

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO
REMOTO E METEOROLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ATRAVÉS DO USO DE TÉCNICAS
DE SENSORIAMENTO REMOTO COMO APOIO PARA O
PLANEJAMENTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS:
O CASO DE OSÓRIO, RS.

LUCIANE A. B. DA SILVA CONCEIÇÃO

Porto Alegre, 2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO
REMOTO E METEOROLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ATRAVÉS DO USO DE TÉCNICAS
DE SENSORIAMENTO REMOTO COMO APOIO PARA O
PLANEJAMENTO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS:
O CASO DE OSÓRIO, RS.**

LUCIANE A. B. DA SILVA CONCEIÇÃO.
Engenheira Florestal

Orientador: Prof. Dr. Jorge Ricardo Ducati

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de mestre em Sensoriamento Remoto,
área de concentração Sensoriamento Remoto Aplicado aos
Recursos Naturais e ao Meio Ambiente.

Porto Alegre
Outubro de 2004

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial pelo apoio e dedicação na orientação deste trabalho ao professor Jorge Ducati.

Aos professores do CEP SRM/ UFRGS por aceitarem meu pedido de reingresso no ano de 2003 possibilitando a conclusão deste trabalho.

Agradecimentos ao professor Roberto Madruga pela idéia inicial da dissertação.

A administração e funcionários municipais da cidade de Osório/ RS pela atenção e informações fornecidas.

Ao DAER, na pessoa de Rogério Fabretti (desenhista), pelo mapa do limite municipal de Osório.

A instituição de ensino UFRGS pela oportunidade da realização do mestrado em sensoriamento remoto.

A CAPES/ CNPq pela bolsa concedida durante a realização do mestrado.

A FEPAM pelas informações sobre a região do Litoral Norte.

Aos colegas da turma de 1997 CEP SRM/ UFRGS pelo apoio, companheirismo e amizade.

Agradeço a turma de 1996, em especial ao Luciano Farinha pelo legado da “pasta vermelha” (conteúdo das disciplinas e questões) e a sua amizade.

Ao pessoal do CEP SRM/ UFRGS pelo profissionalismo e amizade representados por: Madalena, Mônica, Luciane e Laurindo.

Aos meus pais, Antônio e Luci, pela minha vida, por minha educação, pelo apoio incondicional, enfim por tudo.

Aos meus irmãos, Júlio, Fabiana, João e cunhados Alessandro, Mila, Carine e Mariana pelo carinho, amizade e apoio.

Aos sogros Armando e Vera pelo apoio na etapa final deste trabalho.

A meu marido Marcelo principalmente pelo seu amor, carinho e apoio, e, sobretudo pela sua paciência.

A minha filha Maria Luiza que apesar dos seus três anos me motiva a viver.

Enfim, agradeço a todos que de uma maneira ou outra contribuíram para a realização desta dissertação.

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ATRAVÉS DO USO DE TÉCNICAS DE
SENSORIAMENTO REMOTO COMO APOIO PARA O PLANEJAMENTO DE
UNIDADES ADMINISTRATIVAS:
O CASO DE OSÓRIO, RS¹**

**AUTORA: Luciane A. Barcellos da Silva Conceição
ORIENTADOR: Prof. Dr. Jorge Ricardo Ducati**

SINOPSE

O planejamento ambiental parte da coleta de informações básicas, tais como mapa de solos, mapas geomorfológicos, dados de inventários florestais, e outras. Estas informações, incorporadas ao planejamento ambiental, contribuem para o uso adequado dos ecossistemas e seus recursos. Nos termos da atual legislação ambiental, as administrações municipais são responsáveis por importante fração do monitoramento ambiental das áreas contidas nos limites municipais. Esta exigência encontra dificuldades em ser satisfeita, dado que os municípios em geral carecem dos meios técnicos (pessoal especializado, metodologias, equipamentos) e financeiros para isto. Técnicas de Sensoriamento Remoto, e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem neste sentido contribuir positivamente para suprir estas deficiências. Com base neste diagnóstico, neste trabalho foram aplicadas tais técnicas. Como área de estudo, foi escolhido o município de Osório, Estado do Rio Grande do Sul. As informações obtidas, através de imagem do satélite LANDSAT TM – 5 e de cartas topográficas, produziram um amplo panorama da região de estudo, gerando-se um mapeamento direcionado às necessidades municipais. A metodologia aqui apresentada pode ser diretamente adotada por gestores ambientais ou com outras finalidades. Com os resultados do mapeamento de um município a administração municipal poderá utilizá-los como instrumento de organização espacial.

¹/Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, novembro de 2004. Trabalho parcialmente apoiado pelo CNPq.

**USING TECHNIQUES OF REMOTE SENSING AND GIS
FOR THE PLANNING OF ENVIRONMENTAL AREAS:
THE CASE OF OSÓRIO, RS¹**

**AUTHOR: Luciane A. Barcellos da Silva Conceição
ADVISER: Prof. Dr. Jorge Ricardo Ducati**

ABSTRACT

The environmental planning starts from the gathering of basic informations, as soil and geomorfological maps, data on forests, and others. These informations, used in environmental management, support the adequate use of ecosystems and their resources. By present legislation, county administrations are responsables by a large part of environmental monitoring and management of those areas within county borders. These requirements are presently hardly met, since county administrations lack technical resouces (staff, methods, equipments), as well as funds. Techniques of Remote Sensing, Geoprocessing, and Geographical Information Systems (GIS) can in this sense positively contribute to mitigate those deficiencies. From this diagnostics, in this work such techniques were applied, aiming to develop a methodology to improve the environmental management, in a friendly form and at low costs, accessible to both public and private agents. As a study area, the county of Osório, Rio Grande do Sul State, Brazil, was chosen. The informations gathered from a Landsat satellite image, togheter with topographical maps, produced an ample view of the region, generating a mapping directed to the county needs. The methodology presented can be directly taken by environmental administrators, or for other uses. Still, directions are provided for the construction of databases associated to the geographical informations.

²/Thesis, Master in Remote Sensing, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, december 2004. Project partially supported by CNPq, Brazil.

SUMÁRIO

	Lista de Tabelas	viii
	Lista de Figuras	ix
1.	Introdução	1
1.1.	O Planejamento Ambiental à Escala Municipal	1
1.2.	Objetivo do Trabalho	3
1.2.1.	Objetivo Geral	3
1.2.2.	Objetivos Específicos	4
2.	Revisão Bibliográfica	5
2.1.	Planejamento	5
2.2.	Planejamento Ambiental	6
2.3.	Uso da Terra	7
2.4.	O Espectro Eletromagnético e a Reflectância	9
2.5.	Sensoriamento Remoto	11
2.6.	Características do Sensor LANDSAT/TM-5	13
2.7.	Sistema de Informações Geográficas	16
2.8.	Geoprocessamento	18
2.9.	Classificação Digital	19
2.10.	Cartografia	20
2.11.	Modelo Numérico do Terreno	21
2.12.	Localização da Área de Estudo	23
2.13.	Vegetação Nativa	24
2.14.	Setor Agrícola	24
3.	Materiais e Métodos	26
3.1.	Material	26
3.2.	Metodologia	26
3.2.1.	Diagrama de Síntese Metodológica	26
3.2.2.	Reambulação	28
3.2.3.	Tratamento de Imagens	28
3.2.3.1.	Seleção de Bandas	28
3.2.3.2.	Composição Colorida	29
3.2.3.3.	Georreferenciamento da Imagem	29
3.2.3.4.	Classificação Digital	31
3.2.3.4.1.	Classificação Não-supervisionada	32
3.2.3.4.2.	Classificação Supervisionada	33
3.2.4.	Levantamento das Bases de Dados	34
3.2.5.	Bases Temáticas	34
3.2.5.1.	Delimitação e Quantificação da Área de Estudo	35
3.2.5.2.	Uso da Terra e Quantificação	35
3.2.5.3.	Mapa das Lagoas e Quantificação	35
3.2.5.4.	Modelo Numérico do Terreno	36
3.2.5.5.	Classes de Declividades	37
3.2.5.6.	Mapa de Acesso às Florestas Nativas	38
3.2.5.7.	Mapa das Áreas de Preservação Permanente	39
3.2.5.8.	Identificação das Florestas Nativas nas Áreas de Preservação Permanente	41
3.2.5.8.1.	Áreas de Preservação Permanente em Função da Declividade	41
3.2.5.8.2.	Áreas de Preservação Permanente em Função da Rede de Drenagem	41
3.2.6.	Edição dos Mapas	41
4.	Resultados e Discussões	42
4.1.	Construção da Base de Dados	42
4.1.1.	Rede de Drenagem	42
4.1.2.	Rede Viária	43
4.1.3.	Curvas de Nível	44
4.1.4.	Limite Municipal	45
4.2.	Demonstração de Uso das Bases de Dados	46
4.2.1.	Composição Colorida	46
4.2.2.	Classificação Temática do Uso da Terra	47
4.2.2.1.	Classificação Não-Supervisionada	47

4.2.2.2.	Classificação Supervisionada	48
4.2.3.	Modelo Numérico do Terreno	51
4.2.4.	Classes de Declividades	52
4.2.5.	Quantificação da Área do Município	55
4.2.6.	Quantificação da Área das Lagoas	55
4.2.7.	Áreas de Preservação Permanente	56
4.2.7.1.	Em Função da Declividade	56
4.2.7.2.	Em Função da Rede de Drenagem	57
4.2.8.	Mapa de Acesso às Florestas Nativas	58
4.2.9.	Áreas de Conflitos	59
4.2.9.1.	Áreas de Conflitos em Função da Declividade	59
4.2.9.2.	Áreas de Conflitos em Função da Rede de Drenagem	61
5.	Conclusão e Recomendações	64
6.	Bibliografia Consultada	67

LISTA DE TABELAS

2.1.	Principais aplicações potenciais das bandas TM do LANDSAT 5	15
2.2.	Produção Agrícola de Osório, RS – Lavoura Temporária	25
2.3.	Produção Agrícola de Osório, RS – Lavoura Permanente	25
3.1.	Pontos de Controle utilizados para o georreferenciamento	30
3.2.	Coordenadas UTM, X e Y que delimitam o retângulo do novo arquivo	30
3.3.	Descrição da origem das bases de dados levantados	34
3.4.	Classes de Declividades	37
3.5.	Largura da Mata Ciliar em função da largura dos cursos d'água	39
4.1.	Área das Classes de Uso do Solo e seu percentual em relação a área total do município	50
4.2.	Área das Classes de Declividade e seu percentual em relação à área total (70.000 ha) do Município.	52
4.3.	Área das lagoas do Município de Osório – RS	55
4.4.	Valores das distâncias médias entre os grupos de Florestas Nativas e a Rodovia mais próxima	59
4.5.	Quantificação das áreas com e sem Florestas Nativas em Áreas de Preservação Permanente em função da Declividade	61
4.6.	Quantificação das áreas com e sem Florestas Nativas em Áreas de Preservação Permanente em da Rede de Drenagem	63

LISTA DAS FIGURAS

2.1.	Localização do Município de Osório – RS	23
3.1.	Diagrama de Síntese da Metodologia	27
4.1.	Rede de Drenagem do Município de Osório – RS	42
4.2.	Rede Viária do Município de Osório – RS	43
4.3.	Curvas de Nível do Município de Osório – RS	44
4.4.	Limite Municipal de Osório – RS	45
4.5.	Composição Colorida falsa – cor	46
4.6.	Classificação Não-supervisionada	47
4.7.	Mapa do Uso do Solo do Município de Osório – RS	48
4.8.	Mapa das Florestas Nativas	49
4.9.	Modelo Numérico do Terreno em perspectiva, com direção de ângulo de 10° e ângulo de visão de 45°	51
4.10.	Classes de declividades	54
4.11.	Áreas com declividades acima de 30%	56
4.12.	Áreas de Preservação Permanente em Função da Rede de Drenagem	57
4.13.	Mapa dos Grupos de Florestas Nativas com a Rede de Viária	59
4.14.	Mapa das Áreas de Conflitos em Função da Declividade	60
4.15.	Mapa das Áreas de Conflitos em função da Rede de Drenagem	62

LISTA DE ABREVIATURAS

SIG – Sistema de Informações Geográficas
TM –Thematic Mapper
MSS – Multispectral Scanner
PDDI – Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
VIS –Visível
IVP –Infravermelho próximo
IVM – Infravermelho médio
RGB – Red, Green e Blue
CCD – Charge Coupled Device
EOSAT – Earth Observation Satellite Company
ATUS – Atendimento ao usuário
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MNT – Modelo Numérico do Terreno
GPS – Sistema de Posicionamento Global
DEM – Modelo Digital de Elevação
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
RS – Rio Grande do Sul (Também usado como símbolo para rodovia estadual)
INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
DSG – Diretoria de Serviço Geográfico
UTM – Diretoria de Serviço Geográfico
DAER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

1. INTRODUÇÃO

1.1. O Planejamento Ambiental à Escala Municipal

Os danos ambientais causados pela ação antrópica desordenada afetam os ecossistemas, comprometendo a qualidade de vida do próprio homem. No entanto, o emprego de tecnologias que facilitem um diagnóstico mais amplo, e com maior rapidez, como por exemplo, o Sensoriamento Remoto e em especial os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), podem auxiliar na solução de vários problemas ligados aos interesses e às necessidades das comunidades envolvidas.

A utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto constitui uma poderosa ferramenta para realizar o planejamento de uma unidade ambiental. Os mapeamentos obtidos com auxílio de técnicas de Sensoriamento Remoto podem integrar toda a região de estudo, podendo ademais utilizar metodologias adaptadas às condições específicas de cada área.

O planejamento ambiental visa proporcionar o desenvolvimento econômico com a proteção do meio ambiente e conseqüentemente sua melhoria, ordenando o território, de acordo com suas características bióticas e abióticas.

O monitoramento dos recursos naturais deve ser uma preocupação constante em todas as áreas, principalmente naquelas que têm suas atividades associadas ao meio físico, como é o caso da Engenharia Florestal, assim como das administrações públicas e privadas. Na sua execução, o uso das técnicas de sensoriamento remoto facilita a avaliação dos recursos naturais em grandes extensões, proporcionando uma economia nos custos em relação aos levantamentos de campo.

O grande volume e a complexidade das informações geradas tornam o processo de interpretação das imagens, mais lento e de alto custo, quando executado integralmente por fotointérpretes pelo processo manual. Neste contexto, a utilização de ferramentas de auxílio, tais como *softwares* e *hardwares* adequados, torna-se imprescindível para a interpretação de imagens, sendo o potencial de aplicação destas

ferramentas enorme, constituindo-se em métodos de baixo custo, alta precisão e fácil operacionalidade.

As informações obtidas através de imagens de sensoriamento remoto são de extremo valor para diversas e importantes aplicações, entre as quais destacamos a avaliação de desflorestamentos e reflorestamentos, a análise de cobertura do solo, o suporte à previsão de safras, o monitoramento ambiental, entre outros. Atualmente grande parte da superfície terrestre encontra-se imageada, por satélites como o LANDSAT (americano) e o SPOT (francês).

O estudo de uma região por meio das técnicas de sensoriamento remoto é essencial para um prévio conhecimento e seu posterior planejamento. Assim, o trabalho aqui relatado apresenta um instrumento que poderá ser capaz de compor um planejamento físico-territorial, levando-se em conta a dimensão ambiental da região em estudo.

A classificação da capacidade de uso da terra de um município, associado a outros dados relevantes, proporcionará uma análise completa e detalhada de sua situação atual, permitindo o mapeamento das atividades predominantes, bem como sua distribuição espacial. Um exemplo prático é o emprego de imagens orbitais para o estudo dos recursos florestais, com o custo mínimo e maior rapidez em relação aos trabalhos de campo.

Com a determinação do uso do solo de um local, seja a nível municipal, estadual, federal ou mesmo particular, obtém-se um grande número de informações acerca da região, proporcionando uma base para o planejamento de atividades as mais diversas, tais como obras para estradas, pontes, silos, portos, agricultura, turismo, recuperação ambiental, etc. Na identificação dos usos da terra pode-se acompanhar a evolução do processo de ocupação antrópica, podendo criar simulações dos efeitos desta expansão urbana sobre o meio ambiente.

Deste modo, torna-se essencial o conhecimento da ocupação territorial para órgãos públicos e privados através de estudos de mapeamentos, com intuito de criar políticas sociais, econômicas, culturais e ecológicas, que apresentem uma melhor distribuição das atividades produtivas e de proteção ao meio ambiente, com o objetivo de gerar uma sociedade com melhor qualidade de vida.

Justifica-se assim um trabalho de pesquisa aplicada, em nível de mestrado, explorando os aspectos ambientais de uma região, com vistas a produzir mapeamentos direcionados às necessidades municipais, produzindo um conhecimento da região que poderá contribuir para estudos de impacto ambiental previstos na legislação; para um gerenciamento político, como por exemplo, a determinação de zonas eleitorais para decisões políticas; para o gerenciamento da água, esgoto, gás, energia, etc; para o cadastro multifinalitário; para análise e monitoramento ambiental, e muitas outras aplicações.

Nesta perspectiva, são relevantes os trabalhos de determinação e levantamento de indicadores do uso da terra, visando o planejamento e monitoramento de dados ambientais que, pelo uso das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, venha a propiciar o planejamento de unidades ambientais.

1.2. Objetivo do trabalho

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho propõe produzir mapas georreferenciados como apoio para um posterior planejamento da unidade administrativa em questão.

Em função da necessidade do município da regulamentação da Área de Preservação Permanente (APA) na região do morro fronteiro e a criação de uma reserva biológica na área das lagoas, este estudo foi direcionado para áreas de Preservação Permanente em função da declividade e da rede de drenagem. Estes mapas serão direcionados às exigências da unidade administrativa proporcionando um conhecimento amplo da região.

Como área de estudo, escolheu-se o município de Osório, localizado no litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Propor o uso mais adequado do solo, levando em consideração as características físicas da área e a legislação ambiental em vigor, através da elaboração de mapas temáticos com auxílio de técnicas de geoprocessamento.

- Classificar e quantificar o uso da terra através da imagem do satélite LANDSAT – TM5;

- Determinar as áreas de preservação permanente em função da declividade e da rede drenagem;

- Determinar áreas de conflitos e restrições de uso da terra em função da rede de drenagem e da declividade, conforme as determinações previstas por DE BIASI (1992), pelo Código Florestal Federal (Lei nº 4771 (1965) e pela Lei Orgânica Municipal (1990)).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Planejamento

De acordo com BRANDT & OLIVEIRA (1973), conceitua-se como planejamento o processo sistematizado pelo qual se procura aumentar a eficiência de uma atividade com a finalidade de alcançar num prazo maior ou menor (curto, médio ou longo) um conjunto de metas estabelecidas.

Segundo os mesmos autores o planejamento é um processo, ou um conjunto de atos através dos quais se realiza uma operação - a construção de uma estrada, a organização de uma comunidade rural. E sendo um conjunto de atos, ou um processo, a sua realização não é independente: o processo é sistematizado. Portanto, o conceito de planejamento envolve os seguintes elementos fundamentais: processo sistematizado, eficiência, prazos e metas.

De acordo com CABRAL (1996), planejamento é o processo pelo qual uma pessoa ou instituição procura racionalizar suas decisões, tanto no que tange à fixação de objetivos quanto à forma de atingi-los. O mesmo autor comenta que o planejamento na esfera governamental não é um método de trabalho de natureza diferente daquele que se pratica nas empresas e instituições em geral, mas é diverso no que diz respeito aos objetivos, porque obriga muito mais o administrador a envolver-se continuamente com complexos problemas de interesse público, e dar satisfações a respeito do que está sendo feito com o patrimônio da comunidade.

