digital processing images to map, monitor and plan. To researches and surveys of natural resources, the application of satellite images is today practically a indispensable resource, been used to study the environment, map and know territories, providing in a fast and precise way updated information for the natural resources management. In this context, this work has the purpose of presenting a temporal mapping of the use and covering of the soil through images from the TM and ETM+ Landsat satellite, where remote sensing techniques have been applied. The studied region of Giruá has a great diversity of use and occupation, presenting an area of 85.364.7650 ha, which is located in the Northweste area of Rio Grande do Sul. It was used imagens of sensors TM and ETM+ (bands 1, 2, 3, 4, 5 and 7) from January 1997 and March 2002. Troughoust these images it was possible to generate thematic maps to which classification algorithms of images were applied. The dynamics of the use and the soil covering were both obtained by means of mathematical operations of the information thematic plans, where digital processing techniques of images, from the computacional SPRING, were used. The presented results show the potencial of remote sensing techniques in the mapping of earth use. The obtained results are good to support a great diversity of research attempts, such as territorial planning, economic development and environmental preservation in the area of Giruá.

1. INTRODUÇÃO

País de dimensões continentais, o Brasil enfrenta como nenhum outro, desafios relativos à ocupação, uso e manejo do seu imenso e diversificado espaço. Ao contrário de outras nações de superfície equivalente, a questão se agrava em nosso país devido aos extensos territórios inabitados, aos intensos contrastes sócio-econômicos e agroecológicos entre as regiões geográficas, à dinâmica acelerada do uso das terras, ao avanço da fronteira agrícola, às deficiências na infra-estrutura de transportes e comunicação e à carência de recursos humanos adequadamente preparados educacionalmente.

Todas estas problemáticas compõem um cenário de grande complexidade a ser gerenciado pelo planejamento territorial no Brasil, onde o elenco de alternativas, eventualmente possíveis, de ocupação e uso é muito variado. Esta pluralidade de atividades antrópicas é amplificada pelas distintas configurações dos sistemas de produção adotadas, traduzindo-se em diferentes níveis de sustentabilidade e, em grande parte das situações, em muitos impactos sociais, econômicos e ambientais.

As atividades agrossilvopastoris são responsáveis em mais de 90% pela ocupação das terras. São praticadas diversas culturas desde a escala da subsistência, passando pelas pequenas e médias organizações rurais, até as grandes empresas agro-industriais. Deste modo, produz-se itens importantes da agroeconomia nacional como cereais, leguminosas, oleaginosas, carne, leite e derivados, hortigranjeiros, madeira, frutas, fibras, bebidas, combustíveis, insumos industriais, etc. Nos últimos anos a produção agrícola tem aumentado substancialmente graças aos ganhos na produtividade e, principalmente, pela expansão da área cultivada. Esta expansão tem sido acompanhada de consideráveis impactos ambientais negativos. Porém, há profundas idiosincrazias regionais, particularizando cada situação e constituindo uma ampla gama de desafios técnico-científicos. O sensoriamento remoto representa hoje um dos principais instrumentos para o monitoramento de uma realidade tão ampla e dinâmica.

A incidência, a absorção, a reflexão, a emissão de ondas eletromagnéticas pela superfície terrestre e a interpretação de seus padrões de reflectância constitui o âmbito das atividades de sensoriamento remoto, com aplicações diversas para diversas disciplinas da ciência e atividades humanas, entre as quais muitas relacionadas à agricultura e à ecologia. Porém, é no domínio da

luz visível, do infravermelho próximo, distante e termal, e atualmente na faixa de microondas radar que se concentra parte essencial das aplicações das pesquisas espaciais para fins agroecológicos.

Partindo-se do princípio de que corpos e materiais diferentes possuem distintos comportamentos de absorção, reflexão e de emissão dos diferentes trechos do espectro eletromagnético, entre os quais a luz visível constitui uma estreita faixa, podemos então identificar e mapear estes elementos da superfície terrestre. Assim como um campo cultivado, no início de germinação, possui um aspecto diverso da mesma cultura já em estado de maturação, e que um plantio sadio se distingue de um outro submetido a algum tipo de estresse ou restrição fisiológica, é possível detectar e identificar essas mudanças através do sensoriamento remoto.

Inicialmente concebidos sobretudo para fins militares e de auxílio na localização de jazidas minerais, os processos de imageamento da terra foram se voltando progressivamente já na década de 70, para fins civis, muitos ligados à agricultura e ao meio ambiente. Hoje em dia, assumindo uma série de funções anteriormente atendidas pela aerofotogrametria, sem contudo substituí-la nos trabalhos com grande precisão de detalhes geométricos, o sensoriamento remoto multiespectral apresenta uma série de vantagens:

- Baixo custo por área específica:

O apelo aos meios de sensoriamento remoto reduz o custo dos levantamentos de campo e aumenta sua precisão, sendo que o preço por km² das imagens orbitais é bastante inferior ao de fotografias aéreas.

- Aspecto diacrônico da captação das imagens:

A alta frequência de repetitividade possibilita várias tomadas de imagens ao longo de um mesmo ano, o que era praticamente impossível, devido ao alto custo e à demora na execução de missões de recobrimento aerofotogramétrico.

- Aspecto sincrônico da captação das imagens:

Uma mesma região é imageada de forma praticamente instantânea, possibilitando uma visualização ampla e completa do estado de superfície em um dado momento, facilitando comparações e inferências.

- Aspecto multiespectral das imagens:

O campo de detecção de ondas eletromagnéticas vai muito além das possibilidades da visão humana e dos sistemas fotográficos mais complexos, tornado formas e nuances praticamente imperceptíveis discerníveis em imagens orbitais.

- Caráter digital dos dados adquiridos:

Apesar de freqüentemente divulgadas sob a forma bastante simplificada e condensada de reproduções fotográficas, os dados produzidos por processos de imageamento orbital são gerados e armazenados sob a forma digital.

- Facilidade de integração com bases de dados geocodificadas:

A possibilidade de combinação e cruzamento com outros dados georreferenciados conferida pela natureza digital da informação coletada pelos sensores remotos facilita a sua manipulação em conjunto com outros dados, de natureza cartográfica ou numérica.

Uma política agrícola, assentada sobre bases realísticas, deve equacionar os dilemas apresentados por um setor primário tão heterogêneo contraposto a um mercado mundial em permanente e acelerada evolução. A rápida integração atual dos blocos econômicos requer uma visão ampla dos problemas que ocorrem no Brasil e no exterior. Desta forma, torna-se urgente evitar o processo atual de intensificação da concentração da riqueza típico do Brasil e seus conseqüentes e terríveis problemas sociais, promovendo um desenvolvimento das comunidades ligadas direta ou indiretamente ao campo, atendendo os princípios da sustentabilidade e da conservação dos recursos naturais.

Assim, o objetivo do trabalho será apresentar um mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo utilizando técnicas de geoprocessamento e analisar a dinâmica durante duas épocas do ano (janeiro de 1997 e março de 2002), através dos sensores TM e ETM+ do satélite LANDSAT do município de Giruá, possibilitando um monitoramento mais eficaz quanto aos processos de ocupação, conservação e recuperação dos recursos naturais do Município.

Para atender o objetivo, os seguintes procedimentos serão utilizados:

- O mapeamento temático dos recursos naturais, identificando-se alterações no uso da terra durante duas épocas do ano, gerando informações quantitativas sobre as mudanças ocorridas;

- A aplicação dos dados experimentais para a evolução dos estudos no campo científico, principalmente no planejamento de uso da terra através da utilização de informações obtidas de sensores remotos, por serem possuidores de um rico e importante potencial de dados mensuráveis dos aspectos superficiais do terreno;

- O uso de ferramentas modernas e integradas, compatibilizando dados, para produzir e disseminar informações que, servirão de subsídios no futuro, para pessoas interessadas em conhecer, proteger e mesmo, planejar a implantação de atividades relacionadas ao manejo dos recursos naturais das terras regionais;

- Servir de suporte básico no auxílio a elaboração de políticas públicas para prevenção, adaptação e mitigação de mudanças, através de simulações em diferentes cenários, através da análise da sensibilidade das mudanças de uso e cobertura a fatores ambientais, econômicos, sociais e institucionais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sensoriamento Remoto

Em sentido amplo, sensor é todo e qualquer instrumento que amplia a capacidade dos sentidos do homem, permitindo-lhes melhor investigar as características do meio em que vive. Sensores, em sentido específico, ou sensores remotos, são dispositivos que, colocados em aviões, em satélite específico, ou em outros engenhos espaciais, fornecem informações sobre materiais ou fenômenos da superfície ou sub-superfície.

Com isso em mente poderíamos dizer que sensoriamento remoto é a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre ele. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada á extração de informações.

A partir dessa definição mais específica de sensoriamento remoto da compreensão das funções do sensor, podemos observar que a transferência de dados do objeto para o sensor é feita através de energia.

Novamente torna-se necessário especificar melhor a definição do sensoriamento remoto no que diz respeito ao tipo de energia utilizada na transferência de informação, o objeto para o sensor. Este é um assunto controvertido. Alguns autores incluem com parte integrante do sensoriamento remoto os sensores que operam com energia acústica (sonares, sismógrafos, sismômetros), com energia gravitacional (gravímetros) ou com energia eletromagnética (radiômetros). Outros restringem a utilização do termo sensores remotos dos equipamentos que operam apenas através da detecção de energia eletromagnética. Tendo em vista que a energia eletromagnética se propaga no vácuo com a velocidade de 3×10^8 m/s em direção ao sensor, ela se constitui no mais útil campo de força para a atividade de sensoriamento remoto, formando um

meio de transferência de informação de alta velocidade entre as substâncias ou objetos de interesse e o sensor.

Pode-se, então a partir de agora, definir sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves e espaçonaves com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes no planeta terra em suas mais diversas manifestações, conforme NOVO (1989). Fica evidente também que o sensoriamento remoto é fruto de um esforço multidisciplinar que envolve avanços na física, na físico-química, na química, nas Biociências e Geociências, nas Ciências da computação.

2.2. Origem e Evolução do Sensoriamento Remoto

A origem do sensoriamento remoto está ligada as experiências de Newton (1822), o qual constatou que um raio luminoso (luz branca), ao atravessar um prisma, o mesmo desdobrava-se num feixe colorido - um espectro de cores.

Desde então os cientistas foram ampliando os seus estudos a respeito de tão fascinante matéria. Verificaram que a luz branca era uma síntese de diferentes tipos de luz, uma espécie de vibração composta, basicamente, de muitas vibrações diferentes. Prosseguindo, descobriram ainda que cada cor decomposta no espectro correspondia a uma temperatura diferente, e que a luz vermelha incidindo sobre um corpo, aquecia-o mais do que a violeta.

Além do vermelho visível, existem radiações invisíveis para os olhos, que passaram a ser ondas, raios ou ainda radiações infravermelhas. Logo depois, uma experiência revelou outro tipo de radiação: a ultra-violeta. Sempre avançando em seus experimentos os cientistas conseguiram provar que a onda de luz era uma onda eletromagnética, mostrando que a luz visível é apenas uma das muitas diferentes espécies de ondas eletromagnéticas.

Alguns autores colocam a origem do Sensoriamento Remoto ligada ao desenvolvimento de sensores fotográficos, quando as fotografias aéreas eram obtidas utilizando balões.

Conforme NOVO (1989), a evolução do sensoriamento remoto está ligada a alguns dos principais eventos abaixo relacionados:

1822 - Desenvolvimento da teoria da luz;

- Newton : decomposição da luz branca;

- Utilização de uma câmara primitiva;

1939 - Desenvolvimento de equipamentos ópticos;

- Pesquisas de novas substâncias fotosensíveis;

1859 - Utilização de câmaras fotográficas a bordo de balões;

1903 - Utilização de fotografias aéreas para fins cartográficos;

1909 - Tomadas de fotografias aéreas por aviões;

1930 - Coberturas sistemáticas do território para fins de levantamento de recursos naturais;

1940 - Desenvolvimento de equipamentos para radiometria sensíveis à radiação infravermelha;

- Utilização de filmes infravermelho na II Guerra, para detecção de camuflagem;

1944 - Primeiros experimentos para utilizar câmaras multiespectrais;

1954 - Desenvolvimento de radiômetros de microondas;

- Testes iniciais visando a construção de radares de visada lateral;

1961 - Desenvolvimento de processamentos ópticos e digitais;

- Primeiros radares de visada lateral;

1962 - Desenvolvimento de veículos espaciais tripulados e não tripulados;

- Lançamentos de satélites meteorológicos;

- Primeira fotografia orbital *MA-4-Mercury*;

1972 - Fotografias orbitais tiradas pelo programa *Gemini*;

- Surgem outros programas espaciais envolvendo satélite de recursos naturais: *SEASAT*, *SPOT*, *ERS*, *LANDSAT*;

1983 - Lançamento do *LANDSAT 4*, *SIR-A*, *SIR-B*, *MOMS*;

1991 - Lançamento de *ERS-1*.

2.3. Princípios Físicos do Sensoriamento Remoto

Um fluxo de radiação eletromagnética ao se propagar pelo espaço pode interagir com superfícies ou objetos, sendo por estes refletido, absorvido e mesmo reemitido. As variações que essas interações produzem no fluxo considerado, dependem fortemente das propriedades físico-químicas dos elementos na superfície.