2.2. Planejamento Ambiental

Segundo DIEGUES (1989), para o planejamento ambiental, parte-se da necessidade de incorporar a variável ambiental ao planejamento sócio-econômico, visando a utilização mais adequada do espaço dos ecossistemas e de seus recursos, isto é, a melhoria das condições de vida das populações e a conservação do patrimônio natural e cultural. Ainda o mesmo autor afirma que o planejamento inicia com a coleta de informações básicas, que incluem: características ambientais gerais, recurso de solo e água, florestas naturais, vida selvagem, recursos pesqueiros, erosão do solo e condição das diversas unidades ambientais, padrões fundiários e de uso do solo, culturas e comunidades humanas, poluição, pestes e doenças, impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente natural e humano.

A finalidade de tal inventário, segundo este autor, é determinar o potencial e as vocações naturais dos ecossistemas para a produção de bens e serviços, bem como os fatores limitantes encontrados. Deve-se também analisar as demandas locais e regionais por bens e serviços que possam ser oferecidos pela região em estudo. Afirma, ainda, que as análises propiciadas pela utilização de imagens de satélite devem ser combinadas com os métodos tradicionais de coleta de informações de dados biofísicos. Combinando-se estas com os dados sócio-econômicos (de população, estrutura fundiária, etc.), pode-se prever que as inter-relações entre o planejamento macroeconômico e de uso dos recursos naturais tornar-se-ão realidade. Nesse sentido, os planejadores econômicos têm grande papel a desempenhar, assegurando que a coleta e a análise das informações técnicas sejam precisas, levando à elaboração de programas e políticas ecológicas e socialmente adequadas.

AZEVEDO & SÁ CARVALHO (1982) afirmam que os métodos e os processos de inventário e monitoramento ambiental sofreram nesta década substanciais aperfeiçoamentos. Metodologias tradicionais de mapeamento e levantamentos de recursos naturais foram substituídas por sistemas analíticos sofisticados, que possibilitam um aprimoramento na qualidade dos estudos, gerando reduções significativas dos custos e prazos de execução.

Para CAUBET & FRANK (1993) uma questão conceitual relevante no planejamento ambiental está relacionada com o significado da intervenção do sistema sócio-econômico sobre o sistema natural. O planejamento visa reordenar o uso do solo de maneira que a intervenção humana seja a menos impactante, ou seja, que represente a menor taxa de alterações possíveis. De acordo com estes autores as análises, ou seja, as avaliações dos impactos de intervenção atual ou potencial na paisagem, pressupõem que os fatos naturais sejam compreendidos, e que seu papel dentro do funcionamento do ecossistema e na formação da paisagem sejam conhecidos. Tanto o inventário como a análise dos fatores da paisagem, das intervenções atuais e potenciais, das necessidades espaciais e de uso integram os fundamentos do planejamento ambiental.

Segundo ROCHA (1977), existe a necessidade de levantamentos para fins de planejamento da utilização da terra. A integração destes levantamentos é que vai dar condições para o desenvolvimento do meio rural.

CORTEZ (1972), comenta que atualmente é necessária a tomada de decisões rápidas e complexas em relação ao manejo dos recursos naturais. Em relação a este aspecto pode-se dizer que um programa de monitoramento florestal eficiente é um fator preponderante na tomada de decisões.

2.3. Uso da Terra

Segundo FUCHS (1986), a expressão uso da terra pode ser compreendida como a forma pelo qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento de uso da terra consiste em mapear e avaliar qualitativamente e quantitativamente tudo o que existe sobre a litosfera.

Neste aspecto, segundo COELHO (1971), o levantamento do uso da terra é um estudo visando avaliar os recursos dos solos quanto à sua capacidade, localização e a estimativa de terras adequadas ou mal aproveitadas. Por isto, segundo LOCH (1989), o levantamento do uso da terra numa região tornou-se aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço.

Segundo ROSA (1994), os dados fornecidos pelos levantamentos de uso da terra contribuem para previsões de safras e sua comercialização, avaliar cobertura florestal e suas alterações, ou determinar novas áreas de expansão agrícola e florestal.

ANDERSON (1979) cita que o conhecimento concernente ao uso da terra torna-se cada vez mais importante na medida em que a nação planeja superar os problemas de desenvolvimento ao acaso, de forma descontrolada, provocando a deterioração da qualidade ambiental, perda das primitivas terras agrícolas, destruição de importantes terras úmidas, perda do habitat dos peixes e da fauna silvestre. Ressaltam ainda que o mapeamento de uso da terra torna-se muito importante devido a uma diversidade de casos que necessitam dessas informações, como inventário de recursos hídricos, controle de inundações, planejamento do abastecimento de água e tratamento de esgotos, a avaliação do impacto ambiental resultante do desenvolvimento de recursos energéticos, o manejo dos recursos da vida silvestre, a minimização dos conflitos do ecossistema homem/vida silvestre, e tarefas como fazer sumários nacionais dos modelos de uso da terra e mudanças para formação política nacional, preparar demonstrações sobre o impacto ambiental e calcular futuros impactos sobre a qualidade do meio ambiente.

Segundo MAY (1989), a utilização de um mapa de uso da terra é essencial no planejamento e implementação dos programas de desenvolvimento, antes mesmo que quaisquer atividades possam acontecer. Os mapas temáticos tornam-se vitais para programas de desenvolvimento de um município, juntamente com o estudo das implicações sociais, políticas, ecológicas e outras relações humanas. O autor comenta ainda que o mapeamento do município vai permitir estudos e planejamento de atividades urbanas e rurais, com determinação de áreas agricultáveis, uso e ocupação do solo, previsão de safras e planejamento urbano.

AZEVEDO (1987), afirma que o uso adequado do espaço (ou da terra) ocorre quando as ações econômicas e ecológicas se interagem, em situação de equilíbrio e desenvolvimento capaz de resultar na melhoria das condições de vida da população.

De acordo com ROCHA (1978), este levantamento de uso da terra consiste em mapear tudo o que existe sobre a litosfera, e para facilitar a identificação dos elementos, devem eles ser convencionados utilizando-se uma simbologia adequada, prática e objetiva.

PEREIRA *et al* (1989), citam que o levantamento do uso atual da terra, necessário para fins de planejamento, pode ser obtido a partir da utilização de dados

multiespectrais, fornecidos por satélites de Sensoriamento Remoto, associados às técnicas de interpretação.

2.4. O Espectro Eletromagnético e a Reflectância

Segundo STEFFEN (1996), o conjunto de valores espectrais sucessivos de uma grandeza radiométrica é denominado espectro e pode ser utilizado para a construção de gráficos que relacionam a amplitude espectral da grandeza com o correspondente comprimento de onda. Os espectros constituem descrições das propriedades dos objetos. Ainda com este autor, o espectro eletromagnético é o conjunto dos diferentes tipos de radiação eletromagnética conhecidas. Observando o espectro eletromagnético no sentido dos maiores comprimentos de onda (menores frequências), pode-se observar os seguintes tipos de radiações: radiação gama, raio-X, ultravioleta, visível, infravermelho, microondas, e rádio.

Segundo HOFFER (1978), para fins de estudos da vegetação, o espectro da radiação refletida é dividido em três partes: visível (VIS), infravermelho próximo (IVP) e infravermelho médio (IVM). Continuando com este autor, na faixa do VIS (0,38 a 0,69 μm) a vegetação absorve grande parte da energia incidente, e por isto apresenta reflectância e transmitância baixas, com pico de reflectância ao redor de 0,55 μm , na região do verde, o que explica a coloração normalmente percebida pela visão humana. Nesta faixa o comportamento espectral é controlado pela pigmentação foliar. A clorofila é responsável pela reflectância no verde e pela absorção no vermelho e azul, cuja energia é utilizada no processo de fotossíntese. Na faixa do IVP (0,72 a 1,30 μm) a vegetação apresenta reflectância e transmitância entre 45 e 50 %, e, conseqüentemente, um baixo valor para absortância, o que resulta no efeito da reflexão aditiva. Por isto, quando sobrepostas, as folhas apresentam no conjunto uma reflectância superior a de uma folha isolada. Nesta faixa a estrutura interna das folhas, assim como a geometria da copa, controla a reflectância, sendo o conteúdo de água nos tecidos de menor importância. Finalmente, na faixa do IVM (1,30 a 3,0 μm), bandas de absorção em 1,40 e 1,90 μm comandam a forma da curva de reflectância, correspondendo os picos de reflectância aos comprimentos de onda de 1,60 e 2,20 μm . Estas bandas de absorção

devem-se à presença de água nos tecidos. A reflectância no IVM, portanto, é condicionada principalmente pelo conteúdo de água nas folhas.

TUCKER (1977) verificou a utilidade das faixas do vermelho, IVP e IVM na monitoração de parâmetros de copa em vegetação campestre.

Em outro trabalho TUCKER (1979), encontrou pouca utilidade na faixa espectral do verde para a monitoração de parâmetros biofísicos da cobertura vegetal.

Com respeito ao problema de reflectância das areias, de relevância para a proposta deste trabalho, FRANÇOSO *et al* (1993) afirmam que nas cidades litorâneas, em alguns casos, pode haver confusão com áreas construídas.

STEFFEN (1996) menciona que um fluxo de radiação eletromagnética ao interagir com um objeto pode ser parcialmente refletido, absorvido e transmitido, os fluxos resultantes tendo valores que dependem das propriedades dos objetos. A lei de conservação da energia permite escrever que: $\Phi_i = \Phi_r + \Phi_a + \Phi_t$ e normalizando em relação ao fluxo incidente tem-se: $I = \rho + \alpha + \tau$ onde as razões adimensionais ρ , α e τ são denominadas reflectância, absortância e transmitância, consideradas propriedades radiométricas do objeto analisado.

Considerando ainda o mesmo autor, quando a radiação solar incide sobre a vegetação ela é espalhada e refletida, e sua direção e composição espectral são alteradas de uma forma bastante complexa. Para o sensoriamento remoto da vegetação, parte dessa radiação alterada e refletida é interceptada e medida por sensores colocados a bordo de aeronaves e/ou satélites, sendo que o sucesso desse sensoriamento depende da habilidade de se relacionarem às medidas de reflectância com as propriedades da vegetação. Isso somente é conseguido quando a natureza dessas alterações causadas pelos parâmetros da vegetação e do ambiente é perfeitamente compreendida.

FACON (1993) comenta que uma imagem pode ser descrita por uma função $f(x, y)$ da intensidade luminosa, sendo seu valor, em qualquer ponto de coordenadas espaciais (x, y) , proporcional ao brilho da imagem naquele ponto. Já no caso de uma imagem que possui informações em intervalos ou bandas distintas de frequência, é necessária uma função $f(x, y)$ para cada banda. É o caso de imagens coloridas, padrão RGB, que são formadas pela informação de cores primárias, como vermelho "RED", verde "GREEN", e o azul "BLUE". Para o processamento da imagem digitalizada, é fundamental representar sua informação num formato adequado ao tratamento

computacional. Uma imagem pode ser representada por uma matriz, em que índices de linha e coluna referenciam o brilho médio amostrado no ponto correspondente da cena.

PAVLIDIS (1991) diz que, em muitos casos, os sensores fornecem um sinal analógico de vídeo correspondente à amostragem seqüencial da imagem. Dado que, em grande maioria, as técnicas de processamento de imagens são realizadas de forma numérica em um computador (com o possível auxílio de processadores específicos), faz-se necessário a discretização do sinal analógico em uma imagem digital. A amostragem da imagem contida no sinal analógico é obtida por um conversor analógico-digital ou por um digitalizador. Nesse processo, os sinais devem ser amostrados espacialmente e quantizados em amplitude, de forma a obter a imagem digital. Da amostragem espacial, é gerada uma matriz com dimensão $M \times N$, onde cada elemento da matriz é chamado de pixel da imagem. Mais modernamente, a coleta de dados já tem ocorrido diretamente na forma digital, por intermédio de sensores de estado sólido da categoria dos CCD (Charge Coupled Device).

2.5. Sensoriamento Remoto

LOCH (1989) define sensoriamento remoto como a captação à distância de registros, dados e informações das características da superfície terrestre, sem contato físico direto. Segundo STEFFEN (1996) o sensoriamento remoto pode então ser entendido como o conjunto de técnicas relacionadas com a aquisição e a análise de dados de sensores remotos, os quais são sistemas óptico-eletrônicos capazes de detectar e registrar, sob forma de imagens, o fluxo de radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos objetos terrestres. Já para NOVO (1992), sensoriamento remoto é a utilização conjunta de modernos sensores e equipamentos no estudo do ambiente terrestre realizado através do registro e análise das interações radioeletromagnéticas com os alvos na superfície e atmosfera terrestre.

ASRAR (1989), define sensoriamento remoto como a aquisição de informações sobre as condições e/ou o estado de um alvo por um sensor, sem entrar em contato físico com ele.

ROSA (1987) comenta que apenas recentemente o termo sensoriamento remoto passou a ser utilizado com o intuito de representar o campo da utilização de imagens e aerofotogramas obtidos por qualquer tipo de sensor.

SWAIN & DAVIS (1978) afirmam que o sensoriamento remoto pode ser definido também como sendo o conjunto de atividades relacionadas com a aquisição e a análise de dados coletados por sistemas óptico-eletrônico (sensores) capazes de detectar e registrar o fluxo de energia radiante refletido ou emitido pelos alvos. Geralmente esses alvos são objetos localizados sobre a superfície terrestre, mas podem estar sobre outros astros.

MENDES (2000), afirma que se pode considerar o sensoriamento remoto como um sistema de aquisição de informações, subdividido em cinco componentes: Fonte de energia eletromagnética, meio de transmissão, alvo na superfície da Terra, sensor e plataforma, e sistema de processamento. Ainda segundo este autor, outra característica do sensoriamento remoto é a habilidade de coletar uma longa série temporal de dados. A necessidade de dados frequentes (semanais e/ou quinzenais) por longos períodos de tempo (ou estações) inviabiliza o aumento do número de sítios amostrais pontuais, devido ao grande custo financeiro.

Segundo EASTMAN (1998), o termo sensoriamento vem sendo associado mais especificamente com a indicação de interações entre os materiais da superfície terrestre e a energia eletromagnética. Este mesmo autor afirma que qualquer tentativa de definição mais específica se torna difícil, uma vez que não é sempre o ambiente natural que é analisado (p. ex., aplicações na conservação de obras de arte); o tipo de energia não é sempre eletromagnética (p. ex., sonar) e alguns métodos medem a emissão de energia natural (p. ex., infravermelho termal) em vez de interações de energia proveniente de uma fonte independente.

Segundo FRANÇOSO et al (1993), as técnicas de sensoriamento remoto através de imagens orbitais são insuperáveis ao nível de rapidez comparadas às técnicas convencionais (aerofotografias). Ao propiciarem uma visão integrada do espaço urbano-regional e a percepção das suas inter-relações, tornaram-se fundamentais para o monitoramento dos limites das cidades e análise do seu crescimento.

De acordo com GARCIA (1982), o campo de aplicações do sensoriamento remoto expandiu-se muito nos últimos anos, favorecido pelas seguintes vantagens que apresenta:

- Visualização completa da paisagem agrícola;
- Cobertura de extensas áreas;

- Custos mais econômicos;
- Resultados obtidos com rapidez.

Já nos anos 80, COELHO & PITANGA (1982), empregaram técnicas de sensoriamento remoto para avaliar a evolução do uso e a cobertura do solo da cidade do Rio de Janeiro no período de 1972 a 1980. Os estudos foram representados sob a forma de um conjunto de cartas, mostrando a evolução espacial e dinâmica do processo de transformação no uso da terra daquela cidade, o que reforça a visão de DIEGUES (1989), de que o sensoriamento remoto ajuda na análise e monitoramento das atividades humanas sobre os ecossistemas. O uso de imagens sucessivas pode oferecer uma boa visão dinâmica da ocupação dos espaços e de usos dos recursos.

MATHER *apud* PEREIRA (1995), cita que as imagens de sensoriamento remoto não são mapas e que, freqüentemente, há necessidade que sejam extraídas informações das imagens para posterior integração com dados de mapas, em um sistema de informações geográficas. A agregação a uma imagem de sensoriamento remoto de escala e projeção conhecida é definida como correção geométrica.

BRAGANÇA *et al* (1987), afirmam que o processo de avaliação de impacto ambiental envolve a identificação, previsão e avaliação dos efeitos das atividades desenvolvidas e propostas pela ação humana. Segundo eles, a importância e vantagem do sensoriamento remoto podem ser vistas em muitos países, e suas aplicações vão desde o mapeamento e monitoramento de recursos naturais à proteção de ambientes sensíveis à exploração e degradação.

2.6. Características do sensor LANDSAT/TM

Para RICHARDS (1986) o sistema LANDSAT de satélites para sensoriamento remoto é operado pela Earth Observation Satellite Company (EOSAT), tendo o primeiro lançamento ocorrido em 1972. Atualmente, continuam em operação o LANDSAT 5 e o LANDSAT 7. Estes satélites possuem dois imageadores, o MSS (Multispectral Scanner) com uma resolução espacial de 80 metros, e o TM (Thematic Mapper) com uma resolução espacial de 30 metros. Ambos sensores recobrem uma área de 185 km x 185 km, e devido à característica de órbita síncrona solar, têm passagem às 09h45min locais, retornando à mesma área a cada 16 dias.

Ainda com RICHARDS (1986) o satélite LANDSAT 5 foi lançado em 1982 a fim de ocupar uma órbita a 695 km de altitude, operando em sete bandas espectrais, abaixo relacionadas:

- Banda 1 - faixa de 0,45 a 0,52 μm - azul;
- Banda 2 - faixa de 0,52 a 0,60 μm - verde;
- Banda 3 - faixa de 0,63 a 0,69 μm - vermelho;
- Banda 4 - faixa de 0,76 a 0,90 μm - infravermelho próximo;
- Banda 5 - faixa de 1,55 a 1,75 μm - infravermelho médio;
- Banda 7 - faixa de 2,08 a 2,35 μm - infravermelho médio;
- Banda 6 - faixa de 10,4 a 12,5 μm - infravermelho termal ou emissivo.

De acordo com STRAIN & ENGLE (1993) as observações colhidas pelo satélite LANDSAT auxiliam na estimativa de safras agrícolas e no monitoramento de áreas florestais e de pastagens. Ainda auxiliam no levantamento de erosão e umidade do solo, na avaliação de secas, no mapeamento de planícies aluviais, em pesquisas de novas jazidas de petróleo e minérios, na diferenciação dos padrões de circulação das correntes oceânicas e em estudos dos habitats naturais da vida selvagem e problemas de poluição. De fato, LOCH (1990) diz que as imagens do sensor TM, possuindo uma resolução espacial de aproximadamente 30 metros, têm condições para identificar, quantificar, avaliar e acompanhar as alterações provocadas na estrutura fundiária do uso do solo e na rede viária no decorrer do tempo, prestando-se ainda, com sucesso, para a identificação de diferentes sítios ou tipos de solos, usando-se para tanto as imagens preto e branco ou as composições coloridas.

Segundo COSTA & FORESTI (1989), para o sensor TM/LANDSAT os limites urbanos são mais fáceis de serem identificados na banda 3 (0,63 a 0,69 μm), que apresenta um melhor contraste, do que nas bandas 1 (0,45 a 0,52 μm) e 2 (0,52 a 0,60 μm) na região visível do espectro. De acordo com estes autores, os limites urbanos não são diferenciados com nitidez nas bandas 4 (0,76 a 0,90 μm) e 5 (1,55 a 1,75 μm) deste sensor. A banda 4, no entanto, situada na faixa do infravermelho próximo do espectro, ressalta a vegetação em tons de cinza-claro e com maior eficiência do que as bandas 1, 2 e 3. Já a banda 5 apresenta visualmente uma grande diversidade de tons de cinza, evidenciando um maior número de detalhes da cena do que as bandas anteriores. É

indicada para a diferenciação de mais de duas classes. Porém, as áreas urbanas e não-urbanas mostram tonalidades semelhantes.

Concluindo com COSTA & FORESTI (1989), a banda 7 (2,08 a 2,35 μm) do sensor TM/LANDSAT possui bom contraste tonal entre o urbano e o não-urbano, embora apresente menor diversidade de tons de cinza que a banda 5. Portanto, as classes urbanas e não-urbanas são também facilmente separáveis nessa banda.