Tudo na natureza está em constante vibração, emitindo ou modificando ondas eletromagnéticas (energia) e apresentando "perturbações" dos campos magnéticos e gravimétricos da Terra. Todos os instrumentos que captam e transformam essa energia poderiam ser classificados como sensores: rádio, televisão, máquina fotográfica.

Durante a fase de aquisição de dados pelos sensores, podemos distinguir os seguintes elementos básicos: energia radiante, fonte de radiação, objeto (alvo), trajetória e sensor (sistema de imageamento óptico e detector). A figura a seguir apresenta estes elementos e exemplifica os vários caminhos que a radiação eletromagnética pode tomar antes de atingir o sistema sensor.

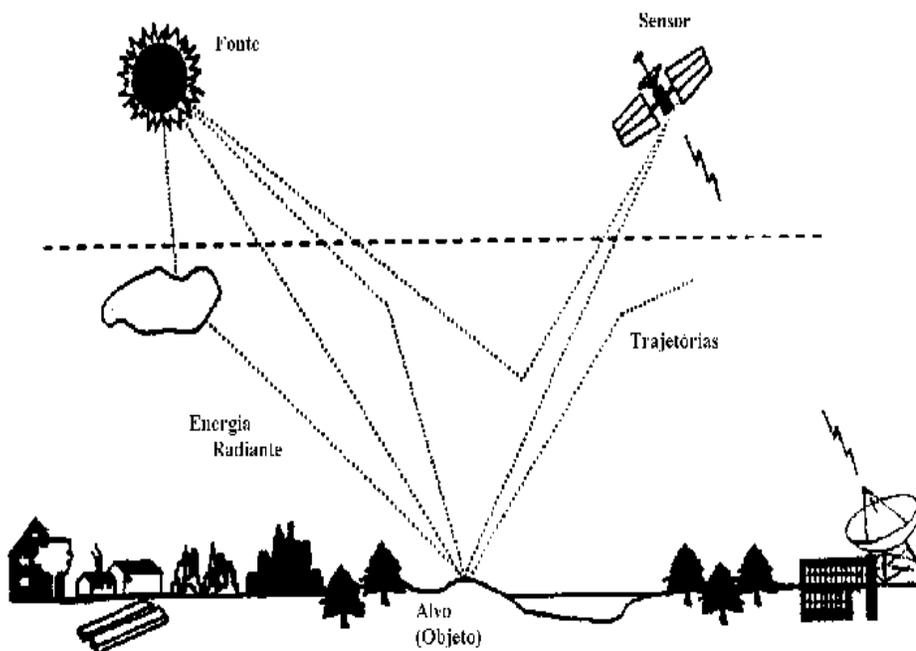


Figura 1 - Trajetórias da Radiação.

Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.

Sempre que se realiza trabalho, algum tipo de energia deve ser transferida de um corpo a outro, ou de um local para outro no espaço. De todas as possíveis formas de energia, uma de especial importância ao Sensoriamento Remoto, e a única que não necessita de um meio material para se propagar é a energia radiante ou energia eletromagnética. O exemplo de energia radiante mais familiar e de maior importância é a energia solar, que se propaga pelo espaço vazio desde o Sol até a Terra.

Todos os objetos submetidos a uma temperatura maior do que -273°C (zero absoluto), emitem radiação eletromagnética originada pela aceleração de partículas atômicas ou moleculares dotadas de carga elétrica. As ondas eletromagnéticas são caracterizadas pela frequência, o comprimento de onda e da energia fotônica. Num mesmo meio as ondas eletromagnéticas possuem velocidade de propagação constante. No vácuo, a velocidade é aproximadamente de 300.000 Km/s .

As ondas eletromagnéticas recebem nomes diferentes dependendo da frequência ou do comprimento da onda. Assim, as ondas de maior frequência ou menor comprimento são os raios cósmicos; seguem –os raios gama, os raios X, o ultravioleta, a região da luz visível, o infravermelho, as microondas as ondas de radio e a região da baixa frequência. O conjunto constitui o espectro eletromagnético.

2.4. Espectro Eletromagnético

A radiação (ondas) eletromagnética é constituída por diversas características físicas (intensidade, comprimento de onda, frequência, energia e polarização). Entretanto, independente dessas características, todas as ondas eletromagnéticas são essencialmente idênticas, apresentando uma independência com relação à existência ou não de um meio de propagação (propriedade importante deste processo de transferência de energia). Esta independência é fácil de entender pela figura a seguir, o campo elétrico e o campo magnético são perpendiculares entre

si e ambos oscilam perpendicularmente à direção de propagação da onda, assim o campo elétrico gera um campo magnético e do campo magnético gera um campo elétrico.

Onde:

E = Campo elétrico

M = Campo magnético

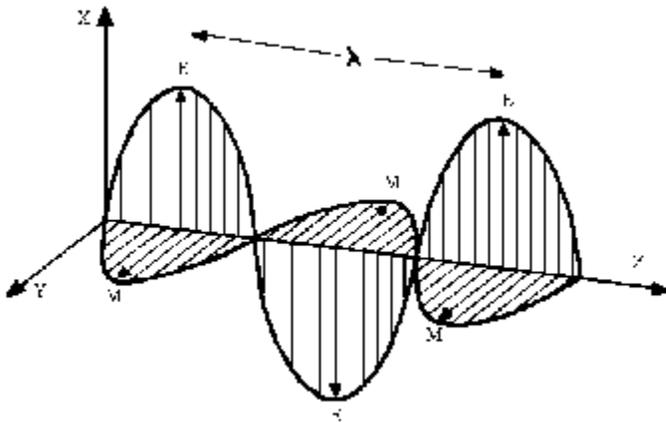


Figura 2 – Gráfico de Propagação da Onda.

Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.

O número de ondas que passa por um ponto do espaço num determinado tempo define a frequência da radiação. A frequência de onda é diretamente proporcional à velocidade de propagação da radiação. Quanto maior a velocidade de propagação da onda, maior o número de ondas que passarão por um ponto num dado tempo e maior será sua frequência. A velocidade de propagação num dado meio é constante.

A faixa de comprimentos de onda ou frequências em que se pode encontrar a radiação eletromagnética é ilimitada. Com a tecnologia atualmente disponível, pode-se gerar ou detectar a radiação eletromagnética numa extensa faixa de frequência, que se estende de 1 a 1024 Hz, ou comprimentos de onda na faixa de 108 metros a 0.01A.

Este espectro é subdividido em faixas, representando regiões que possuem características peculiares em termos dos processos físicos, geradores de energia em cada faixa, ou dos mecanismos físicos de detecção desta energia. Dependendo da região do espectro, trabalha-se

com energia (eletron-volts), comprimentos de onda (micrômetro), ou frequência (hertz). Por exemplo: na região dos raios gama e cósmicos - usa-se energia; na região entre U.V. e I.V. - usa-se comprimento de onda; na região microondas e radio - usa-se frequência. As principais faixas do espectro eletromagnético estão descritas abaixo e representados na figura a seguir.

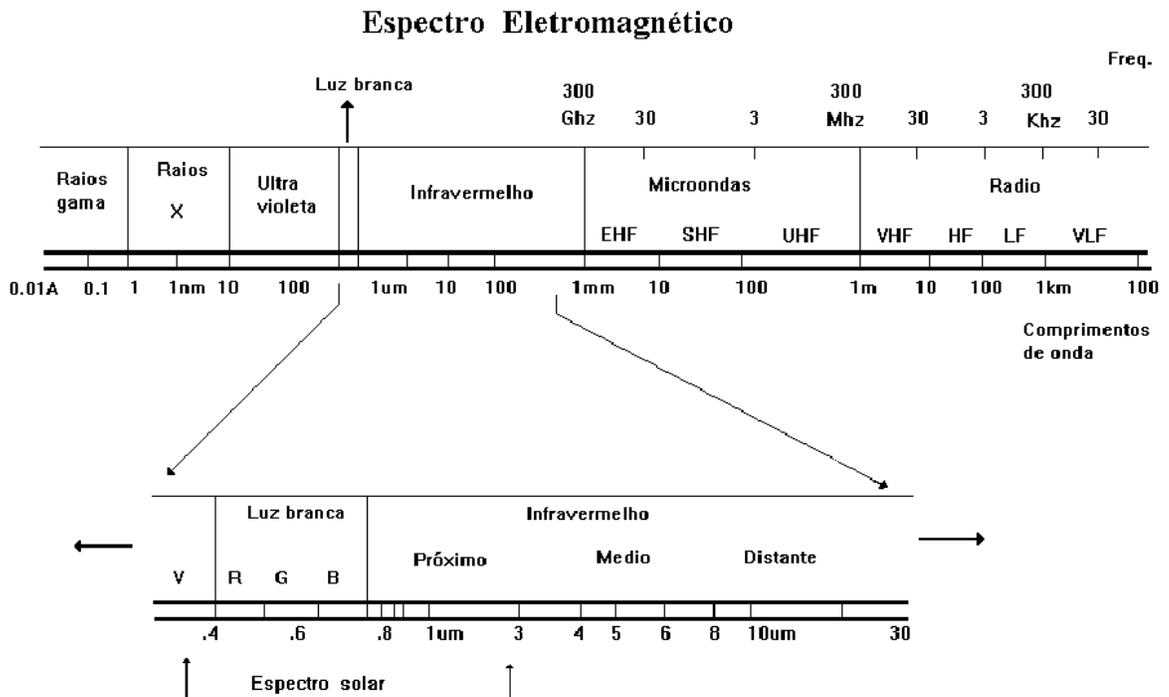


Figura 3 – Espectro Eletromagnético.

Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.

2.4.1. Ondas de Radio

Baixas frequências e grandes comprimentos de onda. As ondas eletromagnéticas nesta faixa são utilizadas para comunicação a longa distância, pois, além de serem pouco atenuadas pela atmosfera, são refletidas pela ionosfera, propiciando uma propagação de longo alcance.

2.4.2. Microondas

Situam-se na faixa de 1 mm a 30 cm ou 3×10^{11} a 3×10^9 Hz. Nesta faixa de comprimentos de onda podem-se construir dispositivos capazes de produzir feixes de radiação eletromagnética altamente concentrados, chamados radares. Pouca atenuação pela atmosfera, ou nuvens, propicia um excelente meio para uso de sensores de microondas em qualquer condição de tempo. Esta parte do espectro eletromagnético é a porção que está havendo um maior interesse para aplicações de sensoriamento remoto recentemente.

Essa faixa é usada em sensoriamento remoto. A porção desta radiação de comprimentos de ondas mais curtas possuem propriedades similar a radiação do infravermelho termal, enquanto, as de maiores comprimento de ondas são usadas para transmissão de rádio e TV.

2.4.3. Infravermelho

Grande importância para o Sensoriamento Remoto. Engloba radiação com comprimentos de onda de $0,75 \mu\text{m}$ a 1,0 mm. A radiação I.V. é facilmente absorvida pela maioria das substâncias (efeito de aquecimento), representando uma faixa 100 vezes maior que a região do visível. A região do infravermelho pode ser dividida em duas categorias baseado nas propriedades de suas radiações: O Infravermelho Refletido e o Infravermelho Termal. A radiação no IV Refletido é usada no sensoriamento remoto por ser muito parecida com a radiação do visível.

A radiação IV Termal é totalmente diferente da radiação do visível e da radiação do IR Refletido, pois como essa energia é essencialmente a radiação que é emitida da superfície da terra na forma de calor. A radiação IV Termal é uma faixa de comprimento de onda de 3.0 mm até 100 mm.

2.4.4. Visível

É definida como a radiação capaz de produzir a sensação de visão para o olho humano normal. É a radiação que nossos olhos, ou melhor, nosso sensor pode detectar do espectro eletromagnético (EEM). Apesar de ser uma porção do EEM muito pequena, é a mais importante para o ser humano, já que as outras radiações são invisíveis para os nossos olhos, porém, as outras radiações podem ser detectadas através de outros sensores especiais produzidos pelo homem. Pequena variação de comprimento de onda (380 a 750 nm). Importante para o Sensoriamento Remoto, pois imagens obtidas nesta faixa, geralmente, apresentam excelente correlação com a experiência visual do intérprete. A radiação do visível varia de um comprimento de onda pequeno (violeta) ao de maior comprimento (vermelho).

2.4.5. Ultravioleta

Extensa faixa do espectro (10 nm a 400 nm). Películas fotográficas são mais sensíveis à radiação ultravioleta, que a luz visível. Uso para detecção de minerais por luminescência e poluição marinha. Forte atenuação atmosférica nesta faixa, se apresenta como um grande obstáculo na sua utilização. A Radiação Ultravioleta ou UV é a porção do espectro eletromagnético das radiações de comprimento de ondas pequenos, no qual são usualmente utilizados em sensoriamento remoto. Esta radiação antecede a porção violeta da radiação do visível, por este motivo tem esse nome. Alguns materiais na superfície da Terra, principalmente minerais e rochas, fluorescem e emitem luz visível quando expostos a radiação ultravioleta. Ex.: Luz negra nas casas de espetáculos fluorescem as roupas de cor branca (principalmente).