Algumas informações sobre o sensor TM do LANDSAT 5 estão apresentadas na Tabela 2.1.

TABELA 2.1. Principais aplicações potenciais das bandas TM do LANDSAT 5.

BANDA	INTERVALO ESPECTRAL (μm)	APLICAÇÕES POTENCIAIS
1	0,45 - 0,62	Estudos batimétricos em regiões litorâneas de água limpa, até profundidade de 20 a 40 m; mapeamentos de superfície de água e análise de materiais em suspensão; Diferenciação solo/vegetação. Sensitividade a concentração de carotenos e clorofila. Alguma possibilidade de identificação de Fe^{+3} e Mn^{+3} . É denominada de banda azul.
2	0,52 - 0,60	Mapeamento de vegetação sadia pela reflectância verde cujo pico se situa em 0,55.
3	0,63 - 0,69	Banda de absorção da clorofila; significativa diferenciação de espécies vegetais.
4	0,76 - 0,90	Estudos de volume da biomassa e delimitação de corpos d'água.
5	1,55 - 1,75	Estresses de vegetação por desequilíbrio de água na cobertura foliar. Expectativa na identificação de mineralizações superficiais, sobretudo com dados da divisão da banda 5 pela banda 1.
6	10,4 - 12,5	Propriedades termais do solo, rocha, vegetação e água. Estudos de contraste térmico entre litologias de rochas silicáticas.
7	2,08 - 2,35	Esta é considerada uma banda estritamente geológica, selecionada para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal. Neste intervalo estão presentes algumas importantes bandas de absorção de rochas carbonáticas.

Fonte: ATUS/INPE - Atendimento ao Usuário.

2.7. Sistema de Informações Geográficas

Segundo BURROUGH (1989), um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um complexo conjunto de ferramentas para a obtenção, armazenamento, recuperação, transformação e edição de dados espacialmente distribuídos.

De acordo com TUSCO & ABID (1978), os SIG surgiram na década de 1960, e foram projetados para adquirir, gerenciar, analisar e exibir dados vinculados a uma determinada posição geográfica. Desta maneira, os Sistemas de Informações Geográficas são capazes de armazenar, recuperar e analisar dados em uma base georreferenciada num ambiente computacional.

SILVA (1988), afirma que uma base de dados é dita georreferenciada quando suas informações possuem, como um de seus atributos, a localização geográfica.

FELGUEIRAS et al (1989) conceituam SIG como sendo bancos de dados capazes de armazenar, recuperar e manipular informações digitais, georreferenciadas, provenientes de imagens, mapas e Modelo Numérico Terreno (MNT), devendo estes sistemas, além disso, fornecer ferramentas computacionais que permitam analisar e integrar essas informações com o objetivo de se obter soluções rápidas e precisas para os problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados contidos no sistema.

De acordo com BURROUGH (1989) os sistemas de informações geográficas são constituídos de cinco módulos, esses módulos básicos são subsistemas que permitem as seguintes operações: Entrada e verificação de dados; Armazenamento e gerenciamento do banco de dados; Apresentação e saída dos dados; Transformação de dados; Interação com o usuário.

Segundo MENDES (2000), os SIGs se inserem como uma ferramenta que tem a capacidade de manipular as funções que representam os processos ambientais, em diversas regiões de uma forma simples e eficiente, permitindo uma economia de recursos e tempo. Estas manipulações permitem agregar dados de diferentes fontes (por exemplo: imagens de satélite, mapas topográficos, mapas de solos, etc.) e diferentes escalas. O resultado destas manipulações, geralmente, é apresentado sob a forma de

mapas temáticos com as informações desejadas. O mesmo autor cita que alguns SIGs representam a "realidade" (contínua) como objetos exatos (pontos, linhas e polígonos) com os respectivos atributos. Outros representam esta "realidade" através de superfícies (uma matriz de células) com os atributos. Em resumo as entidades geográficas, representadas por SIG, podem ser agrupadas em dois conceitos: (1) O conceito de objetos, caracterizado por entidades geográficas exatas e (2) o conceito de superfície (um campo) representando a continuidade da "realidade", através de uma grade (matriz de células).

ASSAD & SANO (1993) descrevem que o desenvolvimento de sistemas computacionais para aplicações gráficas e de imagens vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, de Mapeamento, de Análises de Recursos Naturais e Planejamento Urbano e Regional. Esta tecnologia automatiza tarefas realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes e da criação de um banco de dados geocodificados; os sistemas para tal fim são denominados de SIGs.

Segundo os mesmos autores, o sistema de Informações Geográficas refere-se aqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos. Assim, o SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão localizados na superfície da terra e numa projeção cartográfica qualquer.

Segundo COSTA & SILVA (1993) os SIGs permitem a integração de dados já existentes com dados atualizados.

FORESTI (1990), ressalta a possibilidade de serem gerados em SIGs novos produtos mais detalhados com informações das áreas urbanas, a partir da integração de dados oriundos de diversas fontes, inclusive em escalas diferentes.

Isto leva LOBO (2000) a afirmar que o mapeamento das características físico-territoriais, financeiras, sócio-econômicas e dos bens e serviços dos municípios que são objeto do Geoprocessamento. Segundo o mesmo autor o conjunto dessas características é que formará o SIG municipal, que agrega as informações espaciais às informações alfanuméricas em um só ambiente. O mesmo autor cita que este ambiente permite análises urbanas relativas à política tributária, zoneamento e uso do solo, condições ambientais, características do tráfego e abrangências de redes de infraestrutura, entre outras, subsidiando os processos de planejamento e tomada de decisões

gerenciais. Permite, também, diagnosticar a compatibilidade entre os planos urbanísticos e a realidade urbana. Afirma ainda que a gestão municipal baseada em geoprocessamento aumenta a eficiência das prefeituras, otimizando sua arrecadação e construindo um novo conceito gerencial baseado na informação espacial. Seu emprego é imprescindível, já que os gestores municipais dependem do conhecimento de seu território para uma gestão eficiente.

2.8. Geoprocessamento

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1998), o termo geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Ainda com os autores, estes afirmam que o objetivo principal do geoprocessamento é o de fornecer ferramentas computacionais para que diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico, e as inter-relações entre esses fenômenos.

De acordo com SILVA et al (1998), geoprocessamento é um conjunto de procedimentos computacionais que, operando sobre um banco de dados geocodificados, executam análises e reformulações de dados ambientais, tornando-se utilizáveis em um sistema de processamento automático.

CÂMARA (1993), afirma que a característica fundamental de um sistema de geoprocessamento baseia-se na facilidade de armazenar, recuperar e analisar mapas num ambiente computacional.

De acordo com BARCELOS (1992), o geoprocessamento trata informações alfanuméricas, associando-as a uma localização geográfica. Caracteriza-se como uma área multidisciplinar, envolvendo: ciência da computação, gerenciamento da informação, comunicação de dados, cartografia, sensoriamento remoto, fotogrametria, geografia, geodésica, estatística, etc. A mesma autora diz que os SIGs têm características especiais, como: apresentam dados alfanuméricos e espaciais; possuem multidisciplinaridade (envolvem cartógrafos, analistas de sistemas e o usuário); os dados espaciais são de diversas origens (restituição cartográfica, GPS, imagens orbitais, ortofotos, levantamentos topográficos, digitalização de mapas analógicos); possuem *softwares* que interpretam o dado espacial armazenado em banco de dados, associando-o

a outros atributos em tabelas de banco de dados, faz análises espaciais, exibe o resultado em outro mapa (temático) em vídeo local ou remoto (Internet, por ex.), imprime, gráfica ou grava em arquivo de saída; os dados devem ser modelados, tratados e atualizados pelas funções do sistema.

Segundo MOURA (1998), a exploração dos recursos do Geoprocessamento deve caminhar no sentido da construção de análises mais complexas, resultantes dos estudos de correlações de variáveis, e não somente do mapeamento segmentado de diferentes variáveis, buscando o caráter dinâmico inerente às questões espaciais e envolvendo critérios múltiplos de interpretação.

Assim, BUZAI & DURAN (1997) afirmam que a tecnologia da geoinformação, como tipo de aplicação computacional destinada à gestão e manejo de dados geográficos, na última década converteu-se em uma importante ferramenta auxiliar para a geração de respostas e soluções às problemáticas sócio-espaciais e ambientais.

2.9. Classificação Digital

Segundo FRANZONI *et al* (1993) a classificação é o processo de atribuir um determinado elemento a uma das possíveis classes ou categorias, estas classes podem ser determinadas, no caso da classificação supervisionada, ou podem ser determinadas a partir do próprio conjunto de dados (classificação não-supervisionada). Ao se trabalhar com imagens digitais, o objetivo é associar cada pixel a uma determinada classe, usando uma função discriminante. Assim, na classificação de imagens existem dois tipos de técnicas: técnicas supervisionadas e não-supervisionadas.

De acordo com LAPOLLI *et al* (1993) nas técnicas supervisionadas, as classes são definidas “a priori” e cada pixel é atribuído a uma determinada classe, através do uso de uma função discriminante e, nas técnicas não-supervisionadas, o próprio classificador define as classes componentes e atribui cada um dos pixels a uma das classes.

Conforme RICHARDS (1986), os passos essenciais para a classificação supervisionada são os seguintes:

1. Decidir quais as classes presentes na imagem original que devem ser segmentadas. Pode ser, por exemplo, água, região urbana, vegetação nativa e vegetação exótica, etc.
2. Escolher pixels representativos de cada uma dessas classes. Esses pixels formarão um conjunto de treinamento para o algoritmo.
3. Usar os conjuntos de treinamento para estimar os parâmetros do algoritmo particular de classificação que será usado.
4. Usar o classificador treinado, para rotular cada pixel da imagem em uma das classes previamente treinada.
5. Produzir um mapa temático o qual representa o resultado da classificação.

Ainda conforme o mesmo autor, entre esses algoritmos citados nos itens 3 e 4, o mais comum e utilizado é o método de classificação por máxima verossimilhança gaussiana, onde cada classe é descrita por uma função densidade de probabilidade multivariada normal. O vetor que descreve cada pixel é então substituído na função densidade de probabilidade associada a cada classe. O pixel é então atribuído à classe correspondente ao maior valor gerado pela função.

2.10. Cartografia

Para SILVA (1991a), a Cartografia é o grande elo entre qualquer rede de aquisição, tratamento e representação de dados, resultado do final de todo processo de levantamento preciso e de bom efeito visual, que é o mapa destinado ao usuário. A Cartografia Digital trouxe uma nova estruturação dos dados, ampliando o espectro da ciência da computação, da matemática e da cartografia clássica, atraindo outros profissionais, muitos deles, ligados às outras disciplinas que concorrem à tecnologia SIG.

MOURA FILHO (1993) diz que a Cartografia é um conjunto de atividades científicas, tecnológicas e artísticas, cujo objetivo é a representação gráfica da superfície terrestre e de todo o universo.

SILVA (1991b) afirma que essa representação gráfica constitui o mapa ou carta. Sem mapas precisos e atualizados é impossível preservar o meio ambiente, para

detectar queimadas, derrubadas de florestas, garimpos clandestinos, e demarcações de terras indígenas.

No entanto, de acordo com MOURA (1998), com a expressiva difusão do geoprocessamento, foi deixada de lado uma preocupação fundamental em cartografia: ele tem a função de comunicar, e, portanto, deve ter sua linguagem gráfica devidamente trabalhada. Segundo este autor, a representação de fenômenos espaciais é, hoje, ponto de partida para a tomada de decisões e definições de estratégias de ação em vários campos das que têm sido denominadas "ciências espaciais".

A variável "espaço" ocupa hoje posição de destaque nas abordagens científicas e, neste aspecto, SANTOS *et al* (1993), comentam que o uso de imagens de satélite como base cartográfica é muito promissor, devido ao seu baixo custo, fácil aquisição, periodicidade e podem fornecer importantes informações sobre mudanças no uso da terra.

2.11. Modelo Numérico do Terreno

De acordo com BURROUGH (1989), uma representação digital da variação contínua do relevo no espaço é conhecida como Modelo Digital de Elevação. Os termos Modelo Digital do Terreno e Modelo Numérico do Terreno são também comumente usados. Devido ao termo "terreno" muitas vezes implicar em atributos da paisagem, diferentemente que a altitude da superfície terrestre, o termo Modelo Digital de Elevação é preferido para modelos contendo algum dado de elevação. Apesar de Modelos Digitais de Elevação serem originalmente desenvolvidos para modelamento do terreno, eles podem, certamente, serem usados para modelar a variação de algum outro atributo Z sobre uma superfície bidimensional.

Segundo FELGUEIRAS (1987), um Modelo Numérico do Terreno é uma representação matemática tratável computacionalmente e que representa a distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real. O modelo digital é gerado a partir de um conjunto de pontos $(X_i, Y_i, Z_i, i = 1, 2, 3, \dots, n)$ amostrados da superfície real, sendo que as coordenadas X e Y dos pontos estão relacionadas às posições de amostragem na superfície, e a coordenada Z está relacionada à característica que se quer modelar. Conforme este mesmo autor, as características associadas às superfícies podem ser de natureza diversa, como temperatura, relevo,

vegetação, hidrologia, mineralogia, tipo de solo, etc. Os modelos digitais são utilizados para se obter informações relevantes da superfície, sem a necessidade de se trabalhar diretamente na superfície. Essas informações podem ser de caráter qualitativo (visualização da superfície através de uma projeção geométrica) ou quantitativo, englobando cálculos de áreas, volumes e isovalores, entre outros.

2.12. Localização da Área de Estudo

O Município de Osório está localizada entre os paralelos $29^{\circ} 52' 30''\text{S}$ e 30°S e entre os meridianos $50^{\circ} 22' W$ e $50^{\circ} 15' W$. Este município pertence ao Estado do Rio Grande do Sul, conforme mostrado na figura seguinte:

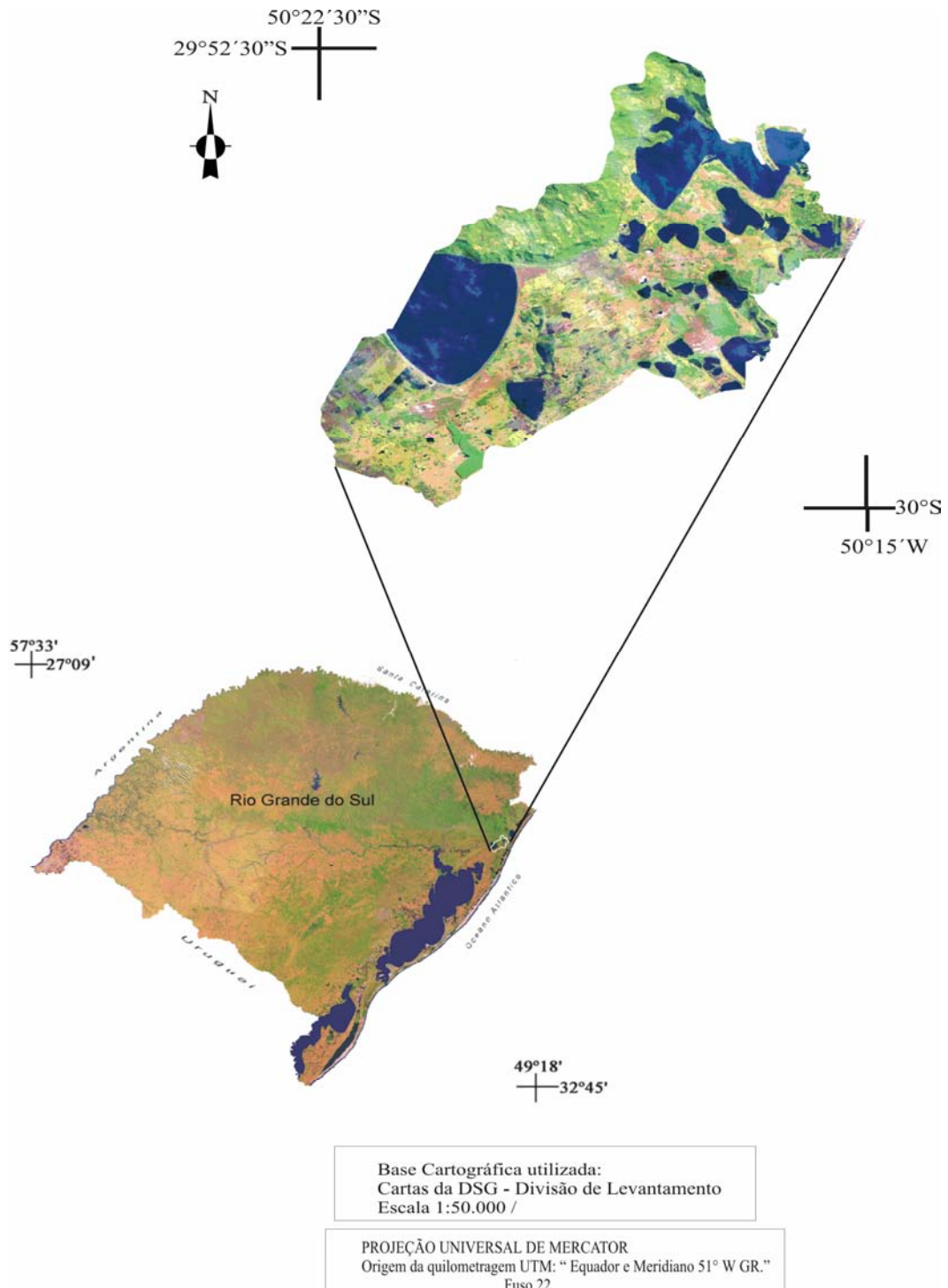


Figura 2.1: Localização do Município de Osório – RS

2.13. Vegetação Nativa

Segundo REITZ, KLEIN & REIS (1988), a floresta atlântica da encosta do Sul do Brasil penetra no Estado do Rio Grande do Sul através da “Porta de Torres”, ocupando as planícies quaternárias úmidas da costa, bem como as encostas da Serra Geral, até uma altitude de 700 a 900 metros, estendendo-se de Torres até o Vale do Maquiné, no município de Osório, onde se verifica o limite austral da maioria das espécies tropicais.

Ainda com os mesmos autores, estes afirmam que esta floresta se caracteriza por sua grande heterogeneidade de espécies, por formar um estrato superior denso e contínuo, com predominância das Lauráceas como canela-preta (*Octoea catharinensis*), canela-nhoçara (*Nectandra leucothyrsus*), canela-garuva (*Nectandra rigida*), canela-amarela (*Nectandra lanceolata*), canela-pururuca (*Cryptocarya aschersoniana*) e Mirtáceas como guamirins (*Myrcia pubipetala e M. glabra*) e outras no estrato das árvores, bem como o palmitheiro (*Euterpe edulis*), no estrato das arvoretas.

Com os mesmos autores, o estrato herbáceo é formado principalmente pelo caité (*Calathea spp.*) e o bico-de-papagaio ou caité-banana (*Heliconia velloziana*), que formam por vezes densos agrupamentos. No interior da floresta se encontra uma riqueza extraordinária de cipós das famílias das Sapindáceas, Hipocrateáceas e Bignoniáceas. Poucas espécies desta floresta alcançam as proximidades de Porto Alegre ou avançam até a Bacia do Rio Jacuí ou mesmo o Escudo Rio-grandense.

Encontram-se campos com gramíneas dos gêneros *Paspalum* e *Andropogon*, além de ciperáceas, umbelíferas e verbenáceas.

Em torno das lagoas, mas em solo seco, encontram-se bosques de mirtáceas e compostas lenhosas junto com jerivás (*Arecastrum romanzoffianum*), bem como algumas espécies representantes da mata subtropical alta que ocorre na borda do Planalto.

2.14. Setor Agrícola

As áreas ocupadas com cultivos anuais apresentam lavouras temporárias, como arroz, milho, mandioca, feijão e cana-de-açúcar.