2.4.6. Raios X

Os raios X, assim chamado pelo seu descobridor Roentgen por causa da sua natureza até então desconhecida, são radiações eletromagnéticas com comprimento de onda menor que 1 *angstrom* Faixa de 1 A° a 10 nm (1 A° = 10⁻¹⁰ m). São gerados, predominantemente, pela parada ou freamento de elétrons de alta energia. Por se constituir de fótons de alta energia, os raios-X são altamente penetrantes, sendo uma poderosa ferramenta em pesquisa sobre a estrutura da matéria. Eles apresentam propriedades típicas de ondas como polarização, interferência e difração, da mesma forma que a luz e todas as outras radiações eletromagnéticas. Devido ao seu pequeno comprimento de onda não se propaga muito no ambiente e é extremamente nociva ao homem, devido a alta frequência e energia. Os raios-X são usados na medicina e na prospecção geofísica (GRD).

2.4.7. Raios- Gama

São os raios mais penetrantes das emissões de substâncias radioativas. Não existe, em princípio, limite superior para a frequência das radiações gama, embora ainda seja encontrada uma faixa superior de frequência para a radiação conhecida como raios cósmicos.

A faixa mais usada em Sensoriamento Remoto está entre 0,3 μm e 15,0 μm (conhecida como espectro óptico), pois nesta faixa os componentes ópticos de reflexão e refração, tais como lentes, espelhos e prismas, são utilizados para coletar e reorientar a radiação.

2.5. Fontes de Radiação Eletromagnética

As fontes de radiação eletromagnética (REM) podem ser divididas em naturais (Sol, Terra, Radioatividade) e artificial (*Radar, Laser*).

O Sol é a mais importante fonte natural, pois sua energia, ao interagir com as diversas substâncias da superfície da Terra, origina uma série de fenômenos (reflexão, absorção, transmissão, luminescência, aquecimento) investigados pelo Sensoriamento Remoto.

Qualquer fonte de energia eletromagnética é caracterizada pelo seu espectro de emissão, o qual pode ser contínuo ou distribuído em faixas discretas. O Sol, por exemplo, emite radiação distribuída continuamente numa faixa que vai dos raios-X até à região de microondas, embora, concentrado no intervalo de $0,35 \mu m - 2,5 \mu m$.

Toda substância com temperatura superior à de zero absoluto (0 K ou -273° C) emitem radiação eletromagnética, como resultado de suas oscilações atômicas e moleculares. Essa radiação emitida pode incidir sobre a superfície de outra substância podendo ser refletida, absorvida ou transmitida. No caso da absorção, a energia é geralmente reemitida, normalmente com diferentes comprimentos de onda.

Na prática, os quatro processos: emissão, absorção, reflexão e transmissão ocorrem simultaneamente e suas intensidades relativas caracterizam a substância em investigação. Dependendo das características físicas e químicas da mesma, aqueles quatro processos ocorrem com intensidades diferentes em diferentes regiões do espectro. Esse comportamento espectral das diversas substâncias é denominado assinatura espectral e é utilizado em Sensoriamento Remoto para distinguir diversos materiais entre si.

2.6. Efeitos Atmosféricos na Propagação da REM

Quando se coleta um dado através de um sensor remoto, seja a nível de satélite ou aeronave, o sinal coletado, na maioria das vezes, é a radiação proveniente do Sol, que interage com a atmosfera até atingir o alvo e retorna ao sensor interagindo novamente com a atmosfera. Mesmo que o sinal medido seja a radiação emitida pelo alvo, ela interage com a atmosfera até atingir o sensor.

Existem regiões de espectro eletromagnético para as quais a atmosfera é opaca, ou seja, não permite a passagem da radiação eletromagnética. Estas regiões definem as "bandas de absorção da atmosfera". As regiões do espectro eletromagnético em que a atmosfera é transparente à radiação eletromagnética proveniente do Sol são conhecidas como "janelas atmosféricas".

Assim, devemos sempre considerar os seguintes fatores associados à atmosfera, os quais interferem no Sensoriamento Remoto: Absorção, efeitos de massa de ar, espalhamentos devido a moléculas gasosas ou partículas em suspensão, refração, turbulências e emissão de radiação pelos constituintes atmosféricos.

Desse modo, concluímos que a atenuação da radiação é dada por:

$$\text{ATENUAÇÃO} = \text{ABSORÇÃO} + \text{ESPALHAMENTO}$$

Absorção: a energia de um feixe de radiação eletromagnética é transformada em outras formas de energia. É uma atenuação seletiva observada em vários constituintes, tais como vapor d'água, ozônio e monóxido de carbono. Em muitos casos pode ser desprezada, por ser muito pequena.

Espalhamento: a energia de um feixe de radiação eletromagnética colimada é removida por mudança de direção. Ao interagir com a atmosfera, pelo processo de espalhamento, gerará um campo de luz difusa, que se propagará em todas as direções. Existem três tipos de espalhamento:

- Espalhamento Molecular ou *Rayleigh*: produzido essencialmente por moléculas dos gases da atmosfera. Ela se caracteriza pelo fato de sua intensidade ser inversamente proporcional à quarta potência do comprimento de onda ($E = 1/\lambda^4$). Isto explica a coloração azul do céu, onde o comprimento de onda nesta faixa é menor.

- Espalhamento MIE: ocorre quando o tamanho das partículas espalhadoras é da ordem do comprimento de onda da radiação.

- Espalhamento não seletivo: ocorre quando os diâmetros das partículas são muito maiores que o comprimento de onda. A radiação de diferentes comprimentos de onda será espalhada com igual intensidade. A aparência branca das nuvens é explicada por este processo.

2.7. Sistemas Sensores

Como viu-se, todos os materiais e fenômenos naturais absorvem, transmitem, refletem e emitem seletivamente radiação eletromagnética. Com o desenvolvimento atual é possível medir com razoável precisão e a distância, as propriedades espectrais daqueles materiais e fenômenos.

Qualquer sistema sensor apresenta os seguintes componentes necessários para captar a radiação eletromagnética (ver figura abaixo).

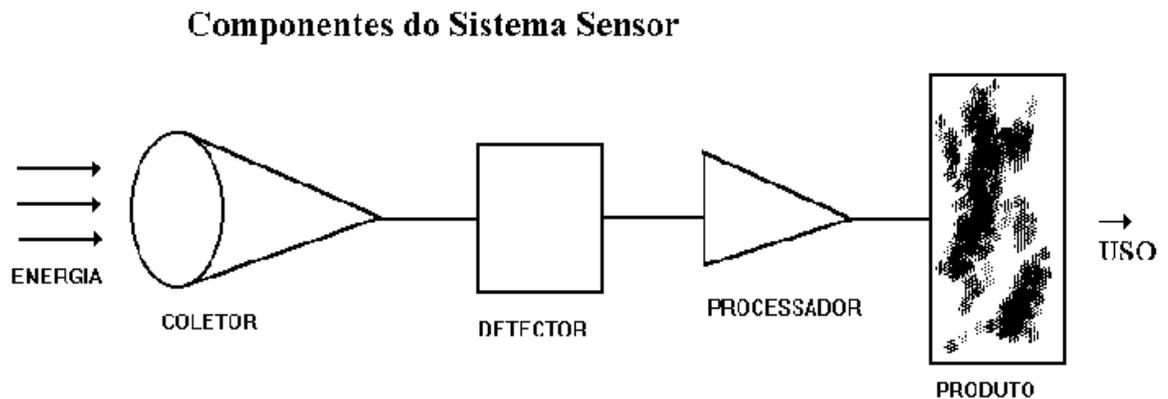


Figura 4 - Componentes do Sistema Sensor.

Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.

Componentes do Sistema, onde:

- coletor: recebe a energia através de uma lente, espelho, antenas;
- detector: capta a energia coletada de uma determinada faixa do espectro;
- processador: o sinal registrado é submetido a um processamento (revelador, amplificação) através do qual se obtém o produto;
- produto: contém a informação necessária ao usuário.

2.7.1. Tipos de Sensores

Os sensores podem ser classificados em função da fonte de energia ou em função do tipo de produto que ele produz.

a) Em função da fonte de energia:

- Passivos: não possui uma fonte própria de radiação. Ele mede radiação solar refletida ou radiação emitida pelos alvos. ex: sistemas fotográficos.

- Ativos: possui sua própria fonte de radiação eletromagnética, trabalhando em faixas restritas do espectro. ex: radares.

b) Em função do tipo de produto:

- Não-imageadores: não fornecem uma imagem da superfície sensoriada. ex: radiômetros (saída em dígitos ou gráficos) e espectrorradiômetros (assinatura espectral). São essenciais para a aquisição de informações minuciosas sobre o comportamento espectral dos objetos da superfície terrestre.

- Imageadores: obtêm-se como resultado uma imagem da superfície observada. Fornecem informações sobre a variação espacial da resposta espectral da superfície observada.

B.1 - sistema de quadro ("*framing systems*"): adquirem a imagem da cena em sua totalidade num mesmo instante. (ex: *RBV*)

B.2 - sistema de varredura ("*scanning systems*") ex: *TM - MSS - SPOT*.

B.3 - sistema fotográfico

Os imageadores não fotográficos (sistema de imageamento por varredura) vieram a cobrir a lacuna deixada pelos problemas inerentes ao uso até então mais difundido dispositivo óptico sensor - a câmara fotográfica. Esta, apesar de apresentar condições mais fáceis de operação e custos, apresenta uma limitação em captar a resposta espectral, devido aos filmes que cobrem somente o espectro do ultravioleta próximo ao infravermelho distante. Também este tipo de sensor limita-se as horas de sobrevôo e devido a fenômenos atmosféricos não permitem freqüentemente observar o solo a grandes altitudes.

Como os dados destes sensores não fotográficos são coletados sob forma de sinal elétrico, eles poderão ser facilmente transmitidos para estações distantes, onde um processamento eletrônico fará sua análise discriminatória.

2.8. Nível de Aquisição de Dados

A figura a seguir mostra os níveis de aquisição de dados de sensoriamento remoto, pois a altitude do sensor em relação à superfície imageada também é um fator de grande interferência, não só na intensidade e qualidade do sinal, como nas formas de registro e análise dos dados.

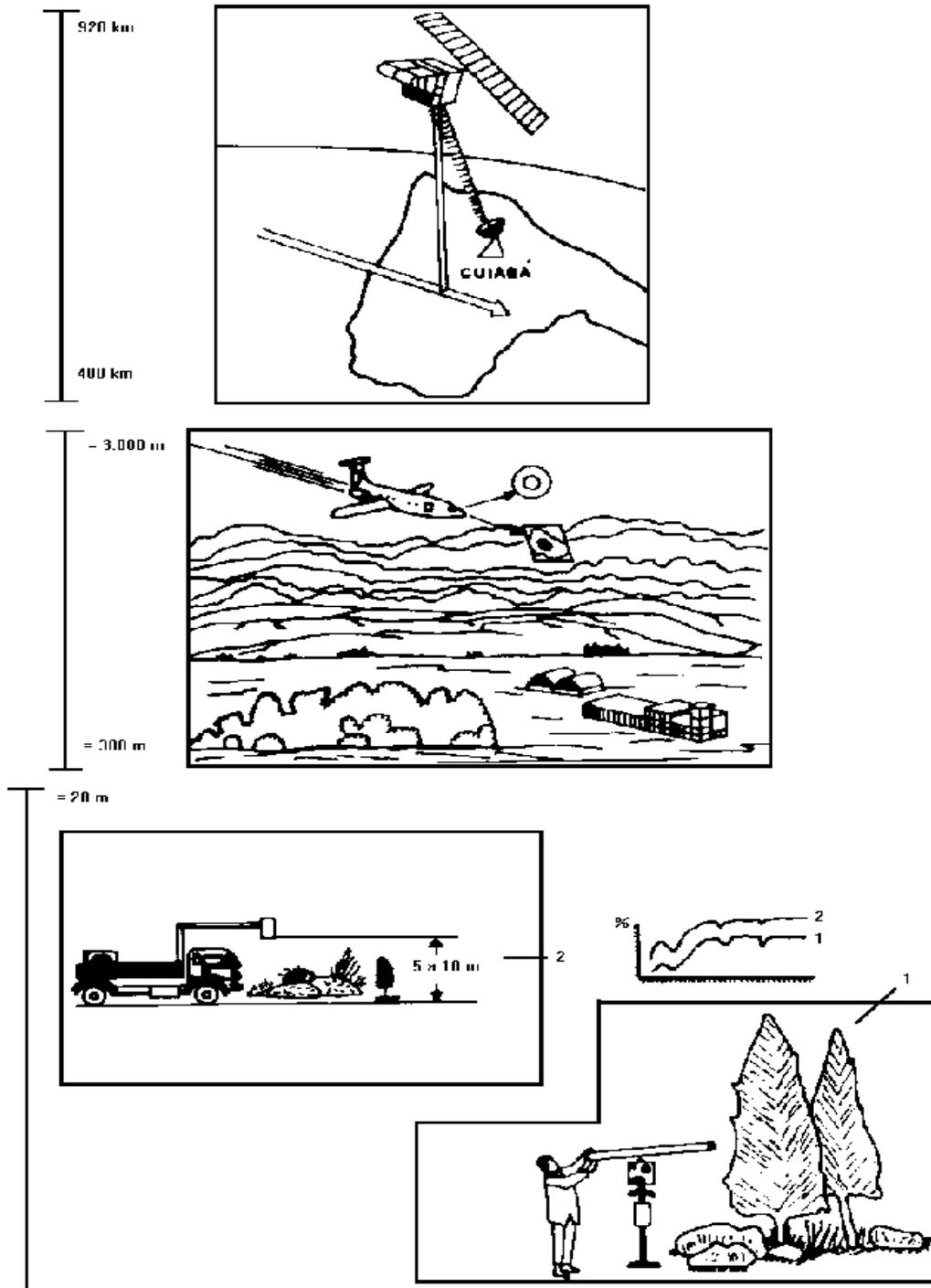


Figura 5 - Níveis de Aquisição de Dados.

Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. 2004.

Ao passar de um nível para outro, modificam-se as dimensões da área a ser imageada, conseqüentemente obtemos imagens com diferentes resoluções, o que exigirá estudos para metodologias de análise diferentes.

Nível de laboratório (0 a 20 m) - trabalha-se com porções reduzidas da matéria e estudamos seu comportamento espectral quase que sem interferência de fatores ambientais. A área passível de ser analisada por estes métodos é reduzida.

Nível de Aeronave (300 a 3.000 m) - a energia registrada pelo sensor não se refere a um determinado objeto, mas a um arranjo de objetos da cena. Alguns objetos podem ser individualmente detectados por sua configuração.

Nível Orbital (400 a 920 m) - em cada elemento de resolução no terreno, a energia registrada é a integração da resposta de diferentes objetos.

2.9. Sistemas Orbitais - LANDSAT

O sistema *LANDSAT* foi desenvolvido pela *NASA* (*National Aeronautics and Space Administration*), recebendo inicialmente o nome de *Earth Resources Technology Satellite-1* (*ERTS-1*), que passou a ser chamado de *LANDSAT* em janeiro de 1975.

O *LANDSAT 1* e *2* carregaram a bordo dois sistemas sensores com a mesma resolução espacial, mas com diferentes concepções de imageamento: o sistema *RBV*, com imageamento instantâneo de toda a cena e o sistema *MSS*, com imageamento do terreno por varredura de linhas (*line-scanner*).

Ambos os sistemas propunham-se à aquisição de dados multiespectrais, mas o desempenho do sistema *MSS*, em termos de fidelidade radiométrica, fez com que o 3º satélite da série tivesse seu sistema *RBV* modificado, de modo a prover dados com melhor resolução espacial em uma única faixa do espectro. Por outro lado, foi acrescentada uma faixa espectral ao sistema *MSS*, para operar na região do infravermelho termal.

A partir do *LANDSAT 4 e 5*, ao invés do sensor RBV, a carga útil do satélite passou a contar com o sensor TM (*Thematic Mapper*), operando em 7 faixas espectrais. Esse sensor conceitualmente é semelhante ao MSS pois é um sistema de varredura de linhas (*line-scanner*). Incorpora, entretanto, uma série de aperfeiçoamentos, quer nos seus componentes ópticos, quer nos seus componentes eletrônicos.

O *LANDSAT 7* iniciou suas atividades em abril de 1999 e encerrou em 2003, utilizando o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). Este instrumento foi capaz de ampliar as possibilidades de uso dos produtos *LANDSAT*, porque manteve a alta resolução espectral (característica importante desse sistema) e conseguiu ampliar a resolução espacial da banda 6 (Infravermelho Termal) para 60 metros além de inserir a banda pancromática e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3. 1. Localização e Caracterização da Área de Estudo:

O território do município de Giruá está localizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (figura 6), na porção alta das bacias hidrográficas dos rios Comandaí, Santa Rosa e Santo Cristo, todos afluentes da margem esquerda do Rio Uruguai. Está distante 495 km da capital, com altitude média 420m acima do nível do mar. Possui uma área de 85364.765 ha.

Possui uma população de 17.642 (2004) habitantes, sendo 13.124 na zona urbana e 4.518 na zona rural, tendo uma densidade demográfica de 20,6 habitantes por km², conforme dados da Fundação de Economia e Estatística do Governo do Estado do Rio Grande do Sul.

A economia do município é baseada principalmente na produção e comercialização de grãos, e portanto a principal atividade da região é a agricultura, merecendo destaque as culturas de soja e trigo. A economia merece destaque também por sua bacia leiteira, piscicultura, gado de corte e cultivo de flores.

Quanto ao uso da terra, o município de Giruá, apresenta uma boa diversificação, sendo encontrado áreas florestais homogêneas, áreas com cobertura arbórea de formação das florestas de galeria e agricultura.

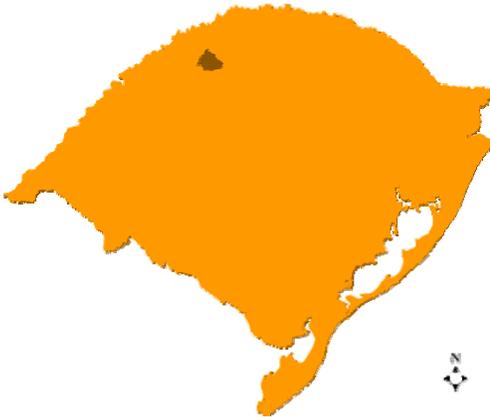


Figura 6: Localização do Município de Giruá/RS.

Fonte: FEE - Fundação de Economia e Estatística. 2004

3.1.1 Geologia

A área de estudo, em termos geológicos, conforme RADAMBRASIL, encontra-se na Formação Serra Geral.

A Formação Serra Geral, constitui-se numa sucessão de corridas de lavas, de composição predominantemente básica, apresentando uma seqüência superior identificada como um domínio relativo de efusivas ácidas. Na seqüência básica inferior, localmente, é possível a identificação de níveis de vulcanitos ácidos, os quais, entretanto, não apresentam aí possança e continuidade consideráveis. Diques e corpos concordantes de diabásio, encaixados em unidades rochosas mais antigas e relacionados às efusivas, têm ocorrência generalizada.

Essa Formação é considerada como agrupando uma espessa seqüência de vulcanitos, eminentemente basálticos, podendo conter termos ácidos intercalados, que se tornam mais abundantes no topo do pacote, a qual, tendo se extravasado desde o Triássico Superior, desenvolveu-se de modo significativo durante o Juracretáceo. Intimamente relacionados aos processos geodinâmicos culminaram com a abertura do Atlântico Sul e a conseqüente separação continental América do Sul – África, esses vulcanitos fissurais têm, como contrapartes hipabissais, inúmeros diques, sills e corpos irregulares de diabásio que ocorrem de modo generalizado na área cartografada. Corpos de arenitos eólicos, ocorrentes entremeados nas lavas e mesmo interdigidos com os derrames basais da Formação Serra Geral, a despeito de sua

semelhança com os litótipos da Formação Botucatu, foram, aqui, também considerados como integrantes da unidade em questão.

No Planalto das Missões, classificação geomorfológica em que o território de Giruá integra, a Formação Serra Geral, encontram-se parcialmente encobertas por arenitos da Formação Tupanciretã, encerrando também, localmente, corpos de arenitos eólicos de posição interderrames.

3.1.2. Topografia e Geomorfologia

Conforme a classificação geomorfológica proposta pelo Levantamento de Recursos Naturais (RADAMBRASIL), o território de Giruá integra a *Unidade Geomorfológica Planalto de Santo Ângelo*, que faz parte da *Região Geomorfológica Planalto das Missões do Domínio Morfoestrutural Bacias e Coberturas Sedimentares*.

Nesta classificação, descreve-se o relevo como caracterizado pela dissecação homogênea, traduzida por colinas rasas, bem arredondadas, mais conhecidas como coxilhas¹, esculpidas em rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral, além de rochas sedimentares em menores proporções correspondentes à Formação Tupanciretã, recortadas por arroios e lajeados. Estas formas referidas, em conjunto, como relevo suavemente ondulado, caracterizam os terrenos da área interfluvial das bacias dos rios Comandai, Santo Cristo e Santa Rosa, com encostas de declividade normalmente inferior a 15%. Nas encostas dos vales dos rios Santa Rosa e Comandaí, a dissecação é mais intensa. Ao norte do município, nos distritos de São Paulo das Tunas e Cândido Freire, as encostas do Rio Santa Rosa apresentam maior entalhamento da drenagem chegando a ocorrer declividades maiores de 20 %.

As áreas de dissecação mais grosseiras, com colinas alongadas e menores desníveis entre o topo e vale, que melhor caracterizam a Unidade Geomorfológica Planalto de Santo Ângelo, parecem ter se desenvolvidos especialmente em rochas efusivas básicas, da Formação Serra

¹ O termo coxilhas, é regionalmente empregado para qualificar colinas ou elevações arredondadas e de pouca extensão, seccionadas por pequenas aprofundamentos fluviais, que ocorrem nas áreas pertencentes aos Domínios Morfoestruturais das Bacias e Coberturas Sedimentares como dos Embasamentos em Estilos Complexos.

Geral. As áreas de mesmo tipo de dissecção em colinas, porém com maior entalhamento fluvial entre uma e outra colina, aparecem se associar mais às rochas vulcânicas ácidas.

Nas áreas de interflúvio e mesmo junto às cabeceiras de drenagem é comum a presença de *dales*, isto é, áreas deprimidas, geralmente de forma circular ou elíptica, apresentando fundo plano e brejoso. Muitas dessas *dales* foram barradas, transformadas em açudes para o uso agrícola.

As maiores altitudes do território de Giruá encontram-se na área das nascentes do rio Comandai, situada no sudeste do município (próximo a Rincão Santa Cruz, Distrito de Mato Grande), atingindo o valor máximo de 451 metros, conforme a cartográfica da Diretoria do Serviço Geográfico.

As menores cotas altimétricas, pouco inferiores a 220 metros, estão mapeadas junto à calha do rio Santa Rosa, no extremo norte do território municipal.

No que se refere ao sítio urbano, as altitudes encontram-se aproximadamente no intervalo 390 – 430 metros.

A área em estudo, portanto, refere-se a uma das áreas agrícolas mais importantes na economia do Estado do Rio Grande do Sul, representada por formas de relevo, em colinas, geralmente associadas a solos profundos e à disseminação dos fenômenos de erosão e movimentos de massa em diversos estágios de evolução nas vertentes das colinas, assim como nas cabeceiras de drenagem, cortando áreas de lavouras, que substitui a Floresta Estacional Decidual original.

3.1.3 Solos

O território municipal de Giruá é composto predominantemente pelos solos das classe latossolo roxo álico e distrófico, segundo a classificação pedológica desenvolvida pelo Projeto RADAMBRASIL.

Esta classe é constituída por solos minerais não hidromórficos, com horizontes B latossólico, apresentando cor vermelha e teores de Fe O superiores a 18 %, solos cujas características mais se assemelham a dos latossolos roxos modais. Apresentam, no entanto,

valores da relação molecular Ki mais elevados, em torno de 2,0 e, freqüentemente, estrutura mais desenvolvida, principalmente no topo do horizonte B. Tais feições permitem considerá-la como uma variação subtropical dentro da classe dos Latossolos Roxos.

Apresentam textura argilosa na seqüência dos horizontes A, B e C, são muitos profundos, poucos diferenciados e com transição normalmente gradual e plana entre os horizontes. Em áreas de contato com os arenitos da Formação Tupanciretã a textura é um pouco mais leve e os teores de ferro ligeiramente inferiores. O horizonte A é moderado ou proeminente e assenta sobre o horizonte B com estrutura forte muito pequena granular com aspecto “pó de café” ou fraca até moderada em blocos subangulares, friável, com cerosidade no máximo fraca ou pouca. (para mais detalhes, ver quadro 2 e 3).

Nas áreas de relevo com dissecação mais intensa, as encostas declivosas apresentam solos de tipo latossólico distrófico com interstícios litólicos do embasamento basáltico, caracterizados pela pedregosidade e a baixa capacitação para a produção agrícola.

Ambas as classes compreendem solos derivados principalmente das rochas de origem vulcânica da Formação Serra Geral, com idades referidas ao intervalo juracretáceo, aproximadamente entre 90 a 140 milhões de anos.

Os valores da soma de bases são baixos, situando-se entre 1 e 2 mE/100 g de solo, sendo a saturação em bases inferior a 50 %. O alumínio trocável é elevado, variando de 1 a 3 mE/100 g de solo, o que confere a esses solos em muitos casos o caráter álico.

Tais solos ocorrem de maneira expressiva por grande parte do Planalto das Missões, onde figura normalmente como unidade simples. Apresentam boas características físicas, sendo amplamente favoráveis à utilização agrícola, desde que corrigidas suas deficiências de fertilidade. Para um aproveitamento racional destes solos a calagem em médias a pequenas quantidades torna-se uma prática necessária para elevação do pH e redução dos teores de alumínio, bem como as adubações principalmente de fósforo e potássio.

Tais práticas já são bastante comuns na área e adjacências onde predominam as pequenas e médias propriedades rurais, que estão sob forte influência e apoio técnico das cooperativas. Atualmente existe uma tendência à diversificação das culturas, uma vez que a estrutura de produção agrícola é fortemente dependente da produção de duas culturas: a soja e o trigo. Os cultivos de centeio, cevada, aveia, frutíferas e a criação de gado leiteiro têm surgido como alternativa, além das culturas já citadas.

Na unidade Geomorfológica Planalto de Santo Ângelo, os solos profundos apresentam-se desenvolvidos indistintamente tanto em rochas efusivas como nos arenitos da Formação Tupanciretã. Nesses em menor escala, devido sua reduzida expressão “areal” dentro da unidade geomorfológica. De modo geral, a espessura do solo varia entre 1,50 e 4,00 m chegando a atingir até 6 m.

A ocorrência de linhas de pedra é generalizada nesta unidade geomorfológica, apresentando espessuras variáveis desde o valor mínimo de 3 cm até o máximo de 40 cm, sendo que a espessura média registrada varia entre 15 e 20 cm. As linhas de pedra são constituídas por fragmentos de quartzo. Elas ocorrem acompanhando a topografia da encosta, também horizontalizadas ou subhorizontalizadas e onduladas em forma de guirlandas. De modo geral, as linhas de pedra restaram apenas nas médias e baixas vertentes, assentes sobre rochas efusivas alteradas, estando normalmente capeadas por Latossolos de coloração vermelho-escura a roxa com 1,50 a 3 m de espessura média.

Na tentativa classificação destes solos pela “ *Soil Tazonomy*” os perfis amostrados correspondem ao grande grupo *Haplorthox*.

Origem	(MA, Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973) Perfil RS-35
Classificação Original	Latossolo Roxo distrófico Textura argilosa relevo ondulado
Classificação Atual	Latossolo Roxo distrófico A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado. <i>Haplorthox</i>
Litologia	Basalto
Formação geológica	Grupo São Bento. Formação Serra Geral.
Período	Jurássico-Cretáceo. Mesozóico.
Material de origem	Produtos de decomposição do basalto.
Relevo local	Suave ondulado.
Relevo regional	Suave ondulado.
Drenagem	Bem drenado.
Vegetação primária	Mata Subtropical (Floresta Estacional Decidual)
Uso atual	Agricultura (plantação de soja e trigo, principalmente)

Quadro 1- Descrição Geral: Solo Latossolo álico e distrófico.

Fonte: Projeto RADAMBRASIL

HORIZONTE	CARACTERÍSTICAS
A1	0-40 cm; bruno-avermelhado-escuro 92,5YR 3/4, úmido), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido amassado), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco), vermelho-amarelado (5YR 4/8, seco triturado); muito argiloso; fraca pequena e média granular; poroso; ligeiramente duro, firme, plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana. Raízes abundantes.
B1	40-80 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco), vermelho (2,5YR 4/6, seco triturado); muito argiloso; moderada pequena e média blocos subangulares, cerosidade fraca e pouca; pouco poroso; duro, firme, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e plana. Raízes com ocorrência comum.
B2	80-120 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido), bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido amassado), bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/5, seco), vermelho (2,5YR 4/6, seco triturado); muito argiloso; fraca grande blocos subangulares com aspectos de maciça porosa pouco coerente; poroso; muito duro, firme a friável, ligeiramente plásticos e ao pegajoso; transição difusa e plana. Raízes com ocorrência comum.
B31	120-170 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido amassado), vermelho-escuro (2,5YR 3/5, seco), vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco triturado); muito argiloso; fraca grande blocos subangulares com aspectos de maciça muito porosa pouco coerente; muito poroso; muito duro, friável, ligeiramente plástico e não plástico não pegajoso; transição difusa e plana. Raízes ausentes.
B32	170-210 cm+; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido), bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido amassado), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco), vermelho-amarelo (5YR 4/6, seco triturado); muito argiloso; fraca muito grande blocos angulares e fraca grande blocos subangulares com aspectos de maciça muito porosa coerente; muito poroso; muito duro; friável, ligeiramente plástico e não pegajoso. Raízes ausentes.

Quadro 2 - Descrição Morfológica do Solo Latossolo Roxo álico e distrófico.

Fonte: Projeto RADAMBRASIL

HORIZONTE	CARACTERÍSTICA
A1	<p>Areias grossa e fina - 90% de magnetita; 5% de quartzo hialino com as faces adoçadas; 5% de detritos.</p> <p>Cascalho - concreções ferruginosas limoníticas, hematítics e escuras; magnetita; concreções manganosas; quartzo com verniz ferruginoso; quartzo milonítizado, uns com faces adoçadas; fragmentos de delessita ou viridita; quartzo hialino.</p>
B1	<p>Areias grossa e fina – 95% de magnetita; 5% de fragmentos de sílica; quartzo hialino, com faces adoçadas, alguns rolados e alguns triturados.</p> <p>Cascalhos – Composição idêntica à amostra anterior (A1).</p>
B2	<p>Areias grossa e fina – 95% de magnetita; 5% de quartzo hialino, a maioria com as faces adoçadas, alguns rolados, traços de concreções argilosas; concreções hematíticas; concreções limoníticas; material verde argiloso com aderência de manganês, fragmentos de opala, detritos.</p> <p>Cascalhos – Concreções ferruginosas limoníticas, hematíticas e escuras; quartzo hialino; quartzo milonitizado uns com faces adoçadas; opala; ágata.</p>
B31	<p>Areias grossa e fina – 95% de magnetita; 5% de quartzo hialino, alguns rolados, poucos idiomorfos, fragmentos de sílica, concreções argilosas, material verde argiloso, fragmentos de opala; concreções hematíticas; concreções argilo-leitosas.</p> <p>Cascalhos – Composição idêntica à amostra anterior (B2).</p>
B32	<p>Areias grossas e finas – 95% de magnetita, 5% de quartzo hialino alguns grãos rolados, traços de concreções argilosas e fragmentos de opala.</p> <p>Cascalho – Composição idêntica à amostra anterior.</p>

Quadro 3 - Análise Mineralógica do solo Latossolo Roxo álico e distrófico.

Fonte: Projeto RADAMBRASIL

3.1.4. Vegetação

Conforme a classificação do projeto RADAMBRASIL, a vegetação nativa presente no município de Giruá corresponde a duas regiões fitoecológicas descritas para o Rio Grande do Sul: *Foresta Estacional decidual Submontana e Área de Tensão Ecológica Savana/ Floresta Estacional Decidual*.

a) a Floresta Estacional Decidual Submontana ocorre na porção leste do município, sendo compostas na sua fitofisionomia, por: um estrato arbóreo emergente, aberto e decíduo, com altura variando entre 25 e 30 m, aonde predominam: *Apuleia leiocarpa* (grápia), *Parapiptadenia rígida* (angico), *Myrocarpus frondosus* (cabriúva), *Cordia trichotoma* (louro) e *Phytolacca dióica* (umbu); e um estrato de arvoretas dominado e contínuo, de altura não superior a 20 m, formado principalmente por espécies perenifoliadas, constituído por: *Patagonula americana* (guajuvira), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Nectandra megapotamica* (canela-preta), *Eugenia rosttrifolia* (batinga), *Ocotea puberula* (canela-guaicá) e *Pachystroma longifolium* (mata-olho); um estrato de arvoretas formado por *Actinostemon concolor* (laranjeira-do-mato), *Sorocea bonplandii* (cincho) e *Trinchilia clausseii* (catiguá), além de regeneração de espécies dos estratos superiores.

A fisionomia decidual desta floresta é determinada pelo dossel emergente, dominado por leguminosas caducifólias, onde se destacam a *Apuleia leiocarpa* (grápia) e a *Parapiptadenia rígida* (angico).

O estrato dominado, com uma marcada diversidade florística, apresenta fáceis distintas, em função de pequenas variações ambientais, determinadas por parâmetros litológicos, geomorfológicos, edáficos e climáticos.

Os elementos arbóreos que constituem o estrato emergente da Floresta Estacional Decidual são de origem tropical, apresentando, portanto, dois períodos fisiológicos distintos: um higrófito, de alta transpiração, quando com folhas, e outro, xerófito, sem transpiração, quando sem folhas. O caráter de estacionalidade do clima para esta região florestal é determinado pelo período de baixas temperaturas que, fisiologicamente, exerce sobre as plantas o mesmo efeito da seca.

Atualmente os agrupamentos remanescentes da cobertura florestal original situam-se preferencialmente nas partes altas das encostas, recobrando os locais íngremes e impróprios para a atividade agrícola. Estes relictos, apesar de parcialmente explorados, ainda apresentam a constituição florística original. O intenso desmatamento desta floresta foi seguido de uma ocupação agrícola, adaptadas principalmente às dificuldades de relevo do terreno. Atualmente, a maior parte das áreas menos acidentadas é ocupada por culturas cíclicas de soja, trigo, milho e feijão.

b) De maior expressão no município, ligada à topografia suave, a denominada Área de Tensão Ecológica é definida pela interpenetração de Savana (campo) com a Floresta Estacional Decidual Submontana. Com uma fitofisionomia já bastante alterada, apresenta dominância da Savana nos interflúvios de relevo conservado e solos rasos, representada por um tapete gramíneo rizomatoso e hemicriptófito remanescentes, destacando com maior frequência as espécies: *Paspalum notatum* (gramaforquilha), *Andropogon lateralis* (capim-caninha) e *Aristida pallens* (barba-de-bode), ocorrendo ainda as caméfitas da família das compostas representadas por *Baccharis trimera* (carqueja) e *Baccharis coridifolia* (mio-mio), além das leguminosas dos gêneros *Desmodium*, *Trifolium* e *Vicia*. A presença de butiazeiros é típica do município.

3.1.5. Clima

Controlado basicamente por massas de ar tropical continental e massas de ar tropical atlântica, o clima regional é classificado pelo Projeto RADAMBRASIL como Subtropical Úmido e apresenta as quatro estações do ano definidas, não ocorrendo variações climáticas significativas. Pode ser caracterizado pelos seguintes parâmetros:

Comportamento térmico

Temperatura média anual: > 13° C a 17,8° C

Temperatura média das máximas: 20,4° C a 26° C

Temperatura média das mínimas: 10° C a 13° C

Temperatura média máxima de janeiro: 31, 8° C

Temperatura média mínima de julho: 8° C

Insolação: 2250 a < 2500 horas/ano

Dias de Geada: 10 a 17 dias/ano

Comportamento pluviométrico

Precipitação total anual: > 1390 a 1720 mm

Dias de chuva por ano: > 84 a 112 dias

Mês mais seco: dezembro

Comportamento hídrico do solo

Excedente hídrico anual: 150 a 520 mm

Número de meses com excedente hídrico: 3 a 5 meses

Déficit hídrico anual: < 210 mm

Número de meses com déficit hídrico: 0 a 4 meses

Estes parâmetros estão baseados em estudos realizados nos últimos trinta anos, tendo por objetivo definir as médias e estabelecer padrões climáticos

3.1.6. Hidrografia

O território do Município de Giruá situa-se na porção alta das bacias hidrográficas dos rios Comandai, Santa Rosa e Santo Cristo, todos afluentes da margem esquerda do rio Uruguai.

Situada neste divisor de águas, a área urbana de Giruá é drenada pelas nascentes do rio Santo Cristo a norte, do arroio Varejão (afluente do rio Santa Rosa) a nordeste/leste, do arroio das Pedras e do arroio Giruá (afluentes do rio Comandai) a sul e oeste.

Os sistemas fluviais desenvolvem-se segundo padrões dentrícos a suparalelos. Em relação ao alto topográfico onde está localizada a área urbana, os canais fluviais de primeira ordem dispõem-se em padrão radial, divergindo em direção às menores altitudes.

3.2 Materiais

Os materiais utilizados na execução deste trabalho foram: materiais cartográficos e de processamento e análise.

3.2.1 Materiais Cartográficos:

-Imagens dos sensores TM e ETM+ - satélite LANDSAT, bandas espectrais 1,2,3,4,5 e 7; órbita – ponto: 223-079 das datas de 20 de janeiro de 1997 e 15 de março de 2002;

-Cartas topográficas da DSG/ Folha SG.21-Z-D-VI-3 (Santa Rosa); Folha SG.21-Z-D-VI-4 (Três de Maio); Folha SH.21-X-B-III-2 (Catuípe-N); Folha SH21-X-B-III/1 (Giruá); Folha SH21-X-B-II-2 (Cerro Largo), todas na escala 1:50.000.

3.2.2. Materiais de processamento e análise

Esses materiais compreendem computadores, periféricos e programas de computação.

-O computador utilizado foi: um AMD Athlon XP 2600 – 2.13 Ghz, 512 Mb-Ram, disco rígido de 40GB, com monitor 17” tela plana.

-Os periféricos utilizados foram: Scanner de mesa HP, formato A4; uma Impressora HP-695c Deskjet, formato A4.

-Os Programas de computação utilizados foram: - Sistema de tratamento digital de Imagens Adobe Photoshop, ver. 7.0; - Sistema de Informações Geográficas SPRING ver. 4.1e os módulos Impima ver. 41, SCarta ver.41 eIPlot ver. 4.1 e Auto-CAD ver. 2002 e ainda o aplicativo CorelDraw ver.12.

O processamento e análise deu-se da seguinte forma:

1. Criação de um Banco de Dados.

Inicialmente foi criado um Banco de Dados, onde então foram indicados o diretório onde seriam armazenados os dados do trabalho, bem como foi definido qual gerenciador de banco de dados seria usado para armazenar as informações tabulares. Esta função foi acessada através do Menu Arquivo – Banco de Dados, onde foi então selecionado o diretório, foi digitado um nome para o banco de dados (Giruá) e ainda escolhido o gerenciador DBase, em seguida confirmou-se através do botão Criar e botão Ativar.