Dentre estas culturas o cultivo de arroz é o de maior expressão sendo cultivada principalmente em solos úmidos próximo as lagoas. Conforme é mostrado na Tabela 2.2 abaixo:

TABELA 2.2. Produção Agrícola de Osório, RS - Lavoura Temporária.

LAVOURA TEMPORÁRIA	Produto	Área destinada à colheita (Hectares)
	Alho	1
	Amendoim	2
	Arroz	2.730
	Batata-doce	10
	Cana-de-açúcar	100
	Cebola	3
	Feijão	180
	Fumo	2
	Mandioca	300
	Milho	350
	Tomate	6
	Melancia	30
	Abacaxi	1

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal 1999; Malha Municipal Digital do Brasil 1997; Situação em 1997, Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

As lavouras permanentes apresentadas na tabela abaixo representam áreas agrícolas de cultivo familiar, podendo ser utilizadas como propostas alternativas para áreas com declives entre 30% e 47%.

TABELA 2.3. Produção Agrícola de Osório, RS - Lavouras Permanentes.

LAVOURA PERMANENTE	Produtos	Área Plantada (Hectares)
	Uvas	3
	Banana	19
	Laranja	30
	Pêssego	1
	Tangerina	7

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal 1999; Malha Municipal Digital do Brasil 1997; Situação em 1997, Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Material

Foram utilizadas quatro cartas topográficas, todas na escala de 1: 50.000, da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), do Ministério do Exército, do levantamento de 1959, com projeção UTM e Datum horizontal Córrego Alegre, citadas a seguir:

- Carta de Tramandaí - Folha SH. 22-J-IV-4
- Carta de Osório - Folha SH. 22-J-IV-3
- Carta de Rancho Velho - Folha SH. 22-Z-A-II-I MI-2989/1
- Carta de Maquiné - Folha MI-2972/2

A imagem de satélite que recobre a área é a órbita/ponto 220/081, do sensor Thematic Mapper do LANDSAT-5, com data de passagem sobre o local em 10/07/1997, nas bandas 3, 4 e 5 armazenadas em mídia óptica (CD-ROM).

O arquivo digital das bandas 3, 4 e 5 se apresentava no formato gráfico .tif, um formato possível de ser importado para o sistema de informações geográficas IDRISI 32 for Windows (em formato .img), definido para gerar e armazenar as informações constantes neste trabalho.

Foi utilizado também o mapa rodoviário do Departamento de Estrada e Rodagem (DAER - Porto Alegre), tendo como data Novembro de 1997.

3.2. Metodologia

3.2.1. Diagrama de Síntese Metodológica

A metodologia utilizada para execução deste trabalho foi realizada nas seguintes etapas descritas abaixo no diagrama, apresentando as atividades desenvolvidas durante o processo.

Este processo está representando na figura 3.8 abaixo

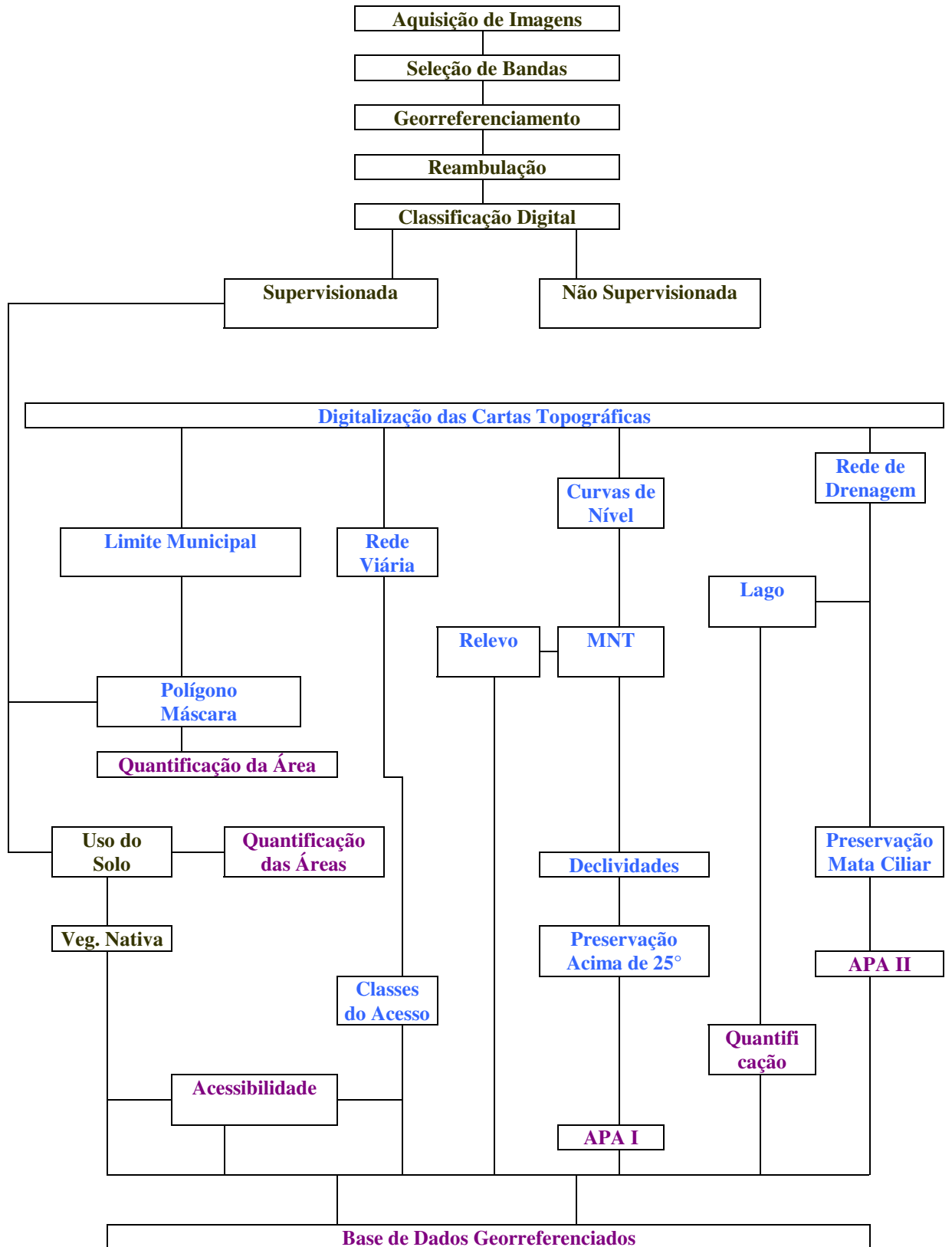


Figura 3.8 Diagrama de Síntese da Metodologia

3.2.2. Reambulação

Esta etapa foi realizada afim de que fossem sanadas quaisquer dúvidas oriundas do georreferenciamento realizado com imagens LANDSAT/TM 5 e cartas topográficas. Foi realizada uma coleta de informações a campo, utilizando-se material cartográfico elaborado previamente (carta-imagem), carta topográfica, e dispositivo sintonizado ao sistema de posicionamento global (GPS).

3.2.3. Tratamento de Imagens

As técnicas de sensoriamento remoto, utilizadas no tratamento de imagens deste estudo, envolveram pré-processamentos com correção geométrica das imagens, processamento digital, classificação de imagens e pós-processamento.

3.2.3.1. Seleção de Bandas

Foi usado um triplete de bandas, escolhidas em função de uma melhor resposta espectral na interpretação auxiliada por computador. Na análise visual é utilizada comumente a cor, isto é, padrão de resposta espectral. Através de técnicas analíticas, como por exemplo, a análise de componentes principais, pode-se demonstrar que as bandas que carregam maior número de informações sobre o ambiente natural são as de comprimentos de onda do infravermelho próximo (banda 4 – 0,76 a 0,90 μm) e do vermelho (banda 3 – 0,63 a 0,69 μm). A banda 3 é a banda de absorção da clorofila proporcionando significativa diferenciação de espécies vegetais. A banda 4 é indicada na delimitação de corpos d'água enquanto a banda 5 é útil na observação de diferenças de umidade dos solos e vegetação.

O comprimento de onda infravermelho é muito absorvido pela água, tornando fácil a identificação de corpos d'água. Além disso, os vegetais se diferenciam muito nesta banda espectral, devido a diferenças no teor de umidade ou na estrutura das folhas. O comprimento de onda vermelho é muito absorvido pela clorofila como fonte de energia para a fotossíntese sendo fácil nesta banda distinguir as regiões com vegetação daquelas sem vegetação.(EASTMAN, 1998)

3.2.3.2. Composição Colorida

Após a escolha dos arquivos das bandas espectrais, o processo executado foi a importação destes arquivos do formato.tif para .img, sendo logo em seguida realizada a composição colorida, também chamada de composição “falsa cor” por conter a banda do infravermelho, a qual a rigor não é uma cor por não ser percebida pelo olho humano. A composição falsa-cor associa as bandas 3, 4 e 5 aos canais do espaço RGB, sendo a banda 3 associada ao azul, a banda 4 ao verde e a banda 5 ao vermelho. Este processo foi realizado através do módulo COMPOSIT no programa IDRISI 32.

3.2.3.3 Georreferenciamento da imagem

Esta etapa consiste em georreferenciar a imagem a um sistema de coordenadas conhecidas, isto é, localizar espacialmente sua posição no terreno. O georreferenciamento da imagem, apoiado em informações das cartas topográficas, foi realizado com auxílio do *software* IDRISI 32, onde foram tomados pontos de controle no terreno e na imagem. Este método tem a capacidade de refinar a correção geométrica já feita pelo INPE, e baseia-se em pontos de controle do terreno em estudo.

Como o georreferenciamento é um procedimento que associa uma imagem à sua posição no terreno, foi necessário um mapa altimétrico ou plani-altimétrico confiável e em uma escala adequada da área de estudo, pois os pontos de controle foram identificados na imagem e na carta. Os pontos de controle apresentaram boa visibilidade com identificação na carta topográfica e na imagem da tela. Para o georreferenciamento em questão foram utilizados doze pontos de controle.

O procedimento da reamostragem foi feito da seguinte maneira:

Foram identificadas as coordenadas X e Y de dois pares de pontos que representavam o mesmo lugar, tanto na carta topográfica quanto na imagem do satélite LANDSAT/TM5. Segundo EASTMAN (1998), o número mínimo de pontos de controle depende da função escolhida, sendo que para a função linear são necessários 3 pontos, para a função quadrática são necessários 6 pontos de controle e para a função cúbica são necessários 10 pontos de controle. Os pontos de controle foram distribuídos de maneira uniforme, pois quanto melhor os pontos estejam distribuídos espacialmente na imagem

melhor será o ajuste das funções aplicadas no georreferenciamento. A Tabela 3.1 apresenta os 12 pontos de controle identificados na imagem e na carta topográfica.

TABELA 3.1. Pontos de controle utilizados para o georreferenciamento. Coordenadas UTM

Carta Topográfica		Imagem	
X (metros)	Y(metros)	X(metros)	Y(metros)
569250	6693100	2710644	5270647
571950	6688050	2757600	5200427
560000	6682250	2406430	4920443
551500	6695000	2179440	5304535
574350	6696150	2885458	5383580
572200	6703500	2874828	5618368
572750	6694450	2832159	5327653
577200	6708350	2975234	5769933
578950	6714750	3036866	6004949
578550	6716550	3021954	6062987
562950	6678150	2527549	4753938
557950	6663650	2339850	4297545

Após a etapa de coleta dos pontos de controle foi criado um arquivo de correspondência, o qual continha esses pares de coordenadas acima. Utilizando uma equação de melhor ajuste foi descrita a relação entre os dois sistemas de coordenadas calculado a partir dos pontos de controle. Foram indicadas as coordenadas X e Y mínimas e máximas da carta topográfica referente à área a ser georreferenciada, desta forma delimitando o retângulo do novo arquivo criado. Estas coordenadas estão descritas na Tabela 3.2.

TABELA 3.2. Coordenadas UTM, X e Y que delimitam o retângulo do novo arquivo.

Coordenada X (metros)	Coordenada Y (metros)
Mínima: 500000	Mínima: 6660000
Máxima: 600000	Máxima: 6720000

Nesta fase define-se a resolução da imagem de saída, calculando-se a diferença entre a coordenada da linha superior e da linha inferior, dividida por 30 m (resolução da imagem LANDSAT/TM 5), fornecendo o número de linhas. Do mesmo procedimento resulta o número de colunas, como segue:

$$\text{N.º de colunas} = \text{Máx X} - \text{Mín X} / \text{Resolução} = 600000 - 500000 / 30 = 3333$$

$$\text{N.º de linhas} = \text{Máx Y} - \text{Mín Y} / \text{Resolução} = 6720000 - 6660000 / 30 = 2000$$

Assim, a imagem é estendida, para ajustar-se a um sistema de coordenadas escolhidas, ocasionando na imagem de saída uma distorção espacial.

Foi escolhida uma reamostragem do tipo interpolação bilinear, a qual consiste em que a média ponderada pela distância das quatro células antigas mais próximas sendo atribuída como valor da nova célula, esta reamostragem é apropriada para dados quantitativos.

A função de mapeamento usada foi a linear, pois produz um resultado aceitável, sendo a função de ordem mais baixa exigindo um mínimo de três pontos de controle.

3.2.3.4. Classificação Digital

A classificação de imagens é a associação de cada pixel a uma parte ou a um todo de um objeto do mundo real. Trata-se, portanto, de um problema de reconhecimento em que os valores numéricos presentes em uma imagem devem estar associados à identificação de diferentes tipos de cobertura da superfície da terra. As imagens TM do satélite LANDSAT 5, fornecem boa base de dados para classificação digital do uso da terra.

Processos de classificação automatizados proporcionam a determinação do uso da terra de maneira rápida, com baixo custo e boa precisão, associando valores numéricos, que são as contagens em cada pixel, com correspondentes características de reflectância espectral de cada uma das classes existentes na superfície.

A classificação multiespectral consiste em identificar, nas imagens, os diferentes alvos, fenômenos ou feições que apresentam padrões espectrais similares. Em outras palavras, é a associação de pontos de uma imagem a uma classe ou grupo: água, cultura agrícola, área urbana, etc. Os dados gerados são essenciais para o conhecimento, planejamento e execução de atividades relacionadas com a área do município. Os

métodos de classificação digital podem ser supervisionados, não-supervisionados, ou híbridos.

3.2.3.4.1. Classificação Não - Supervisionada

Os métodos de classificação não-supervisionados são utilizados quando não se têm informações sobre a área de interesse, não se dispondo, assim, de amostras das classes presentes na cena. Sua finalidade é separar classes espectrais, como um pré-processamento exploratório para a classificação supervisionada, auxiliando nas tomadas de amostras que podem vir a serem utilizadas como áreas de treinamento.

A classificação não-supervisionada baseia-se no princípio de que o computador (na realidade, o *software* usado) é capaz de identificar por si só as classes dentro de um conjunto de dados. O processo de classificação deve ser automatizado, executando a associação dos valores numéricos com a correspondente característica de reflectância espectral. O primeiro passo nesta classificação é a realização de uma análise de agrupamento, utilizando para tal, técnicas matemáticas adequadas. Através dessa análise, grupos (*clusters*) de dados são identificados no espaço de atributos, sendo após necessário decidir quais concentrações devem ser tratadas como agrupamentos.

A seleção pelo pico de histograma é uma técnica que busca os picos em um histograma unidimensional, onde um pico é definido como um valor de frequência maior que seus vizinhos de cada lado. As divisões entre classes tendem a localizar-se nos pontos médios entre os picos, sendo os pixels no entorno de cada pico associados à classe identificada por cada pico.

Esta seleção usa os níveis de generalização grosseiro e fino. Estes níveis usam regras de decisão diferentes para avaliar os picos de histograma de frequências. Nos dois níveis são eliminados os agrupamentos não significativos. A generalização fina produz um número muito maior de agrupamentos que a generalização grosseira. Os agrupamentos grosseiros são divididos nos vales enquanto os agrupamentos finos são divididos tanto nos vales quanto nos picos.

O procedimento da classificação não – supervisionada foi executado no programa IDRISI 32 através do módulo CLUSTER. Foi utilizada a classificação no nível grosseiro com eliminação dos grupos não significados. Como o histograma

mostrou seis picos bem definidos espera-se que a classificação não – supervisionada, nível grosseiro, resulte em seis grandes grupos.

3.2.3.4.2 Classificação Supervisionada

Nesta etapa foi utilizada a classificação de Máxima - Verossimilhança que é o método de classificação supervisionada mais utilizado em sensoriamento remoto.

Baseia-se no conhecimento e na caracterização estatística das classes de uso a serem classificadas em uma imagem, adotando uma função de densidade probabilística baseada na estatística Bayesiana, verificando a probabilidade de cada pixel em pertencer a uma determinada classe, alocando-o na classe de maior probabilidade.

A classificação supervisionada de Máxima – Verossimilhança foi realizada através do seguinte processo, dentro do programa IDRISI 32:

1. Os polígonos das áreas de treinamento foram digitalizados, utilizando-se a composição colorida falsa – cor, sendo estes polígonos representativos de cada uso do solo identificados a partir da reambulação e classificação não – supervisionada.
2. Através dos módulos MAKESIG e SIGCOMP, criou-se o grupo de assinaturas espectrais utilizando as bandas 3, 4, e 5, as quais possuem as informações registradas correspondentes da imagem.
3. Nesta fase ocorre a classificação da imagem, propriamente dita, através do módulo MAXLIKE do programa IDRISI 32. Os valores de reflectância de uma área de treinamento são descritos por uma função de densidade de probabilidade, baseada na estatística Bayesiana.

Deve-se levar em consideração que a classificação digital, independente do método, é uma representação simplificada da superfície terrestre em relação à complexidade existente em uma área de estudo.

Assim, a classificação digital da área de estudo foi realizada a partir de temas como: lagoas, solo exposto, cultivos anuais, silvicultura, campo úmido, campo

seco e florestas nativas, baseada nos temas utilizados pela FEPAM para a classificação digital do Litoral Norte do Rio Grande do Sul.

3.2.4. Levantamento das Bases de Dados

As cartas topográficas e o mapa rodoviário foram digitalizados em mesa, e utilizados na confecção dos planos de informações, sendo importante ressaltar que foi realizado o procedimento de georreferenciamento da mesa digitalizadora em função do documento cartográfico. As entidades vetoriais digitalizadas, polígonos e linhas, serviram para a criação de planos de informação georreferenciadas do terreno em questão.

Desta forma os arquivos foram criados através da digitalização manual das cartas topográficas e do mapa rodoviário, com o programa AUTOCAD no formato .dxf e após foram importados pelo programa IDRISI 32, como arquivos vetoriais descrevendo qualitativamente a distribuição espacial destas informações.

De acordo com o objetivo do estudo, os produtos digitais foram obtidos de diferentes fontes, as quais estão descritas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3. Descrição da Origem das Bases de Dados Levantados.

Base Levantada	Origem	Forma
Rede Viária	Mapa Rodoviário do Município de Osório - DAER (Porto Alegre) - SPR - ELR (1997)	Mesa digitalizadora
Rede de Drenagem	Carta Topográfica DSG 1: 50.000	Mesa digitalizadora
Curvas de Nível	Carta Topográfica DSG 1: 50.000	Mesa digitalizadora
Limite municipal	Mapa Rodoviário do Município de Osório - DAER (Porto Alegre) - SPR - ELR (1997)	Mesa digitalizadora

3.2.5. Bases Temáticas

As bases temáticas são constituídas de arquivos vetoriais, onde cada arquivo possui um identificador numérico inteiro, sendo possível realizar operações booleanas,

que permitem o cruzamento entre os diferentes planos de informação, utilizando operadores lógicos. Deste modo, são geradas imagens através das intersecções dos conjuntos de informações espaciais, servindo-se das operações booleanas entre as bases temáticas.

3.2.5.1. Delimitação e Quantificação da Área de Estudo

Este processo tem como objetivo delimitar e quantificar a área de estudo a partir do arquivo vetorial digitalizado no AUTOCAD e importado para o programa IDRISI 32. Desta forma foi necessária a rasterização do arquivo vetorial transformando-o em arquivo raster através do módulo POLYRAS, delimitando a área de estudo.

Para a quantificação da área do município em hectares foi necessário utilizar o módulo AREA do programa IDRISI 32, o qual a partir do arquivo raster calcula a área dos identificadores no valor zero e no valor um.

3.2.5.2. Uso da terra e Quantificação

Com o uso da terra obtido através da classificação digital supervisionada da área de estudo, foram gerados vários mapas temáticos da seguinte forma:

1. Cruzamento do resultado da classificação digital com o arquivo raster do limite do município através da operação "overlay-multiplicação";
2. Como havia necessidade de obter da imagem classificada apenas a vegetação nativa, foi gerada uma nova imagem booleana, onde os outros usos receberam o valor zero e a vegetação nativa recebeu o valor um.
3. Após a classificação digital supervisionada foi feita uma quantificação das áreas de cada tema através do módulo AREA do programa IDRISI 32.

3.2.5.3. Mapa das Lagoas e Quantificação

Havendo a necessidade da Prefeitura de Osório – RS em calcular as áreas das principais lagoas foi executada esta etapa da seguinte forma:

1. Após a classificação supervisionada foi feita uma reclassificação na imagem raster do uso do solo, onde foi identificado o valor um para as lagoas e valor zero para o restante dos usos solo. Foi utilizado neste processo o módulo RECLASS do programa IDRISI 32.
2. Com a imagem raster booleana das lagoas foi realizado o agrupamento das mesmas, através do módulo GROUP no programa IDRISI 32, onde foram agrupadas as áreas contínuas fornecendo um identificador diferente para cada uma das lagoas.
3. A partir da imagem raster resultante do agrupamento foi feito o cálculo da área de cada uma das lagoas através do módulo AREA do programa IDRISI 32.
4. Com este resultado foi criada uma tabela que apresenta as áreas das principais lagoas do Município de Osório – RS.

3.2.5.4. Modelo Numérico do Terreno

O objetivo da digitalização das curvas de nível foi a confecção do modelo numérico do terreno com as finalidades de delimitar as áreas de preservação permanente em função da declividade e para delimitação das classes de declividade.

O modelo numérico do terreno foi gerado da seguinte forma:

1. A partir das curvas de nível digitalizadas no programa AUTOCAD, este arquivo foi importado para o programa IDRISI 32 através do módulo IMPORT, como arquivo vetorial. As curvas de nível apresentam uma equidistância de 20 metros, em escala de 1: 50.000.
2. Através do módulo TIN interpolation do programa IDRISI 32 foi gerada uma rede triangulada irregular utilizando o arquivo vetorial (curvas de nível) de isolinhas.
3. A partir da rede triangulada irregular foi criada uma imagem de superfície raster com o módulo TINSURF do programa IDRISI 32. Esta imagem assume o sistema de informação de referência do arquivo vetorial de linha (rede triangulada irregular).

4. Com a imagem de superfície raster (modelo numérico do terreno) foi gerado o modelo numérico em perspectiva através do modelo ORTHO do programa IDRISI 32.

3.2.5.5. Classes de Declividades

Considerando os aspectos da área de estudo, foram adaptados os intervalos de classes de declividade propostos por DE BIASI (1992), assim foi criada a tabela 3.4, com o objetivo de geração, a partir do modelo numérico do terreno, de um mapa de classes de declividade em porcentual mostrado na Figura 4.10. Estas classes apresentam aptidões ou limitações que podem determinar o uso correto da terra em função da declividade.

TABELA 3.4. Classes de Declividades.

Classes	Intervalos (%)	Aptidões e/ou Limitações
1	< 5	Locais suscetíveis de enchentes, solo arável, corresponde ao limite para fins de uso urbano – industrial.
2	5 a 12	Indicado para estabelecimento de rodovias e áreas residenciais, limite máximo para o emprego de mecanização agrícola.
3	12 a 30	Muito íngreme necessitando cuidados especiais para controlar a erosão, limite máximo para urbanização sem restrições.
4	30 a 47	Pode ocorrer problema de erosão, 47% é considerado o limite máximo para corte raso de floresta.
5	> 47	São áreas de preservação permanente, acima de 47% não é permitida a derrubada de florestas.

Fonte: Adaptado de DE BIASI (1992)

As classes de declividade foram obtidas da seguinte maneira:

1. Com a geração do modelo numérico do terreno, sendo uma imagem raster que apresenta as altitudes em metros, foi possível gerar uma imagem raster das declividades em percentual através do módulo SURFACE-SLOPE no programa IDRISI 32.

2. Após a geração da imagem raster de declividades em percentual, foi realizada uma classificação através do módulo RECLASS no programa IDRISI 32. Esta classificação foi baseada na tabela citada acima que resultou em uma imagem raster com a identificação das cinco classes de declividade, a partir dos intervalos específicos.
3. Com as classes de declividade definidas, em uma imagem raster, foi feito o cálculo das áreas de cada classe através do módulo AREA no programa IDRISI 32.

3.2.5.6. Mapa de Acesso às Florestas

Realizada a digitalização da rede viária através do mapa rodoviário do DAER, do ano de 1997, em escala 1: 50.000, determinou-se a distância média das rodovias em relação às manchas de florestas nativas.

Este mapa de distâncias às florestas nativas a partir da rede viária foi realizado da seguinte forma, no programa IDRISI 32:

- 1) Processo de rasterização, através do módulo LINERAS onde ocorreu a transformação do arquivo vetorial em arquivo raster.
- 2) Visualização da imagem raster da rede viária com os identificadores no valor zero e um, sendo o valor zero para as rodovias e valor um para o restante da imagem.
- 3) Transformação da imagem booleana em uma imagem que indique as distâncias em metros a partir das rodovias sendo feito através do módulo DISTANCE.
- 4) Foi executado o módulo GROUP na imagem de florestas nativas resultando em uma imagem de áreas contínuas, cada uma com um identificador próprio.
- 5) Em seguida foi executado o módulo EXTRACT, usando a imagem de áreas contínuas de florestas e a imagem de distâncias contínuas da rede viária, com a finalidade de criar um arquivo de valores com as distâncias médias das manchas de florestas nativas até as rodovias.

3.2.5.7. Mapas das Áreas de Preservação Permanente

O objetivo de identificar as áreas de preservação permanente é, em função da necessidade da administração municipal, de criar e regulamentar estas áreas de acordo com a rede de drenagem e em relação às declividades. Estas áreas foram demarcadas conforme o Código Florestal Federal e a Lei Orgânica do Município de Osório.

A área de abrangência da faixa de preservação permanente ao longo da rede de drenagem está fundamentada pela Lei Orgânica do Município de Osório, capítulo XI do Meio Ambiente, parágrafo 1º, artigo 194, onde restringe a construção de edificações na faixa de 50 metros ao longo das margens dos rios e lagoas.

Segundo o Código Florestal Federal existem várias larguras mínimas de mata ciliar em função das larguras máximas dos cursos d'água representados na tabela citada a seguir:

Tabela 3.5: Lagura da Mata Ciliar em Função da Largura dos Cursos d'água.

Largura Máxima do Curso D'Água (metros)	Largura Mínima da Mata Ciliar (metros)
< 10m	30m
> 10m e < 50m	50m
>50m e < 200m	100m
> 200m e < 600m	200m
> 600m	500m

Fonte: Código Florestal Federal

Como não foi identificado na imagem LANDSAT TM – 5 nenhum rio ou canal com largura superior a 50 metros, de acordo com Código Florestal federal que apresenta a largura mínima da mata ciliar para este valor como sendo de 50 metros, foi escolhido este parâmetro para identificar áreas de preservação permanente em relação à rede de drenagem.

Ainda de acordo com o Código Florestal Federal, este estipula que nas áreas com declividades superiores a 45° (equivalentes a 100% na linha do maior declive) e nas áreas situadas entre 25° (47%) a 45° (100%) não é permitida a derrubada das florestas. A partir destas considerações foram gerados os mapas das áreas de preservação permanente da seguinte maneira:

1. Após a importação de rede de drenagem, digitalizada no programa AUTOCAD, pelo programa IDRISI 32 foi necessária a rasterização desta informação através do módulo RASTER – LINERAS.
2. Visualização da imagem de rede de drenagem com identificadores no valor zero e um, sendo o valor zero para rios e lagoas e valor um para o restante da imagem.
3. Transformação da imagem booleana em uma imagem que indique as distâncias em metros a partir dos rios e lagoas, isto foi feito através do módulo DISTANCE no programa IDRISI 32.
4. A criação da imagem que indica as distâncias, a partir dos rios e lagoas, foi delimitada a faixa de 50 metros ao longo da rede de drenagem através do módulo RECLASS. Onde foi gerada uma imagem booleana com identificadores de valor um para a rede de drenagem com a faixa de 50 metros mais próximos e valor zero para o restante da imagem.
5. A partir da imagem raster das classes de declividade foi gerada uma imagem raster booleana, através do módulo RECLASS no programa IDRISI 32. Foi indicado valor um para áreas com declividade superior a 30% e valor zero para áreas com declividade inferior a 30%, resultando em uma imagem raster booleana das áreas de preservação permanente em função da declividade no Município de Osório – RS.
6. Assim, após estes procedimentos determinou-se a área da faixa de preservação permanente que apresenta floresta nativa. Através do módulo CROSSTAB processou-se as imagens de áreas de preservação permanente com a imagem de florestas nativas, obtendo-se dois novos arquivos com este cruzamento, os quais demonstram a área florestal dentro da faixa de preservação permanente.
7. Destes arquivos foi feita a quantificação das áreas cobertas ou não por florestas através do módulo AREA do programa IDRISI 32.

3.2.5.8. Identificação das Florestas Nativas nas Áreas de Preservação Permanente

a) Áreas de preservação permanente em função da declividade:

Foi feito um cruzamento com a imagem raster das florestas nativas e a imagem raster das áreas com declividade superior a 30%, através do módulo CROSSTAB no programa IDRISI 32.

Este processo resultou em uma imagem raster com classes identificando onde aparecem ou não as florestas nativas em áreas de proteção ambiental.

Com esta imagem raster resultante foi feito o cálculo de área de cada classe através do módulo AREA do programa IDRISI 32.

b) Áreas de preservação permanente em função da rede de drenagem.

Foi realizado como na etapa anterior um cruzamento entre a imagem raster das áreas de proteção ambiental em função da rede de drenagem e imagem raster das florestas nativas, através do módulo CROSSTAB do programa IDRISI 32. Este procedimento identifica as áreas de florestas nativas no interior das áreas de proteção ambiental.

Com esta imagem raster resultante do cruzamento foi feito o cálculo da área de cada classe através do módulo AREA do programa IDRISI 32.

3.2.6. Edição dos Mapas

Após a realização de todas as etapas no programa IDRISI 32, as imagens raster e arquivos vetoriais foram exportados para o programa COREL DRAW nos formatos .BMP e .DXF respectivamente.

No programa COREL DRAW foi realizada a etapa de edição dos mapas apresentados no capítulo seguinte.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Construção da Base de Dados

4.1.1. Rede de Drenagem

A partir da rede de drenagem, desejava-se chegar à área de abrangência da faixa de preservação permanente ao longo deste complexo hídrico, estipulando-se para isto uma faixa de preservação de 50 metros ao longo dos rios e lagoas. Esta faixa de preservação é estipulada pela Lei Ambiental do Município de Osório a qual restringe edificações nesta área, representada abaixo pela Figura 4.1.

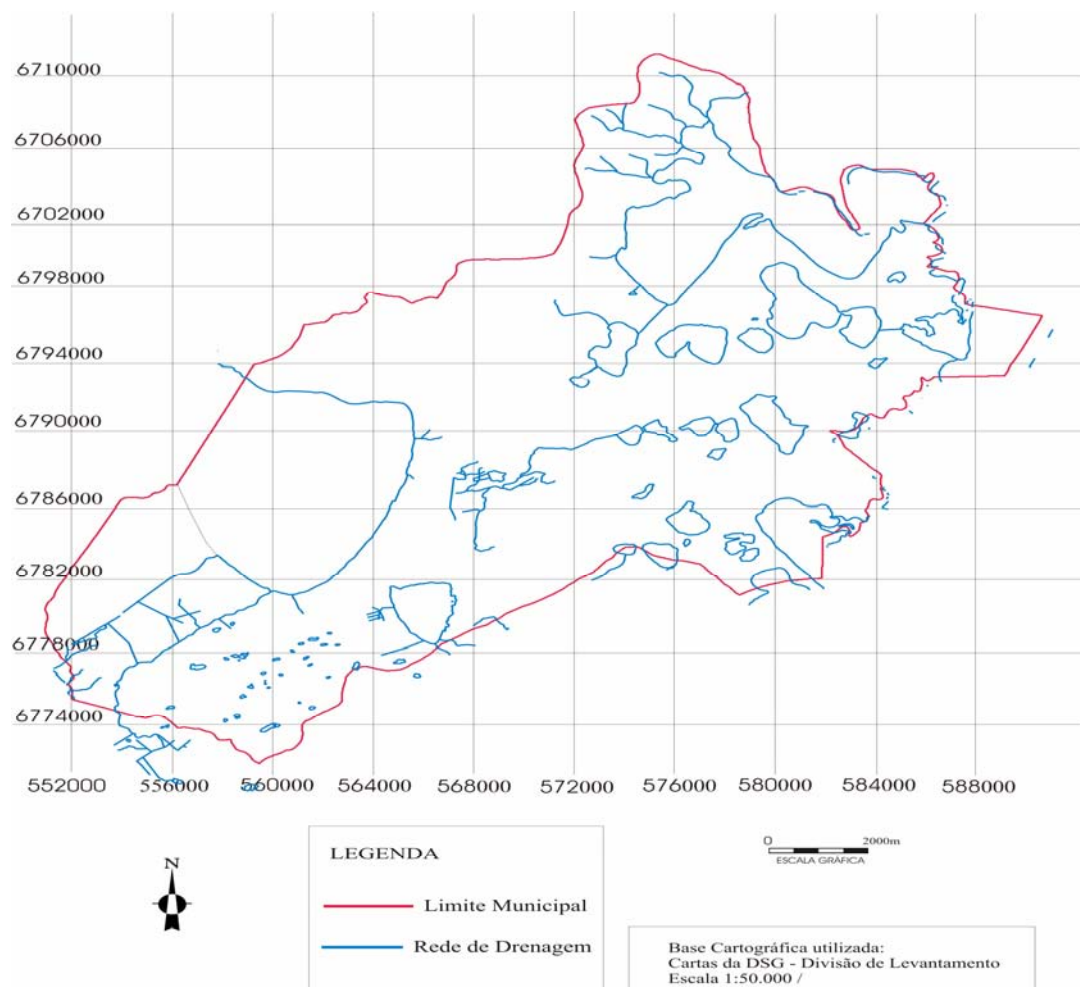


Figura 4.1. Rede de Drenagem do Município de Osório – RS.

4.1.2. Rede Viária

A rede viária foi obtida através do mapa rodoviário, escala 1: 50.000. O objetivo principal da digitalização da rede viária (Figura 4.2) foi determinar a acessibilidade das Rodovias na região de estudo, em relação à cobertura florestal.

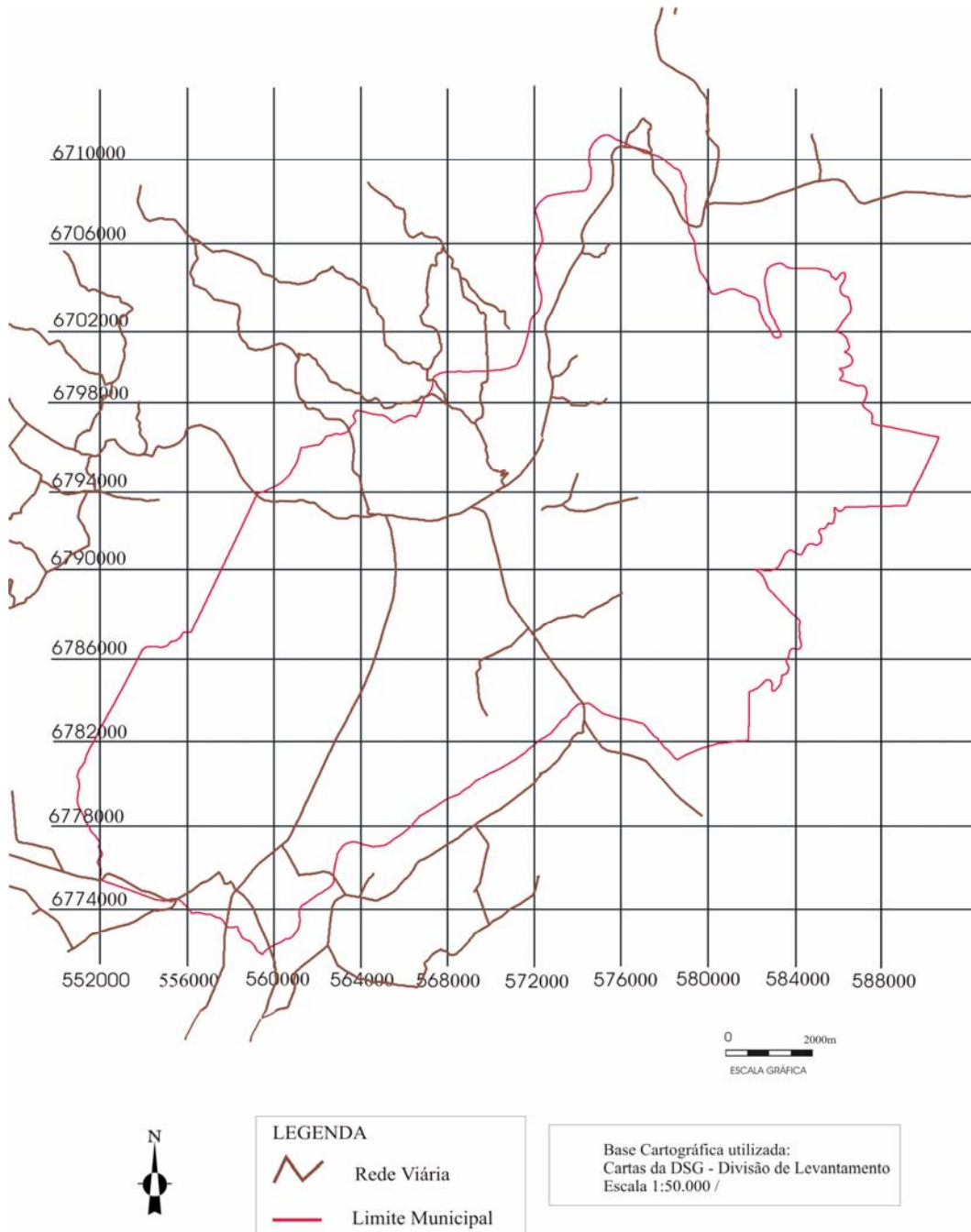


Figura 4.2. Rede Viária da Região.

4.1.3. Curvas de Nível

As curvas de nível foram digitalizadas a partir das cartas topográficas, referentes à região em estudo, da DSG, na escala 1: 50.000, sendo necessário o processo de rasterização, pois foram armazenadas em arquivo vetorial, mostrado na Figura 4.3.