2. Criação de um Projeto.

A criação de um Projeto implicou na criação de um sub-diretório dentro do banco de dados ativo onde seriam armazenados os dados. Através do Menu Arquivo – Projeto foi acessada esta função, onde foi fornecido um nome para o Projeto (Giruá_1), e clicou-se no botão Projeção para serem informados os parâmetros cartográficos a serem usados. Estes parâmetros foram:

- Sistema de Coordenadas: UTM
- Modelo da Terra: Elipsóide de Hayford
- Datum Horizontal: Córrego Alegre

Na definição do Retângulo Envolvente foi escolhida a opção Coordenadas Geográficas, sendo os respectivos valores:

- Longitude 1: w 55 00 00
- Latitude 1: s 28 30 00
- Longitude 2: w 53 30 00
- Latitude 2: s 27 15 00

3. Criação dos Modelos de Dados e Planos de Informação.

Neste trabalho, os Planos de Informação (PI) foram associados a cada categoria respectiva, referindo-se conseqüentemente a um Modelo de Dados.

Para os Planos de Informação correspondentes as cartas topográficas, através do Menu Arquivo – Modelo de Dados criou-se uma categoria denominada Cartas e esta foi associada ao modelo Imagem; Para os PI correspondentes as imagens dos sensores LANDSAT TM e ETM+ das diferentes datas, foram criadas categorias denominadas Landsat1997 e Landsat2002 que também foram associadas ao modelo de dados Imagem. Para a digitalização da base cartográfica foram criadas categorias correspondentes a Drenagem, Rede Viária e Limite do Município, estas categorias foram associadas ao modelo Temático.

Os Planos de Informação foram criados através do Menu Editar – Planos de Informação, onde foram selecionadas as categorias anteriormente criadas para a base cartográfica e seus respectivos PIs foram criados informando o nome e a resolução.

Os demais PIs correspondentes às categorias de Imagem foram criados no momento da importação dos arquivos Grib.

4. Digitalização das cartas topográficas.

Através de um scanner as cartas topográficas foram convertidas para imagens raster no formato *.tiff. para serem posteriormente convertidas no aplicativo Impima.

5. Conversão das cartas digitalizadas para o formato Grib.

No aplicativo Impima as cartas digitalizadas foram convertidas para o formato *.Grib. As imagens no formato tiff foram abertas e em seguida foi definida a resolução de 10 metros, após foram selecionados as três bandas correspondentes ao vermelho, verde e ao azul. Sucessivamente todas as imagens *.tiff foram salvas no formato *.grib.

6. Registro das imagens das cartas.

O georreferenciamento das imagens foi realizado da seguinte forma: no Painel de Controle foi clicado em exibir e na opção 5, através do qual foi aberta uma tela auxiliar denominada “tela 5”. Através do Menu foi acessado Registro, e na tela seguinte de Seleção de Imagens foram então selecionados os arquivos correspondentes aos três canais de cores convertidos anteriormente. Na

janela Registro de Imagem foram digitados os nomes dos pontos e as coordenadas geográficas para cada ponto de controle. Na “tela 5” os pontos de controle, representados por uma cruz verde foram sucessivamente arrastados ao local correto.

7. Importação das imagens como Grib.

Após serem salvos os pontos de controle, através do Menu – Importar arquivos Grib, as imagens já registradas foram selecionadas e importadas na categoria Cartas anteriormente criada. Foi então informado o nome do PI para cada arquivo Grib.

8. Digitalização das classes do uso da terra.

Para a digitalização dos temas de interesse, através do Painel de Controle foram desenhadas as bandas coloridas das cartas de onde foram retiradas as informações. Após serem criadas as categorias e as classes para a base cartográfica, como descrito anteriormente, foi acessado através do Menu Editar – Vetorial a janela de edição topológica, através da qual foram digitalizadas as linhas correspondentes a Rede de Drenagem e a Rede Viária e os polígonos correspondentes a Limite do Município e a Área Urbana.

9. Conversão das cartas digitalizadas para o formato Grib.

No aplicativo Impima as bandas espectrais das cenas 223-079 dos sensores LANDSAT TM e ETM+ datadas de 20 de janeiro de 1997 e 15 de março de 2002, foram convertidas para o formato *.Grib. As imagens no formato tiff foram abertas e em seguida foi definida a resolução de 30 metros, em seguida, foi definido através do cursor somente um retângulo envolvendo a área de interesse onde está localizado o município, após foram selecionados as bandas correspondentes aos canais coloridos. Sucessivamente todas as imagens *.tiff foram salvas no formato *.grIb.

10. Registro das imagens LANDSAT.

O georreferenciamento das da imagens foram realizados da seguinte forma: no Pannel de Controle foi clicado em exibir e na 5, através do qual foi aberta uma tela auxiliar denominada “tela 5”. Através do Menu foi acessado Registro, e na tela seguinte de Seleção de Imagens foram então selecionados os arquivos correspondentes aos três canais de cores convertidos anteriormente. Na janela Registro de Imagem foram digitados s nomes dos pontos e as coordenadas geográficas para cada ponto de controle. Na “tela 5” os pontos de controle, representados por uma cruz verde foram sucessivamente arrastados ao local correto.

O valor do erro mínimo quadrático dos pontos de controle para as cenas das datas de 1997 e 2002 foram respectivamente 0.965 e 1.16 de píxeis.

11. Importação das imagens como Grib.

Após serem salvos os pontos de controle, através do Menu – Importar arquivos Grib, as imagens já registradas formam selecionadas e importadas na categoria Cartas anteriormente criada. Foi então informado o nome do PI para cada arquivo Grib.

12. Contraste de Imagens e Montagem de Composições Sintéticas.

No Pannel de Controle foram desenhadas as imagens correspondentes as bandas espectrais do Landsat. No Menu Imagem – Contraste é apresentado um gráfico com um histograma de valores associados aos píxel da banda selecionada para cada um dos três canais de cores, vermelho, verde e azul. Para mudar os valores do histograma de frequência, alterando, portanto os valores de contraste foi necessário clicar com o botão esquerdo do mouse no começo do histograma e com o botão direito do mouse no final do mesmo histograma. As imagens sintéticas salvas nesta função após a aplicação do contraste foram as seguintes composições: Bandas 3,4,5 e Bandas 2,3,4.

13. Recorte das imagens com o Limite Municipal.

Através do Menu Ferramentas – Recortar Plano de Informação foi selecionado o arquivo vetor correspondente ao limite municipal, e logo após foram informados os Pis a serem

recortados e clicado em Executar. Este procedimento foi feito para todos os arquivos de bandas inclusive para as composições sintéticas.

14. Realização da Segmentação

Para a realização da Segmentação foram selecionadas no Painel de Controle as imagens a serem classificadas, e através do Menu Imagens –na janela Segmentação foram definidos o conjunto de imagens a serem segmentadas e informados os seguintes parâmetros: 8 para o campo Similaridade e 16 para o campo Área (píxeis). Em seguida foi informado o nome para a nova imagem segmentada e clicado em Executar. O mesmo procedimento foi realizado para os dois conjuntos de dados das datas de 1997 e 2002.

15. Realização da Classificação.

Para realizar a classificação digital das imagens, as mesmas foram desenhadas na tela juntamente com a imagem segmentada correspondente. No Painel de Controle foi selecionada a categoria a ser classificada e através do Menu Imagem – Classificação Digital foi acessada esta função. Na janela Classificação foi clicado em Criar e em seguida foram criadas as imagens de contexto denominadas Classificada1997 e Classificada2002 e selecionada a opção Regiões e posteriormente as bandas a serem classificadas e as segmentadas que servirão de base para a extração de regiões. Logo após clicou-se no botão Extração de Regiões e em seguida no botão Treinamento. Na janela Treinamento foram criadas as classes temáticas que condizem com os tipos de Uso da Terra do Município. Para cada classe temática foi atribuída uma cor específica conforme a legenda do mapa. Para cada classe foram adquiridos de 25 a 35 amostras em cima das regiões segmentadas na imagem. Após serem coletadas todas as amostras foi acessada a janela Classificação onde foram denominadas as novas imagens resultantes da classificação das diferentes datas, Class1997 e Class2002. Em seguida foi definido o Classificador “Battacharya” e clicado em Classificar.

16. Recorte da imagem classificada como Limite.

Através do Menu Ferramentas – Recortar Plano de Informação foi selecionado o arquivo vetor correspondente ao limite municipal, e logo após foram informados os Pis a serem recortados e clicado em Executar. Este procedimento foi feito para os dois arquivos correspondentes as imagens classificadas.

17. Mapeamento de Classes do uso da terra para Imagem Temática.

Em Arquivo Modelo de Dados foi criada uma categoria temática denominada Uso da Terra, para esta categoria foram criadas as mesma classes temáticas previamente definidas durante o Treinamento no processo de Classificação Digital. Para cada classe temática foi atribuída uma cor especifica igual aquela atribuída anteriormente. No Painel de Controle foi selecionado o Plano de Informação que continha a imagem classificada e através do Menu Imagem – Mapeamento de Classes para Imagem Temática foi marcada a categoria Uso da Terra e foram associadas as classes correspondentes. No Painel de Controle foi selecionada a categoria temática Uso da Terra e o Plano de Informação correspondente e clicado na opção matriz e desenhar para a visualização.

Este procedimento foi realizado para as duas imagens classificadas, sendo, portanto criadas duas categorias Uso da Terra1997 e Uso da Terra2002.

18. Avaliação de áreas das classes de uso da terra e geração de cartas temáticas.

Primeiramente foi necessário efetuar o procedimento de transformação do formato matricial para vetorial.

Para efetuar a avaliação de área de cada classe de uso da terra do Município foi acessado o Menu Temático – Medida de Classes. Selecionou-se a opção Mapa Vetorial e unidade Ha, sendo então apresentados os valores em área para cada classe. Foram então salvos como mapas temáticos.

19. Geração de Cartas temáticas no SCarta

A geração da carta temática foi feita no Módulo SCarta 4.1 onde foi primeiramente ativado o Projeto Giruá_1 criado anteriormente no Spring 4.1.

As características definidas para a Carta temática foram: tamanho do papel (A4), área da carta, escala (1:350000) e ainda a orientação do desenho.

Para a carta base de Giruá foram desenhados através do Painel de Controle os seguintes elementos: Rede de Drenagem, Rede Viária, Área Urbana e Limite do Município.

Para a Carta base foram desenhados através do Painel de Controle os seguintes detalhes: Composição Sintética 3,4,5 da Imagem de 1997 e 2002, Rede de Drenagem, Área Urbana e Limite do Município.

Na opção detalhes foram adicionados o símbolo Norte da quadrícula e ainda a Escala, Coordenadas UTM, Legenda e Textos.

Logo em seguida foram gerados arquivos *.Ipl para cada uma das cartas, estes arquivos foram então recuperados no aplicativo *Iplot 4.1*.

20. Conversão para o formato *.ps no Iplot e finalização no Corel Draw 12.

No módulo *Iplot 4.1* foi realizada a conversão dos arquivos para o formato *.ps. Estes arquivos *.ps foram importados no aplicativo *Corel Draw 12.0* no qual foi adicionado as legendas correspondentes para cada carta e ainda foi feita a finalização no *Lay-out* das cartas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4. 1. Base Cartográfica.

A carta base foi elaborada a partir de cartas topográficas, de onde foram representados: a rede de drenagem, a rede viária, o limite do município e a área urbana. A carta base está representada na figura 7.

Desta forma, tem se o arcabouço para a distribuição espacial dos temas inerentes à área de estudo.