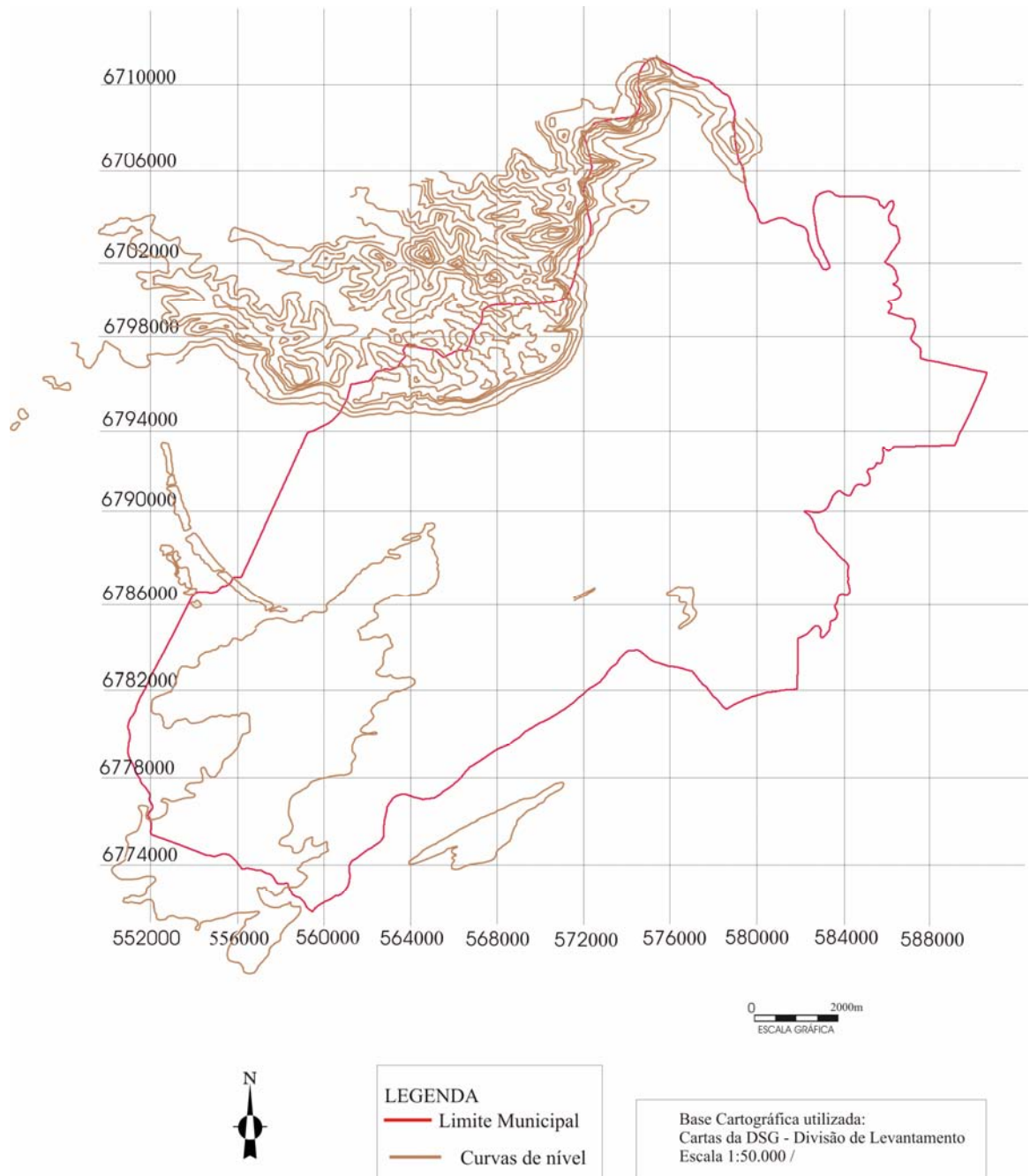


Figura 4.3. Curvas de Nível da Região de Estudo.

O objetivo da digitalização das curvas de níveis foi à confecção do modelo numérico do terreno, apresentado no capítulo seguinte, para avaliação da preservação de florestas em função da declividade do terreno.

4.1.4. Limite Municipal

O limite municipal foi digitalizado (Figura 4.4.) a partir do mapa rodoviário do DAER, na escala 1: 50.000; como se apresentava na forma vetorial, sofreu um processo de rasterização, com o objetivo de determinar a área total do município e estabelecer a abrangência da área de estudo.

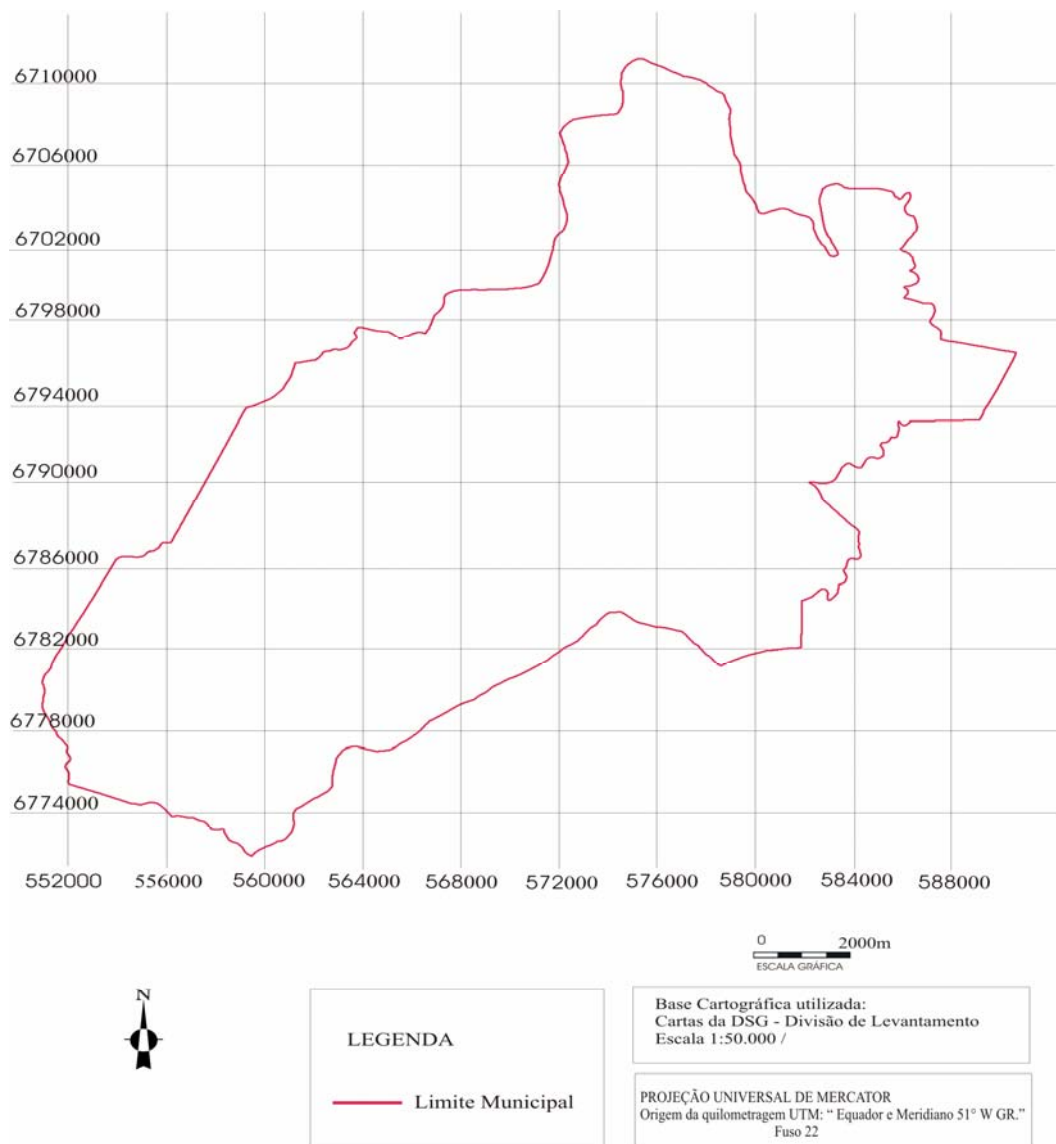


Figura 4.4. Limite Municipal de Osório – RS.

4.2. Demonstração de Uso das Bases de Dados

4.2.1. Composição Colorida

Através do processo de composição colorida obteve-se uma imagem que representa os tipos de alvos básicos (solo, vegetação e água) com uma diferenciação conveniente, pois os corpos d'água se apresentam em tons azulados, às florestas e outras vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. A Figura 4.5 apresenta a composição colorida resultante deste tratamento.



Figura 4.5. Composição Colorida falsa – cor.

4.2.2. Classificação Temática do Uso da Terra

4.2.2.1. Classificação Não-supervisionada

Desta etapa de classificação não-supervisionada resultou um mapa representando os seis grandes grupos definidos pelos seis picos no histograma. Com a classificação não-supervisionada e o conhecimento da área de estudo foram identificados os grandes grupos temáticos presentes nesta região, como base para a classificação supervisionada. O mapa apresentado na Figura 4.6 é o resultado desta classificação não-supervisionada.

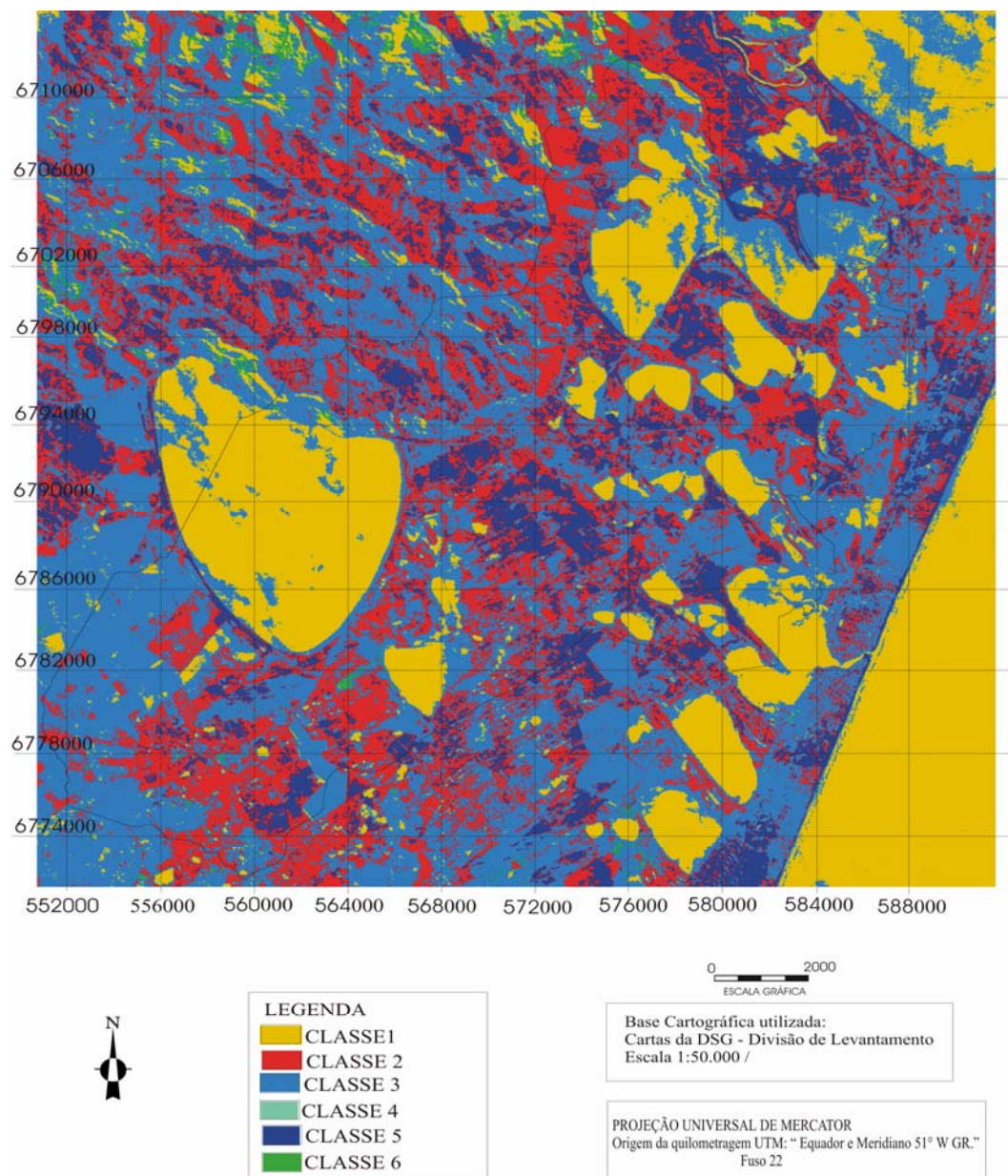


Figura 4.6. Classificação Não – Supervisionada.

4.2.2.2. Classificação Supervisionada

Como resultado da etapa de classificação supervisionada originou-se um mapa de uso do solo, o qual é essencial para a compreensão da organização do espaço ocupado pelo homem e suas relações com o ambiente. A espacialização do uso do solo no Município de Osório pode ser visualizada no mapa abaixo (Figura 4.7).

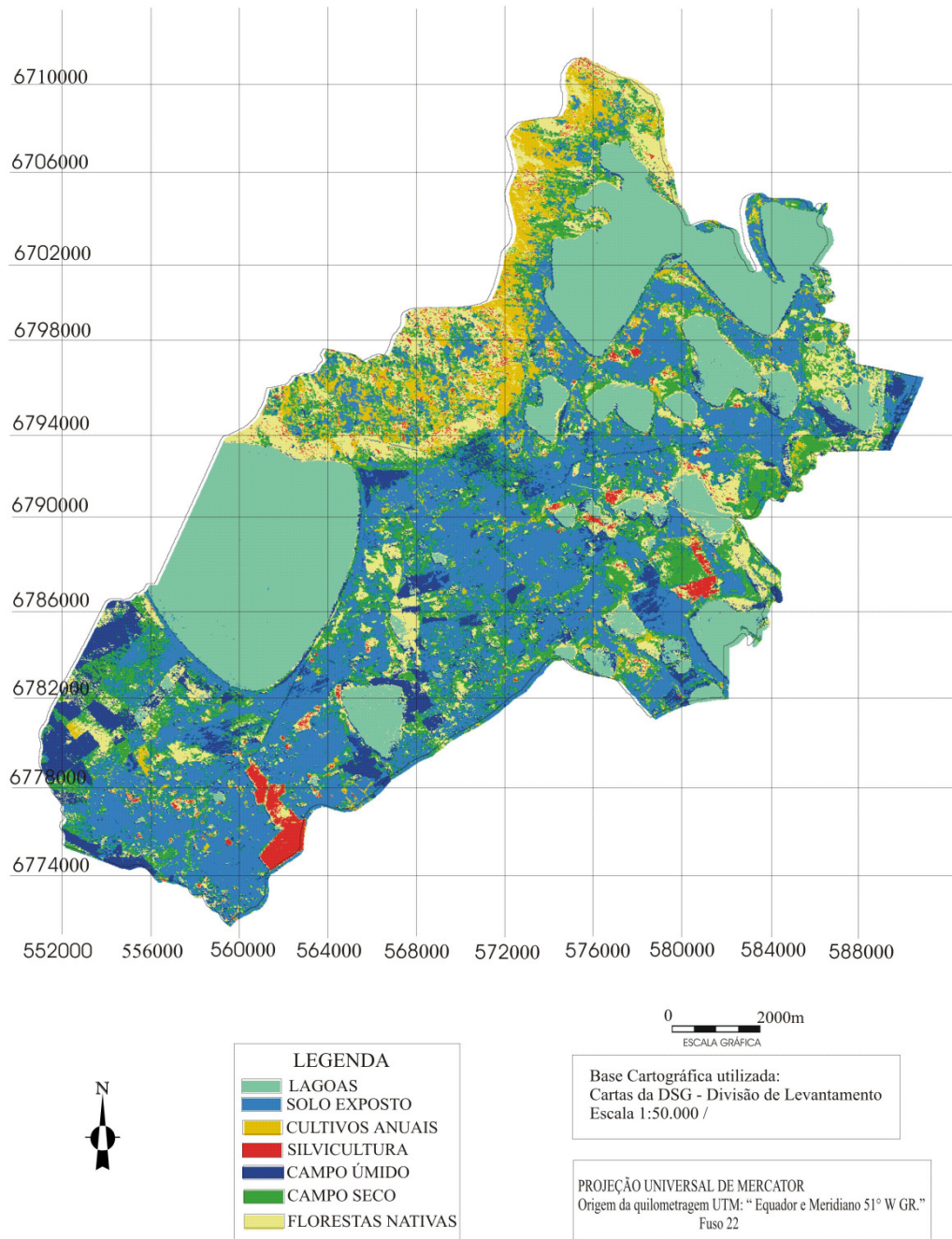


Figura 4.7. Mapa do Uso do Solo do Município de Osório – RS.

A classificação supervisionada efetuada através da imagem de satélite determinou sete classes representativas do uso do solo, sendo que destas a classe florestas nativas foi isolada em função de sua importância para os objetivos do trabalho. Esta classe de florestas nativas pode ser visualizada através do mapa a seguir.

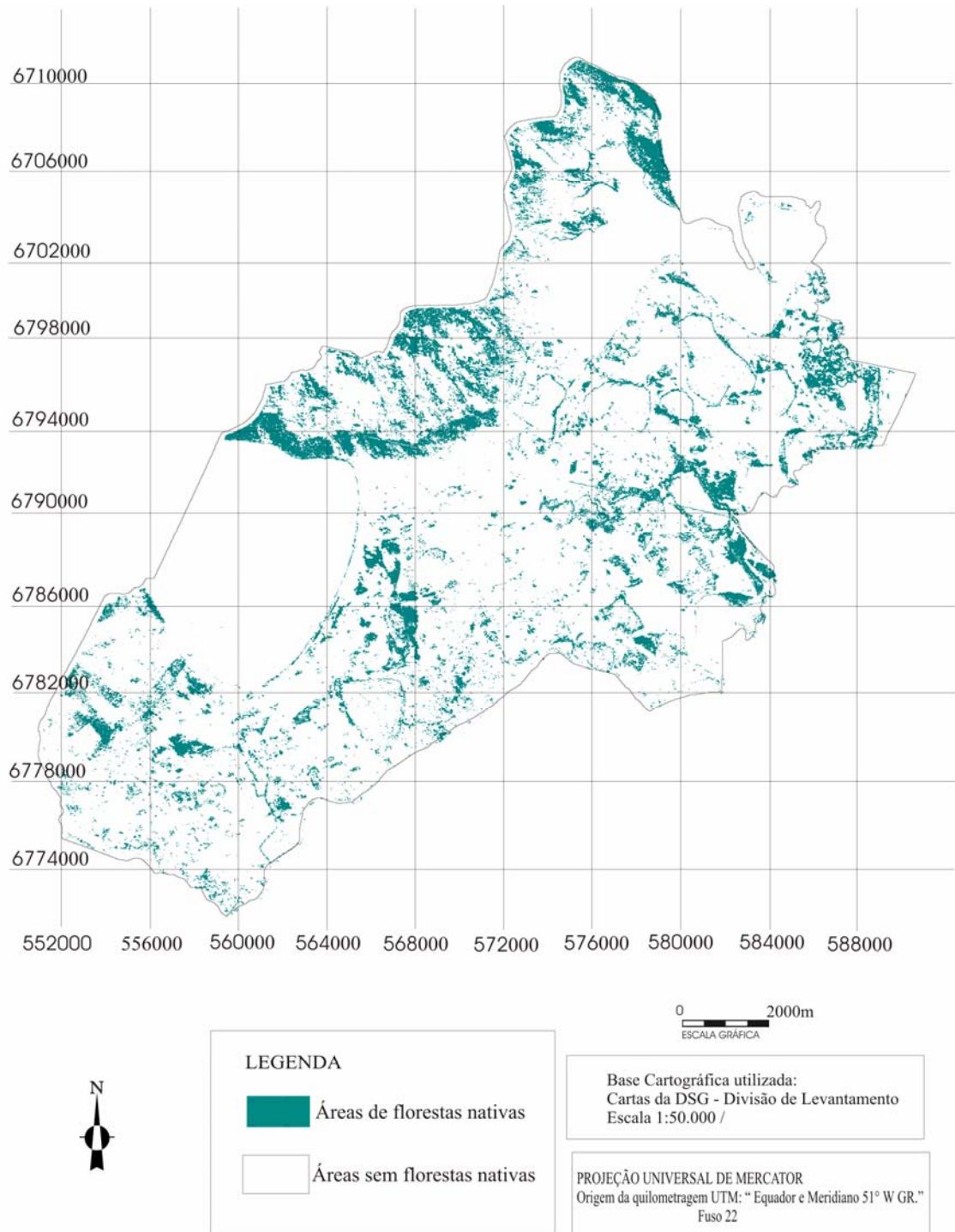


Figura 4.8. Mapa das Florestas Nativas.

Após o processo de classificação supervisionada do uso do solo, ocorreu a determinação da área das diferentes classes obtidas, sendo feito o cálculo percentual de cada uso do solo em relação à área total do município, representadas na Tabela 4.1.

TABELA 4.1: Áreas das Classes de Uso do Solo e seu percentual em relação à área total (70.000 hectares) do Município.

USO DO SOLO	ÁREA EM HECTARES	PERCENTUAL EM RELÇÃO Á ÁREA DO MUNICÍPIO (%)
Lagoas	17.150	24,5%
Solo Exposto	20.093	28,7%
Cultivos Anuais	3.924	5,6%
Silvicultura	1.233	1,8%
Campo Úmido	5.888	8,4%
Campo seco	12.461	17,8%
Florestas Nativas	9.249	13,2%

Analisando a Tabela 4.1 pode-se verificar o predomínio da classe solo exposto, abrangendo uma área de 20.093 hectares, a qual corresponde 28,7% da área total do município. Esta classe compreende áreas onde uma cultura agrícola recentemente foi colhida, áreas semeadas, solos preparados para o próximo plantio e solo urbano.

A segunda classe mais representativa é a das lagoas (rede de drenagem) abrangendo uma área de 17.150 hectares, a qual corresponde a 24,5% da área total do município. Nesta classe estão representadas as lagoas e rios, sendo o elemento de maior visualização desta área na imagem.

As áreas de florestas nativas e silvicultura somaram uma área de 10.482 hectares, correspondendo a 14,9% da área total do município.

Observando a Tabela 4.1, nota-se que o município apresenta uma área relativamente significativa de florestas nativas com 9.249 hectares, porém as áreas que apresentam atividades agrícolas e ocupação urbana (solo exposto e cultivos anuais) se sobressaem com uma área de 24.107 hectares correspondendo a 34,3% da área total do município.

Isto evidencia que o espaço é ocupado em grande parte por atividades agrícolas, na sua maioria pela cultura de arroz.

4.2.3. Modelo Numérico do Terreno

O conhecimento do uso do solo associado ao modelo numérico de terreno propociona informações sobre a ocupação territorial em função da declividade.

Quando não são levadas em consideração as propriedades físico-químicas do solo, isto inclui o fator declividade (relevo), o terreno fica mais suscetível aos problemas de erosão.

O modelo numérico do terreno é um mapa que subsidia em muito um levantamento geoambiental, pois facilita a compreensão de como se apresenta o relevo da região. A Figura 4.9 apresenta o modelo numérico do terreno da área de estudo.

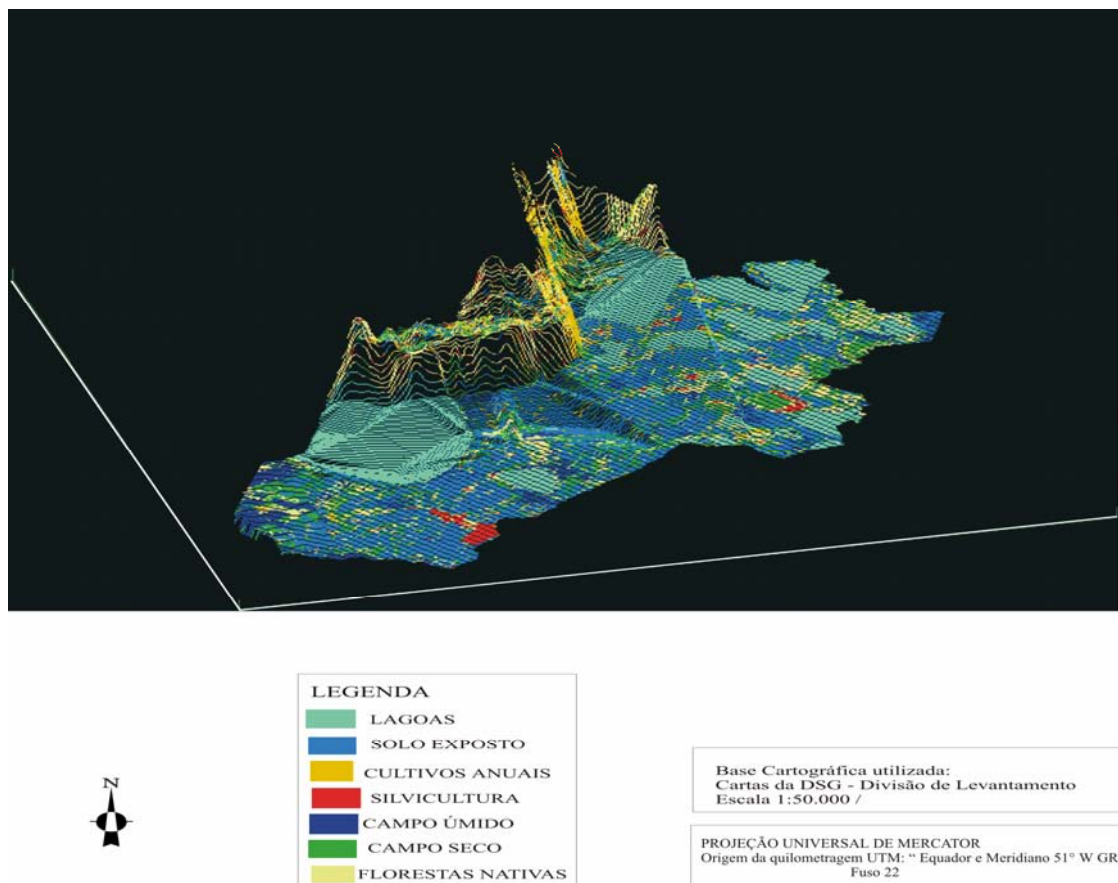


Figura 4.9. Modelo Numérico do terreno em perspectiva, com direção do ângulo de 10° e ângulo de visão de 45° .

4.2.4. Mapas das Classes de Declividade

O fator declividade se apresenta como um variável evidenciadora para aptidões e limitações, pois é um aspecto físico relevante para a utilização do solo, segundo legislação já citada anteriormente.

O mapa das classes de declividade foi elaborado segundo a indicação dos intervalos de classe propostos por DE BIASI (1992), onde foram observadas as quantidades de área encontradas em cada classe, conforme Tabela 4.2:

Tabela 4.2: Área das Classes de Declividade e seu percentual em relação à área total (70.000 ha) do Município.

Classes	Intervalo %	Área (ha)	% em relação à área do município
1	< 5%	59.165	84,5%
2	5 a 12%	3.855	5,5%
3	12 a 30%	4.760	6,8%
4	30 a 47%	1.629	2,3%
5	> 47%	5.901	0,84%

Através dos dados citados na tabela acima, pode-se observar a presença de uma área plana costeira no Município de Osório abrangendo uma grande parte do mesmo. Valor desta área é de 59.165 hectares representada pela classe 1, enquanto a área declivosa onde há grande variação na altitude apresenta um valor de 10.834 hectares representado pelas classes 2, 3, 4 e 5. A área plana comparada com a área total do município apresenta um percentual de 85%, enquanto que a região declivosa quando comparada com a área total do município apresenta um percentual de 15%.

Classe 1 (< 5%), classificada como área plana sem restrições ao uso de maquinários na agricultura, são locais suscetíveis de enchentes, corresponde ao limite para fins de uso urbano – industrial. Apresenta uma área de 59.165 hectares que corresponde a 84,5% da área total do município.

Classe 2 (5 a 12%), apresenta uma área de 3.855 hectares representando um percentual de 5,5% do total da área do município. Esta classe ainda é indicada para o estabelecimento de rodovias e áreas residenciais, sendo o limite máximo para uso da mecanização agrícola.

Classe 3 (12 a 30%) apresenta uma área de 4.760 hectares correspondendo a 6,8% do total da área do município. Esta região apresenta um relevo muito íngreme para agricultura necessitando cuidados especiais para controle de erosão. É o limite máximo para urbanização sem restrições.

Classe 4 (30% a 47%) ocupa uma área de 1.629 hectares correspondendo a 2,3% do total da área do município. Esta classe de declividade está na parte declivosa do município, fixando o limite máximo para o corte raso das florestas. Estas áreas de terras exigem cuidados especiais em relação aos processos erosivos tendo a necessidade da manutenção da cobertura florestal, sendo consideradas áreas de preservação permanente (APA).

Classe 5 (> 47%) com uma área de 591 hectares que correspondem a 0,84% da área total do município. Nesta área não é permitida a derrubada de florestas uma vez que a cobertura florestal é importante para a preservação e sustentação do relevo.

Este mapa temático a seguir especializa as classes de declividade favorecendo a visualização da área total do município com as classes, servindo de base para levantamentos geoambientais.

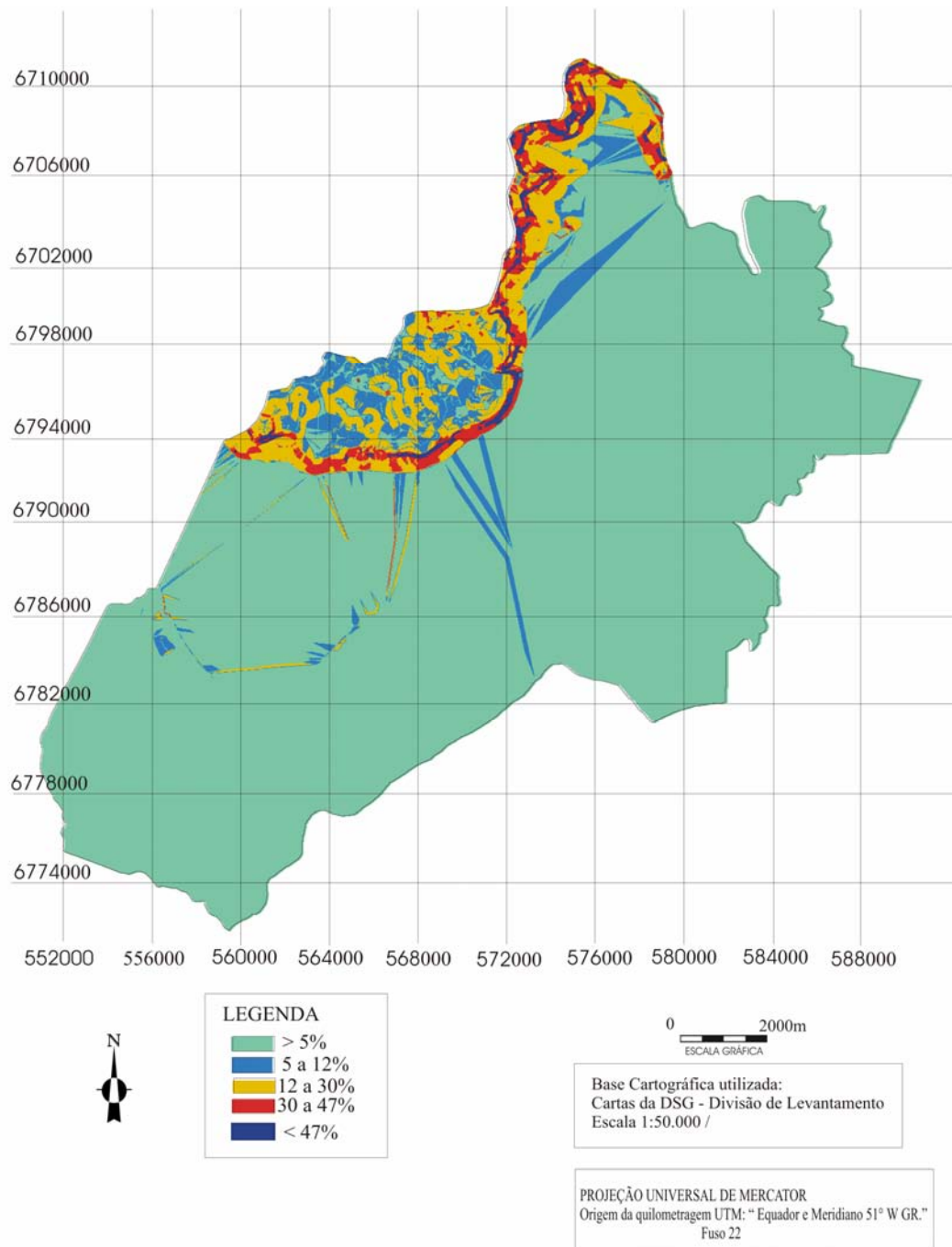


Figura 4.10. Classes de Declividades.

4.2.5. Quantificação da Área do Município

Após a digitalização do perímetro do município, feita a partir de mapa do DAER (seção 3.1), foi realizada a operação do cálculo da área do mesmo. O município de Osório apresenta uma área total de 69.999 hectares, que foi aproximado para 70.000 hectares. Este valor pode ser confrontado com informações da própria Administração Municipal, em função de emancipações de municípios vizinhos, que geraram a necessidade de novos traçados de limites, ainda por fazer; segundo a Prefeitura de Osório, o município possui área em torno de 68.000 hectares.

4.2.6. Quantificação da Área das Lagoas

Após o processo de digitalização das lagoas, foi realizada a quantificação da área das principais lagoas pertencentes ao município de Osório, sendo calculado o percentual de cada lagoa em relação ao uso do solo, classe água, e em relação à área total do município (Tabela 4.3).

TABELA 4.3. Área das Lagoas do Município de Osório - RS.

Lagoa	Área (Hectares)	Percentual em relação à classe água (%)	Percentual em relação à área do município (%)
L. dos Barros	6.955	40,5	9,9
L. dos Índios	640	3,7	9,0
L. Emboaba	157	0,9	0,2
L. Tramandaí	511	3,0	0,7
L. das Pombas	376	2,2	0,5
L. do Horácio	65	0,4	0,09
L. da Pinguela	315	1,9	0,4
L. Caieira	189	1,1	0,3
L. Lessa	724	4,2	1,0
L. Traíra	129	0,7	0,2
L. Caconde	427	2,5	0,6
L. do Peixoto	286	1,7	0,4
L. Marcelino	8	0,05	0,01

4.2.7. Áreas de Preservação Permanente

4.2.7.1. Em Função da Declividade

Com a definição das classes de declividade foi delimitada a área de preservação permanente em função da declividade.

De acordo com a legislação ambiental, já citada, nas declividades superiores a 30% não é permitida a derrubada de florestas sendo estas importantes para a preservação e sustentação do relevo por estarem na parte declivosa do mesmo.

Conforme o exposto acima foi delimitada a área de preservação permanente composta pelas classes de declividade 4 e 5, que correspondem respectivamente aos intervalos de 30% a 47% e $> 47\%$.

Estas classes de declividade apresentam uma área de 2.220 hectares correspondendo a 3,2% da área total do município, a espacialização destas áreas podem ser observadas na Figura 4.11.

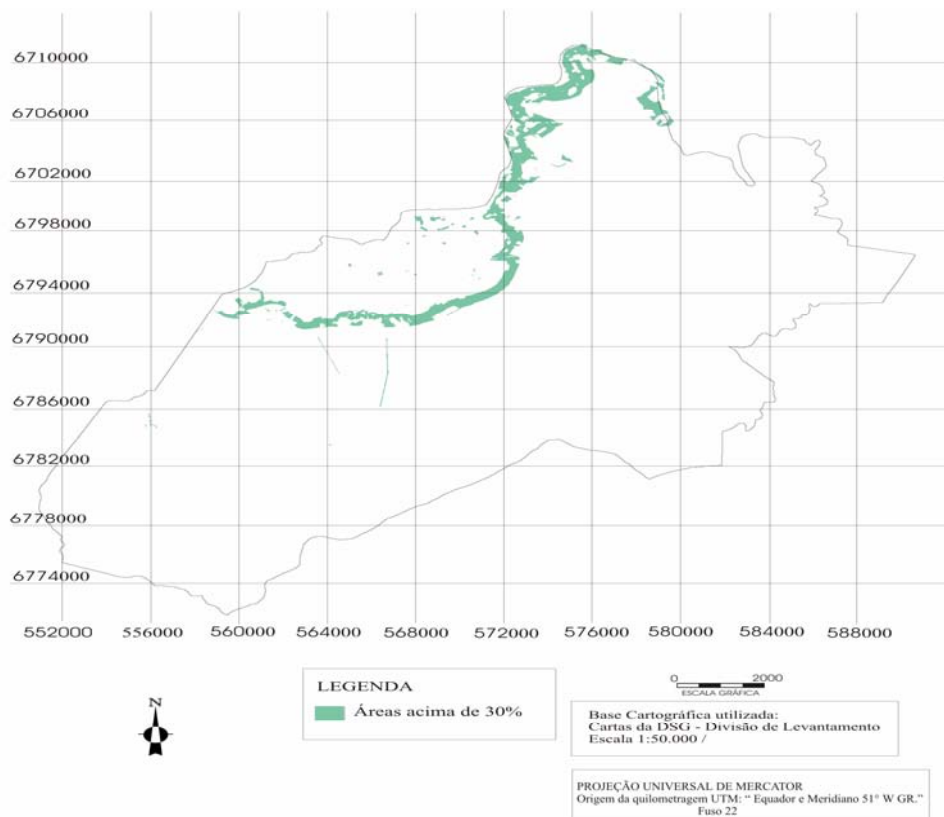


Figura 4.11. Áreas com declividade acima de 30% (Áreas de Preservação Permanente).

4.2.7.2. Em Função da Rede de Drenagem

A rede de drenagem foi rasterizada e delimitou-se a abrangência da faixa de preservação permanente ao longo deste complexo hídrico.

Esta faixa de preservação permanente foi definida segundo a Lei Ambiental do Município de Osório – RS e também segundo o Código Florestal Federal, já citados no capítulo anterior.

O mapa temático a seguir apresenta uma área de 25.609 hectares de preservação permanente, sendo que deste total 17.150 hectares representam a rede de drenagem. Assim a faixa de preservação permanente ao longo dos rios e lagoas apresenta uma área de 8.459 hectares.

Esta área de preservação permanente, que inclui lagoas, rios e faixa dos 50 metros mais próximos, está representada na figura 4.12, mostrada abaixo:

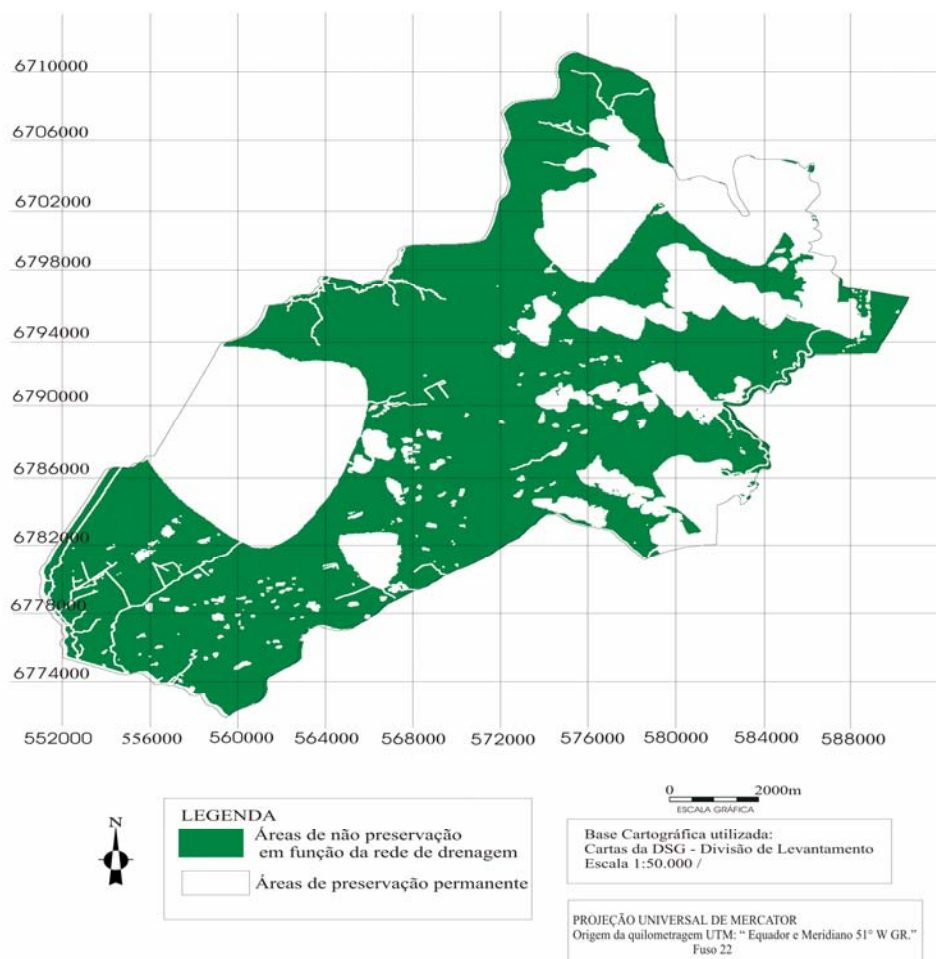


Figura 4.12. Áreas de Preservação Permanente em função da rede de drenagem.