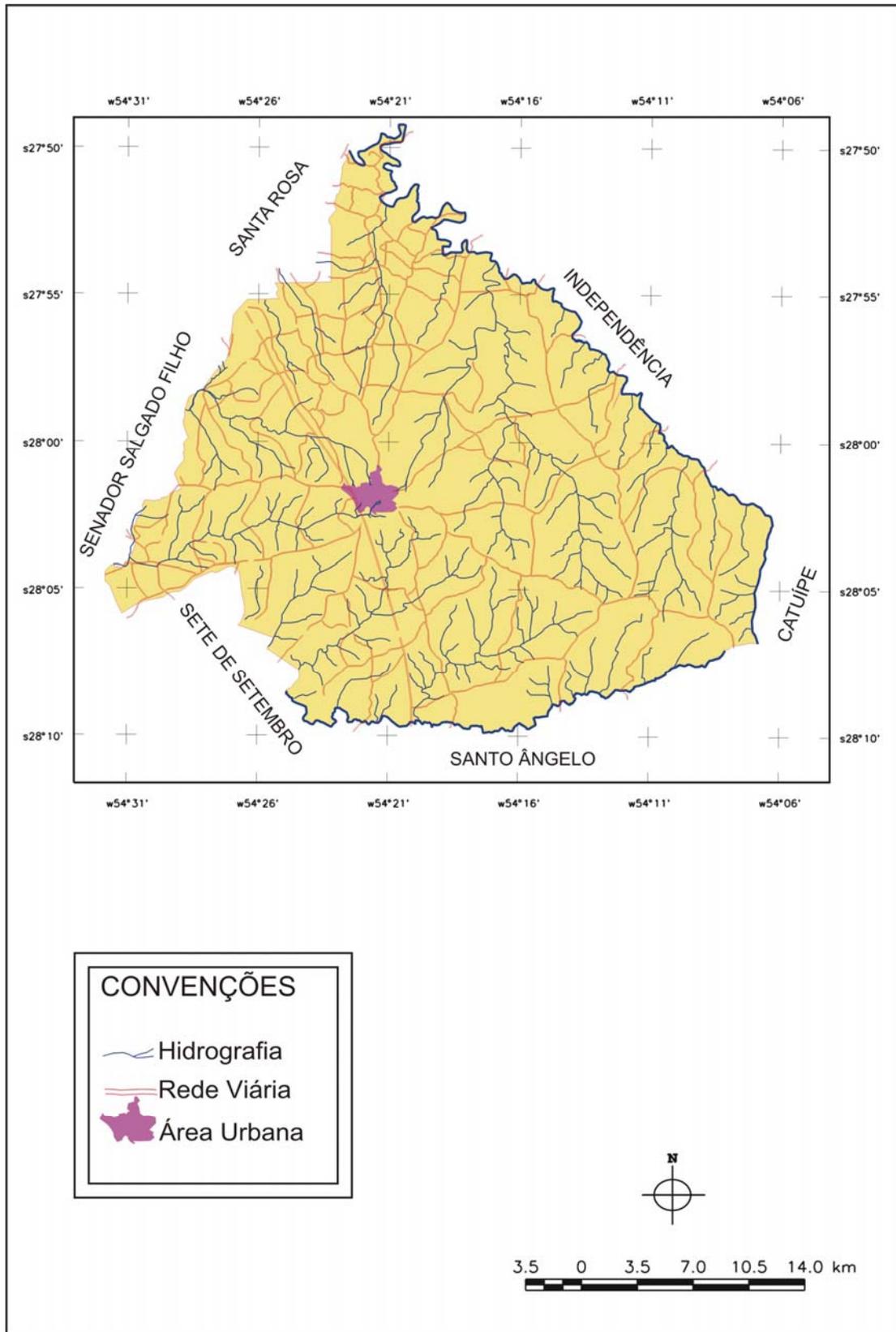


Figura 7: Base Cartográfica do município de Giruá/RS.

4.2. Classificação temática do uso da terra.

Os temas de uso da terra analisados na classificação digital foram divididos em florestas, agricultura, solo agrícola, solo exposto, capoeirão, lâmina d'água e área urbana.

A classe floresta compreendeu as florestas nativas, exóticas e vegetação ciliar, apresentando coloração verde escuro.

A classe agricultura compreende os espaços em que o cultivo apresenta certa altura, tendo coloração laranja na classificação digital.

A classe solo agrícola é a área que está sendo preparada para o cultivo e que apresentou coloração violeta.

A classe solo exposto compreende os afloramentos de rochas e áreas de solo descoberto, apresentando coloração rósea.

A classe capoeirão compreendeu a vegetação em regeneração, que em geral, encontrava-se distribuída principalmente nas encostas, onde o relevo é ondulado, apresentando verde menos intenso.

A classe lâmina d'água foi representada por rios, lagos, barragens e açudes, em que encontram-se relativamente bem distribuídas na área de estudo, apresentando coloração azul.

E por último a classe área urbana que compreende pela área urbanizada do município de Giruá, apresentando coloração roxa.

De posse da composição colorida utilizada para a amostragem e das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (conforme figuras 8 e 9) processou-se propriamente a classificação digital supervisionada, obtendo-se a geração da imagem classificada por tema levantado nas épocas de janeiro de 1997 e março de 2002, conforme figuras 10 e 11.

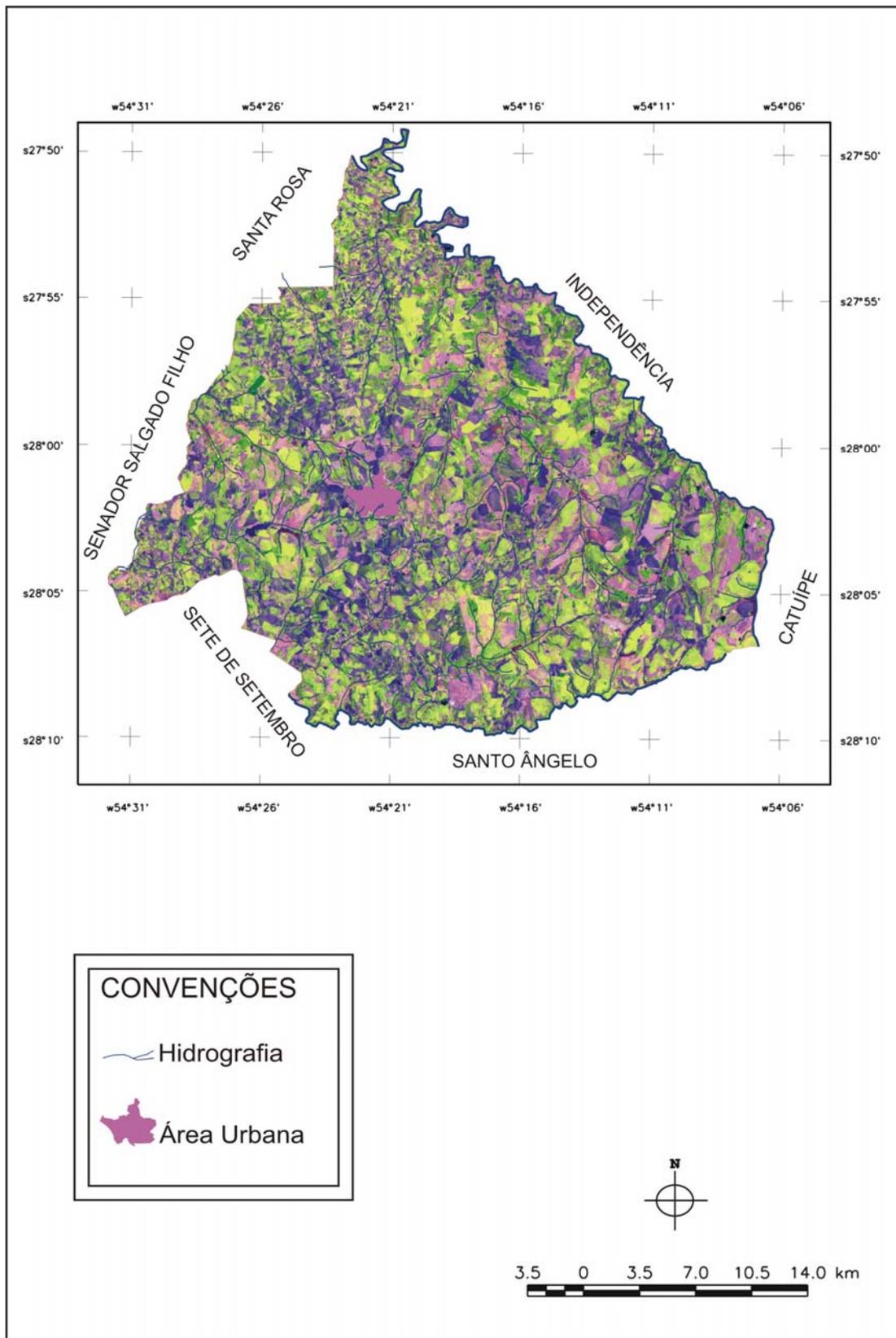


Figura 8: Composição falsa-cor de imagens LANDSAT para o ano de 1997

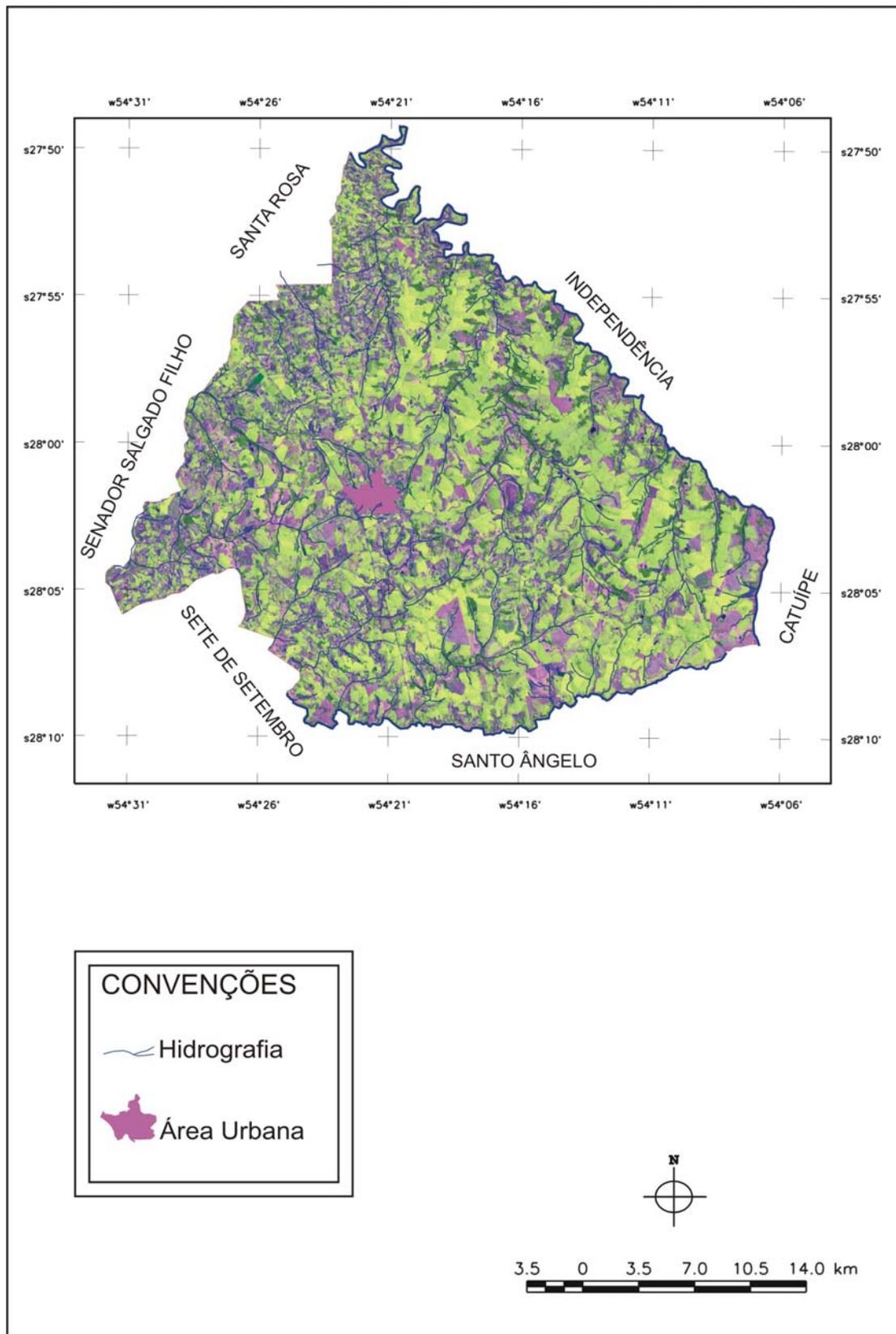


Figura 9: Composição falsa-cor de imagens LANDSAT para o ano de 2002.

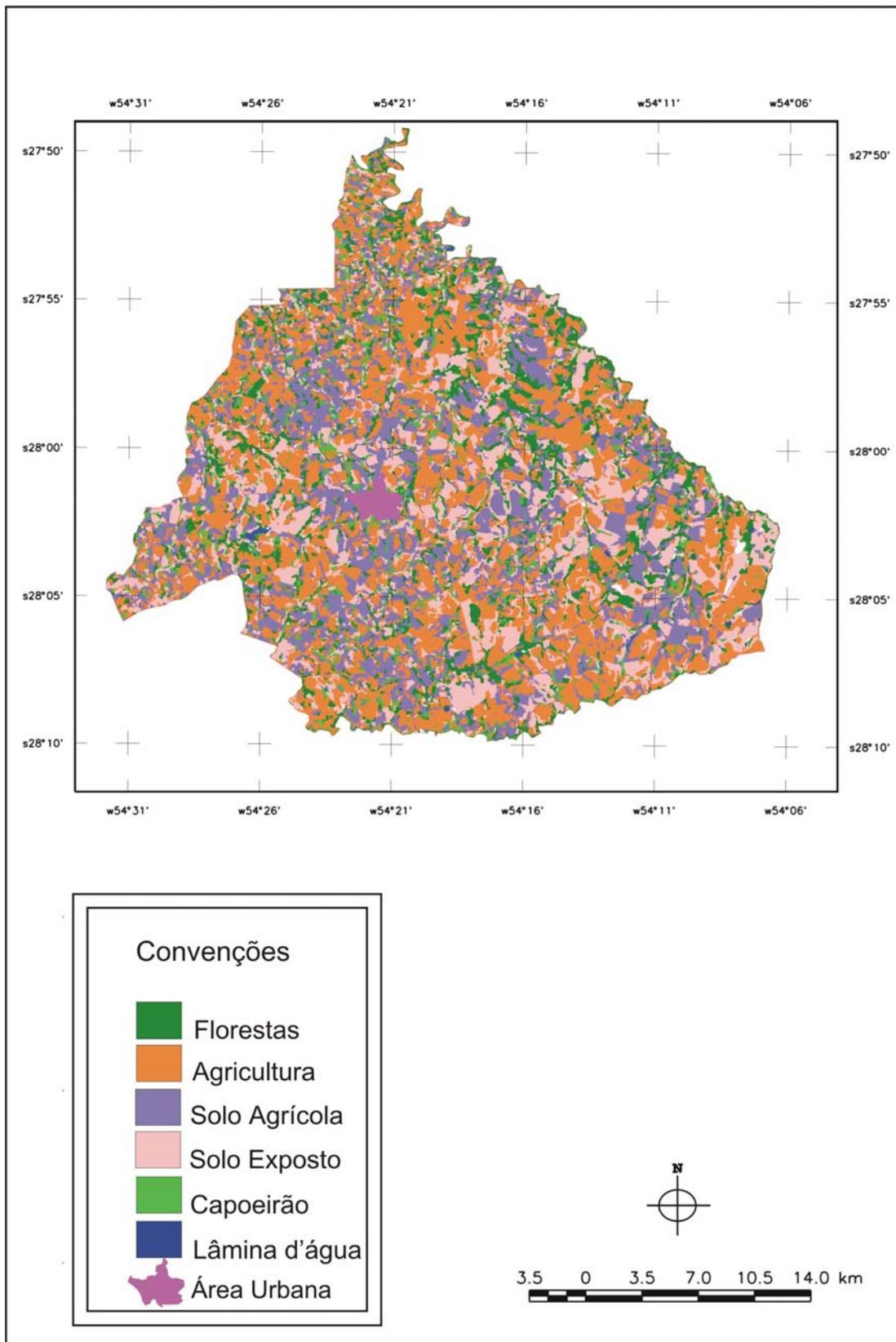


Figura 10: Mapa de uso da terra em 1997, no município de Giruá/RS

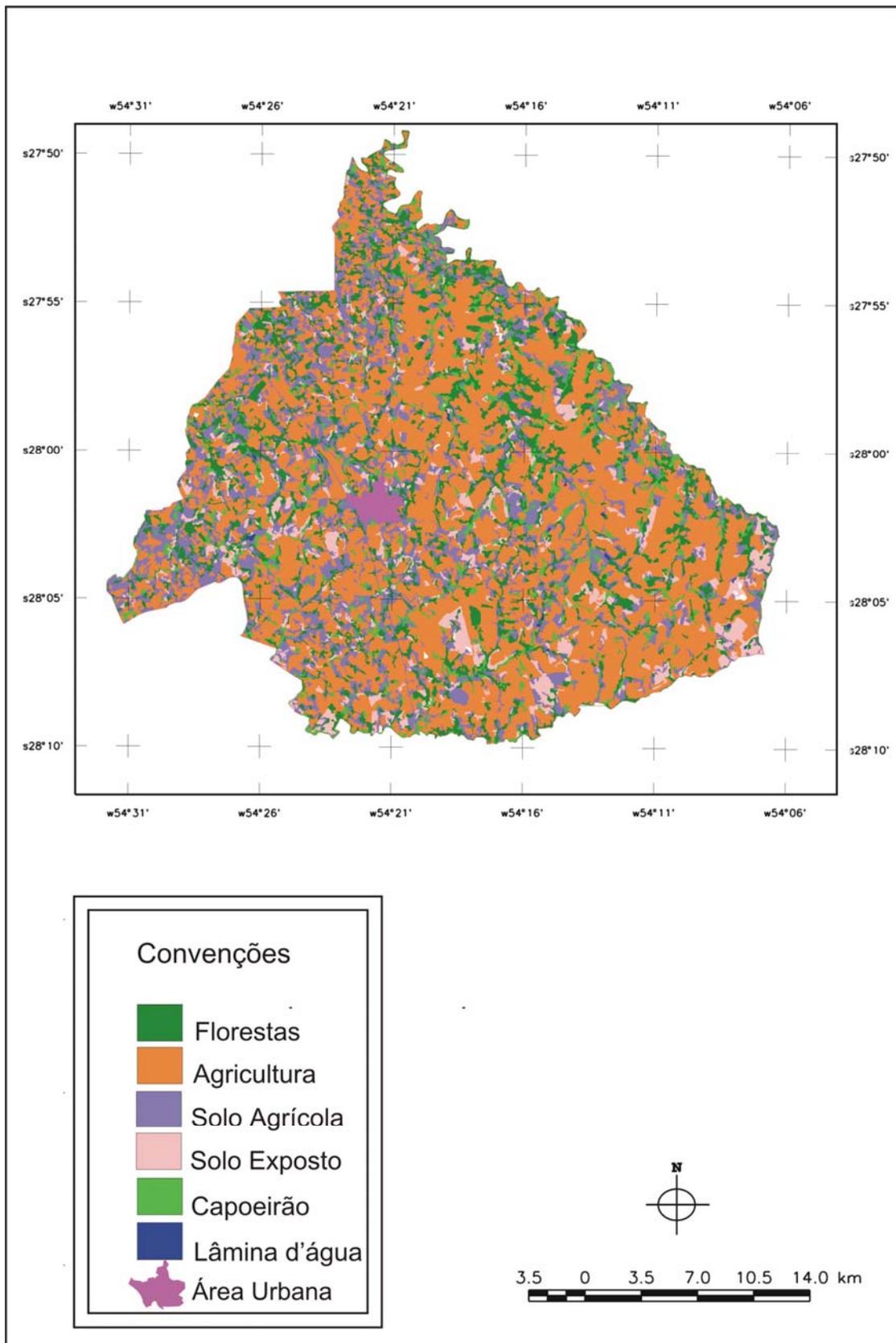


Figura 11: Mapa de uso da terra em 2002, no município de Giruá/RS

4.3. Quantificação do uso da terra.

Este processo constitui em quantificar as áreas de cada uso da terra definido pelo processo de classificação digital, com os valores conforme quadro 4 e cuja distribuição espacial apresentada nas figuras 10 e 11 nos períodos de 1997 e 2002 respectivamente.

CLASSES DO USO DO TERRA	USO DA ÁREA EM JANEIRO DE 1997 (Ha)	USO DA ÁREA EM MARÇO DE 2002 (Ha)	DIFERENÇA	PORCENTAGEM (comparação entre as datas de 1997 e 2002)
FLORESTAS	10.322,1450	12.654,6290	2.332,4840	22,6 %
AGRICULTURA	31.560,4550	44.862,4550	13.302,0000	42,1 %
LÂMINA DE ÁGUA	230,2070	113,4880	- 116,7190	-50,7 %
SOLOS AGRÍCOLAS	20.126,1010	16.128,0090	- 3.998,0920	-19,8 %
SOLO EXPOSTO	17.668,9420	5.843,8960	-11.825,0460	-66,9 %
CAPOEIRÃO	4.897,0550	5.292,4280	395,3730	8,0 %
ÁREA URBANA	559,8600	559,8600	NULA	-
ÁREA TOTAL MUNIC.	85.364,7650	85.364,7650	NULA	-

Quadro 4: Áreas em hectares das classes de uso da terra.

Conforme o quadro 4, podemos verificar os seguintes dados comparativos entre as datas de tomada das imagens, 20 de janeiro de 1997 e 15 de março de 2002:

- As áreas de florestas tiveram um aumento de 2.332,4840 ha, que corresponde a 22,6% a mais de uso ocupado com florestas.

- As áreas de agricultura tiveram um aumento de 13.302,0000 ha, devido ao fato de muitas áreas que apareciam como solo exposto e solo agrícola em janeiro de 1997 apresentarem em 2002 áreas de lavoura. Esta classe de uso do solo, teve o maior aumento das classes analisadas, tendo 42,1% a mais, em relação a primeira tomada de informações.

- As áreas de lâmina d'água encontra-se reduzida em 116,7190 ha pois em 1997 a barragem principal do município possuía um maior volume de água, devido provavelmente a um maior índice de precipitação pluviométrica em janeiro de 1997. Ou seja, houve uma diminuição de 50,7% de área ocupada por lâminas d'água.

- As áreas de solos agrícolas (que estão sendo preparados para o cultivo) foram reduzidas em 3.998,0920 ha, isto porque muitas destas áreas, na imagem de março de 2002, já está o cultivo com altura significativa. Ou seja, houve uma diminuição de 19,8% da classe de uso de solo agrícola de 1997 para 2002.

- As áreas de solo exposto em janeiro de 1997 foram muito reduzidas, havendo uma diferença de 11.825,0460 ha em função da substituição pelas áreas agrícolas em março de 2002. Tal classe possui a maior redução das classes de uso do solo analisadas, representando 66,9% de sua área a menos entre a datas de tomada das imagens.

- As áreas de capoeirão, considerada uma vegetação em regeneração, teve uma evolução de 395,3730 há, ou seja, um aumento de 8.0%.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nas condições em que foi realizada a presente pesquisa e de acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- As imagens dos sensores TM e ETM+ do satélite LANDSAT, através da utilização das bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7 possibilitaram a classificação digital supervisionada do uso da terra no município de Giruá de uma forma adequada, rápida e confiável.

- O Sistema Geográfico de Informação SPRING, através de seus diferentes módulos possibilitou a realização das tarefas, proporcionando rapidez na análise dos dados.

- O processo de quantificação do uso da terra das classes levantadas, através do SIG utilizado, atende as necessidades do trabalho, onde a classe agricultura, apresentou predominância significativa na área de estudo nas duas épocas estudadas (20 de janeiro de 1997 e 15 de março de 2002), e a classe solos agrícolas a segunda maior expressividade de uso da terra nas duas épocas.

- Os dados levantados e apresentados, são referência das características inerentes à área de estudo, das datas das imagens e dos materiais utilizados.

- O banco de dados permitiu, além de uma rápida e fácil consulta, a respectiva visualização, a derivação de novos campos do banco de dados a partir de operações com mapas, subsidiando assim a informação cartográfica, ao reordenamento territorial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.170p.

GOPAL, S. & WOODCOCK, C., Theory and methods for accuracy assessment of thematic maps using fuzzy sets. **Photogrametric Engineering & Remote Sensing**. n 60, pa.181-188, 1994.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Fundação e Economia e Estatística (FEE)**. 2004. Disponível em <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pgmunicipiosdetalhe.php?municipio=Giru%E1>. Acesso em dezembro de 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Departamento de Processamento de Imagens (DPI)**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/sensorr.htm#origem>>. Acesso em dezembro. 2004.

LAZZAROTO, D.R. **Sensoriamento Remoto**. Disponível em : <<http://www.fatorgis.com.br/geoproc/sr.shtml>>. Acesso em dezembro de 2004.

MENESES, P.R. & MADEIRA NETTO, J.S. **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília. UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262p.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 1 ed. São José dos Campos. 2001. 250 p.

NOVO, E.M.L de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher. São Paulo: 1989. 308p.

PANTALEÃO, E & ANDRADE A.F. **Sistema Landsat**. CPGCG/UFPR. Curitiba. Disponível em : < <http://www.geoc.ufpr.Br/~gfoto/pdi>>. Acesso em outubro de 2003

RADAMBRASIL. **Levantamento dos Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796p.V33.

RECHIUTI, L.V. **Processamento de Imagens Digitais**. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial. Instituto de estudos avançados. 1996. 59 p.

STEHMAN, S., Practical implications of design-based sampling inference for thematic map accuracy assessment. **Remote Sensing of environment**, n.72, p.35-45.2000.

7. ANEXOS

ANEXO A – Ponto tomado para o georeferenciamento das imagens, tendo como datum horizontal Córrego Alegre.

PONTO	COORDENADA UTM	LATITUDE LONGITUDE
1	759700/6894500	28°02'56.69"/54°21'29.2"
2	761900/6886650	28°07'9.96"/54°20'2.48"
3	764650/6894850	28°02'41.8"/54°18'28.4"
4	753075/6897175	28°01'34.46"/54°25'33.7"
5	760500/6925150	27°46'21.1"/54°21'24.2"
6	766500/6912225	27°53'16.4"/54°17'34.8"
7	762600/6904300	27°57'36.5"/54°19'51.0"
8	776750/6913400	27°52'30.8"/54°11'21.3"
9	782225/6904700	27°57'9.08"/54°07'53.9"
10	776650/6892950	28°03'34.67"/54°11'7.81"
11	777450/6881550	28°09'44.09"/54°10'28.8"
12	752850/6892350	28°04'11.25"/54°25'38.2"
13	749100/6885900	28°07'43.21"/54°27'50.5"
14	747600/6919350	27°51'48"/54°29'7.75"
15	759200/6918275	27°50'5.23"/54°22'6.3"
16	768675/6915700	27°51'22.0"/54°16'18.2"
17	786250/6895850	28°01'53.22"/54°05'19.12"
18	762950/6877600	28°12'2.99"/54°19'16.7"
19	749100/6885900	28°07'43.21"/54°27'50.5"
20	772600/6881200	28°09'59.08"/54°13'26.1"

21	777450/6881550	28°09'44.09"/54°10'28.8"
22	781250/6888375	28°05'59.68"/54°08'15.57"
23	788100/6887100	28°06'35.76"/54°04'3.75"
24	792800/6875850	28°12'37.1"/54°01'1.59"
25	764650/6894850	28°02'41.81"/54°18'28.4"

*erro dos pontos de controle: 0.965 (imagem 2002) e 1.16 (imagem 1997) para uma resolução de 30 metros.