4.2.8. Mapa de Acesso às Florestas Nativas

O mapa de acesso às florestas nativas mostra a distância média existente entre as manchas de florestas nativas e a rodovia mais próxima.

A distância média das rodovias às florestas nativas é uma maneira de avaliar o grau de influência da urbanização. Considerando que onde há uma rodovia existe a facilidade de urbanização do seu entorno.

A Figura 4.13 apresenta as manchas de florestas nativas junto com a rede viária.

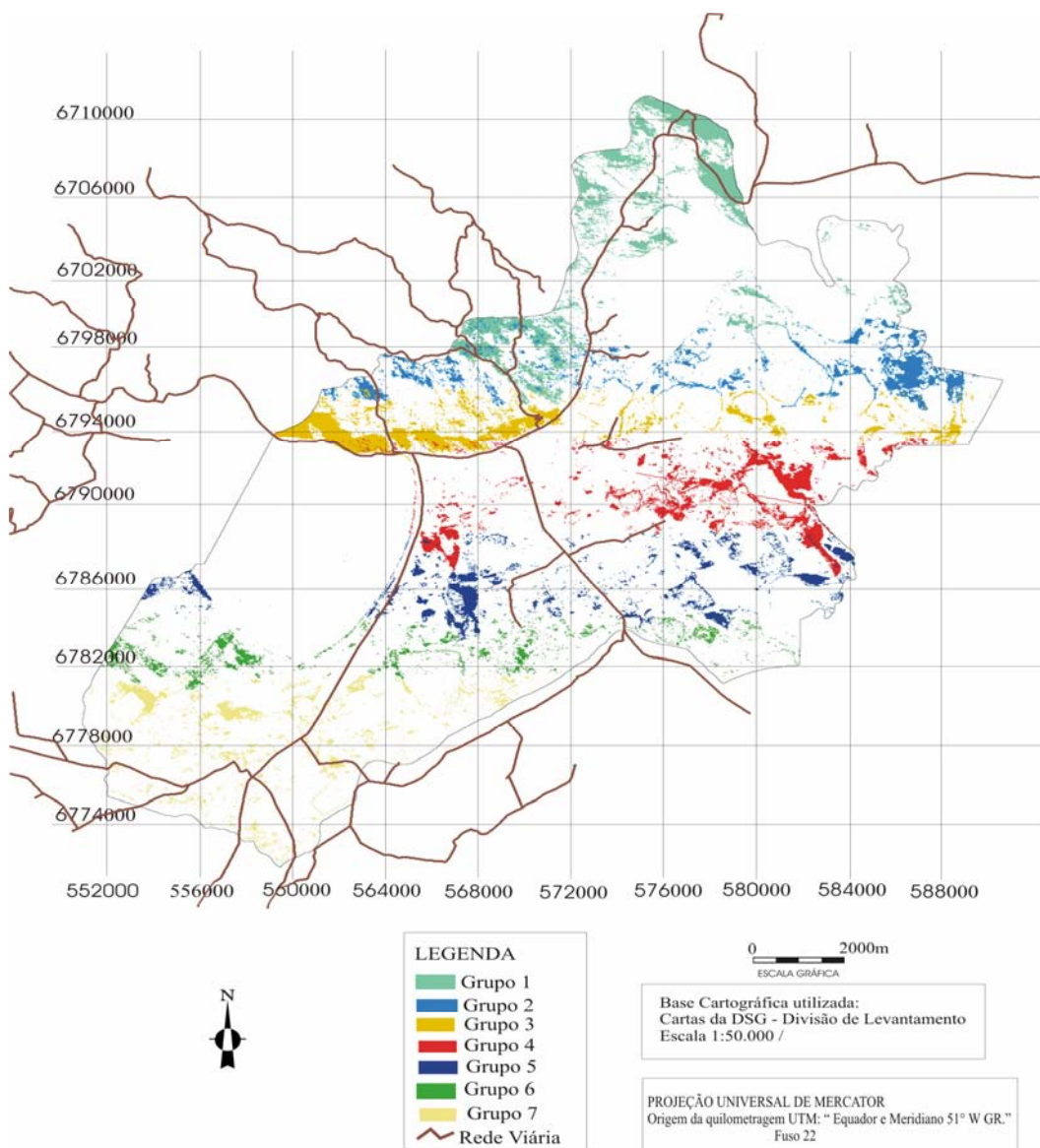


Figura 4.13: Mapa dos Grupos de Florestas Nativas com a Rede Viária.

Analisando a Tabela 4.4, pode-se afirmar que a maior distância média da rodovia à floresta nativa é de 4.681 metros. Isto provavelmente ocorre em função da presença de várias lagoas entre a floresta nativa e a rodovia mais próxima, sendo um obstáculo para a construção de rodovias.

Ao contrário da menor distância média da rodovia à floresta nativa que é de 1.231 metros. Isto ocorre em uma área plana onde existe maior facilidade de construção das rodovias e em uma região onde se concentra a cultura de arroz.

Tabela 4.4: Valores das distâncias médias entre os grupos de Florestas Nativas e a Rodovia mais próxima.

Grupo de Florestas Nativas	Distâncias Médias (m)
1	1172
2	4681
3	2112
4	3466
5	2904
6	2758
7	1231

4.2.9. Áreas de Conflitos

Consideram-se como áreas de conflitos de uso do solo aqueles locais onde estão sendo exercidas atividades sobre o solo sem que estejam de acordo com a capacidade do mesmo.

4.2.9.1. Áreas de Conflitos em Função da Declividade

Com a elaboração do mapa onde existem ou não floresta nas áreas de preservação permanente em função da declividade, identificou-se as áreas onde deveriam ter sido preservadas as florestas nativas e atualmente apresentam outros fins.

A partir deste procedimento, foram identificadas como conflito (segundo legislação ambiental) todas as áreas ocupadas com outro tipo de uso do solo que não o uso de florestas nativas nas classes com declividade acima de 30%.

O mapa temático abaixo mostra a espacialização destas áreas, Figura 4.14.

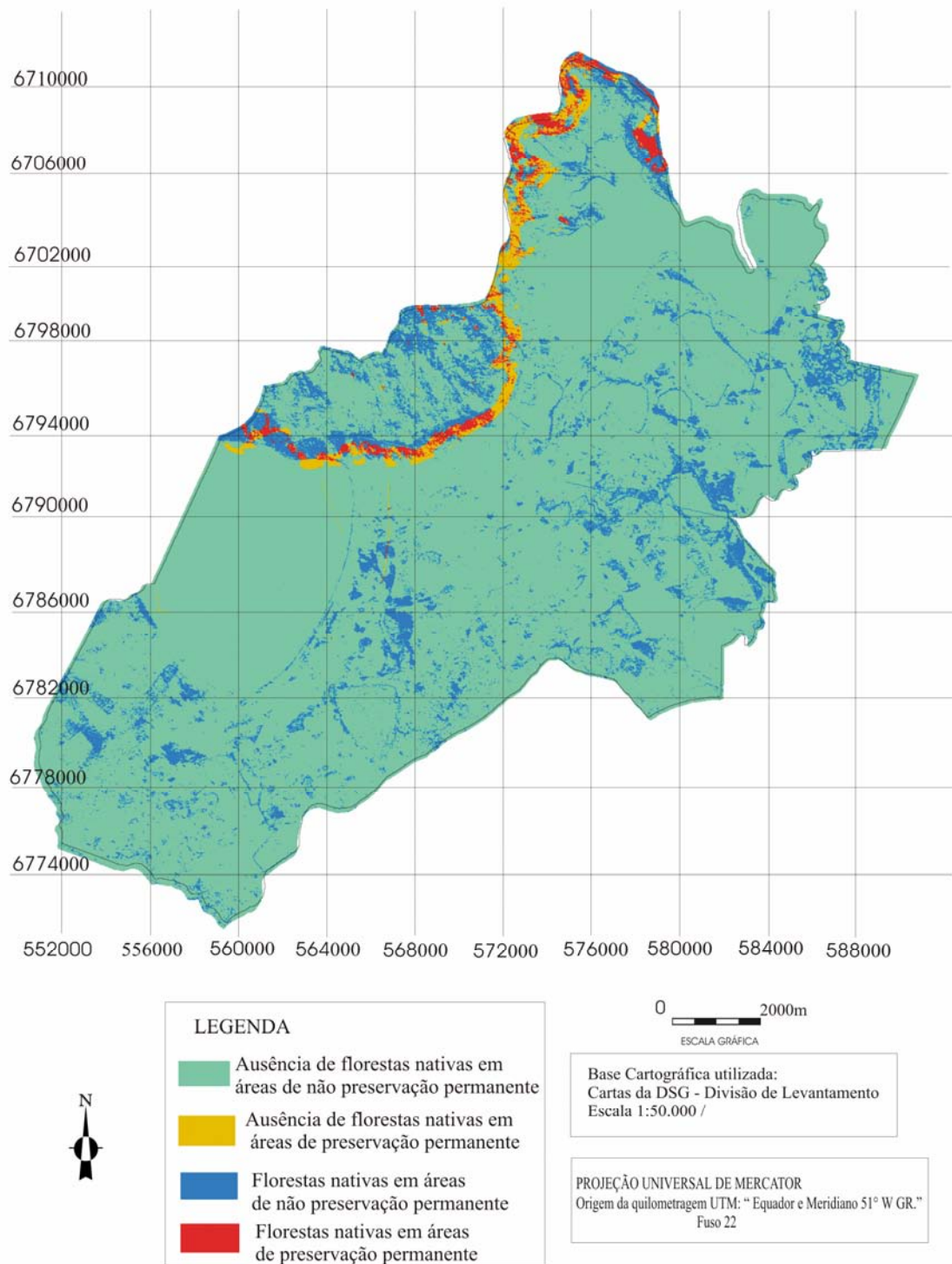


Figura 4.14: Mapa das Áreas de Conflitos em Função da Declividade.

Considerando a Tabela 4.5, citada abaixo, é possível afirmar que a área de preservação permanente em função da declividade é de 2.219 hectares. Deste total 1.319 hectares não apresentam florestas nativas e sim outros usos do solo, sendo assim consideradas áreas de conflitos. A área com florestas nativas dentro da área de preservação permanente são de 900 hectares.

As áreas de preservação permanente com declividades superiores a 30% estão com florestas nativas em 40,6% da sua área total contrapondo os 59,4% sem florestas nativas.

Tabela 4.5. Quantificação das Áreas com e sem Florestas em Áreas de Preservação Permanente em Função da Declividade.

Classificação	Área (há)
Ausência de florestas nativas em áreas de não preservação	59.432
Florestas nativas em áreas de preservação	1.319
Florestas nativas em áreas de não preservação	8.349
Florestas nativas em áreas de preservação	900

4.2.9.2. Áreas de Conflitos em Função da Rede de Drenagem

Através da elaboração do mapa onde existem ou não florestas nativas nas áreas de preservação permanente em função da rede de drenagem foram consideradas áreas de conflitos todas aquelas ocupadas com outros usos do solo.

As matas ciliares são de grande importância, pois proporcionam proteção aos solos, diminuindo o assoreamento dos rios e lagoas pela entrada de sedimentos.

Assim com este mapa temático é possível visualizar as áreas onde existem ou não florestas nativas ao longo dos rios e lagoas, apresentado na Figura 4.15 abaixo:

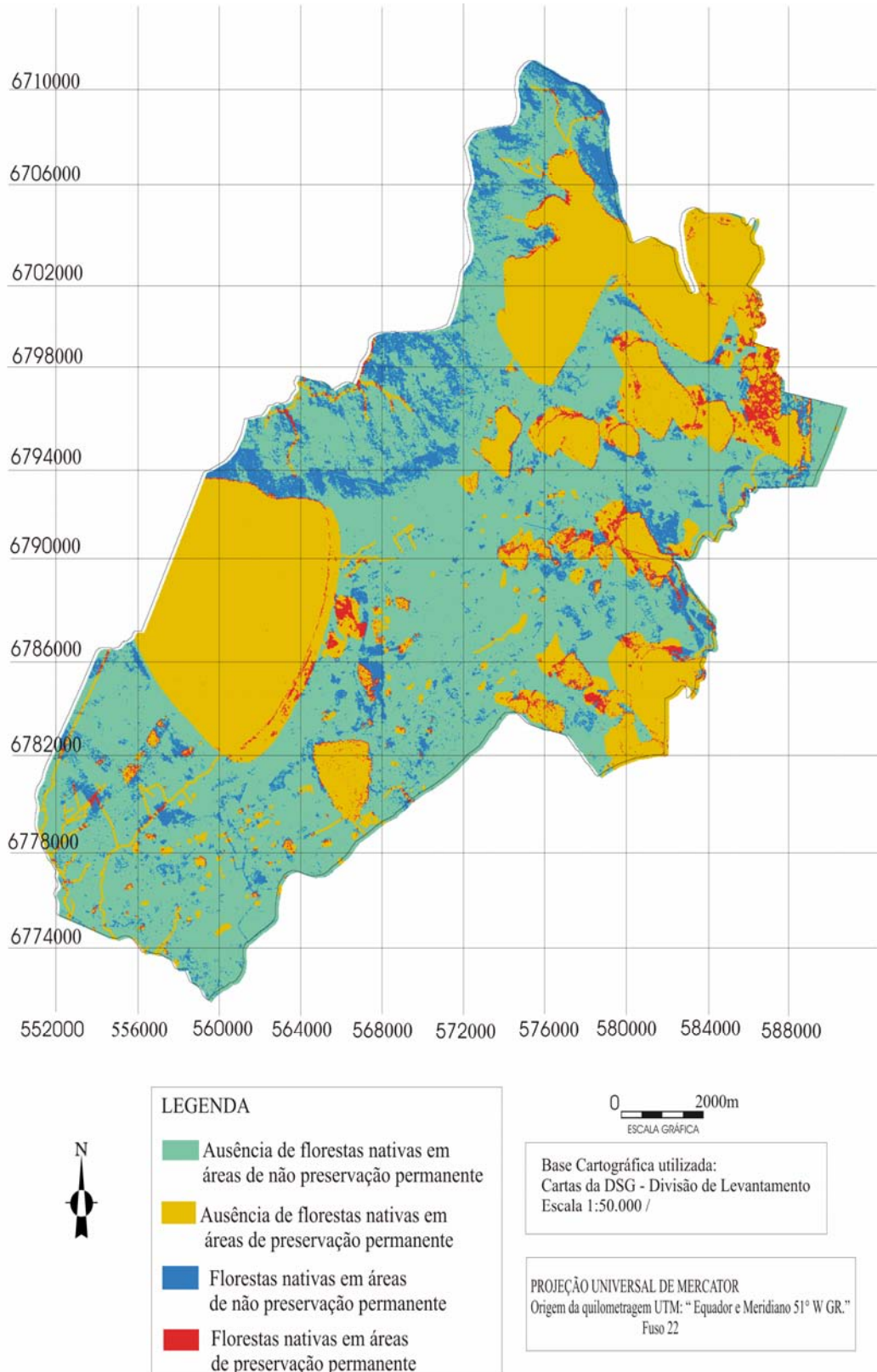


Figura 4.15: Mapa das Áreas de Conflitos em Função da Rede de Drenagem.

Analisando a Tabela 4.6 abaixo se considera que dos 25.609 hectares da área de preservação permanente em função da rede de drenagem, 17.150 hectares são rios e lagoas. Assim 8.450 hectares é que realmente são áreas de preservação permanente.

Considerando os 8.458 hectares como área total, apenas 1968 hectares apresentam florestas nativas, o qual corresponde a 23,3% desta área, estando estes protegidos de acordo com a legislação ambiental.

Tabela 4.6. Quantificação das Áreas com e sem Florestas Nativas em Áreas de Preservação Permanente em Função da Rede de Drenagem.

Classificação	Área (há)
Ausência de florestas nativas em áreas de não preservação	37.109
Florestas nativas em áreas de preservação	23.641
Florestas nativas em áreas de não preservação	7.282
Florestas nativas em áreas de preservação	1.968

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresentou um diagnóstico ambiental, passível de ser implementado à escala municipal, portanto para uso das administrações dos municípios. São indicados os procedimentos para a disponibilização de mapas focalizados em diversos aspectos: No entanto, a proposta não se esgota nos mapas que foram aqui apresentados, podendo ser construídas outras representações, adaptadas a necessidades específicas, incluindo-se casos fora da estrita esfera ambiental.

Com os resultados do mapeamento, a administração municipal poderá utilizá-los como instrumento de organização espacial, promovendo o conhecimento e quantificação do processo de ocupação do território e suas conseqüências através de estudos, melhorando o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis no município, reduzindo diferenças regionais através do planejamento das atividades produtivas e de proteção ao meio ambiente. Através da elaboração destes mapas, pretende-se proporcionar à sociedade uma melhor qualidade ambiental, disponibilizando mais um instrumento que poderá auxiliar na gestão ambiental do município de Osório.

A importância deste estudo baseia-se no fato de que, o diagnóstico de uma unidade administrativa, no caso o município de Osório, proporciona uma melhor qualidade de vida para a população e principalmente o uso adequado do meio ambiente.

Utilizando-se estes mapas o planejamento da unidade administrativa torna-se uma tarefa fundamentada cientificamente, produzindo benefícios a curto e em longo prazo seja com as informações obtidas diretamente, ou com o cruzamento das mesmas.

Com os diversos mapas, a unidade administrativa poderá ser monitorada, controlada, ou analisada, com cruzamentos de dados, proporcionando maiores informações para o correto planejamento ambiental.

O planejamento ambiental objetiva o uso racional dos recursos da unidade administrativa em questão. É importante que este estudo seja entendido como um instrumento, entre outros, de se obter um planejamento da unidade administrativa.

De acordo com os resultados e as discussões citadas anteriormente, conclui-se que:

1. A classificação digital supervisionada foi satisfatória apresentando rapidez e confiabilidade na identificação das classes de uso do solo da região em estudo.

O sistema de informações geográficas IDRISI 32 proporcionou a determinação do uso do solo, através das imagens Thematic Mapper do satélite LANDSAT 5, gerando informações que poderão servir de subsídios no futuro para o conhecimento da região e até mesmo planejamento de atividades relacionadas com meio ambiente.

3. Constatou-se que a faixa de preservação permanente de mata ciliar ao longo da rede de drenagem a qual deveria estar coberta com florestas nativas, encontra-se com outros usos do solo.

As áreas com ausência de florestas nativas ao longo da rede de drenagem foram localizadas cartograficamente e quantificadas, possibilitando a priorização de medidas no sentido de recuperá-las. Pois, como já foram citados no capítulo anteriores, dos 8.458 hectares da área de preservação permanente ao longo da rede de drenagem, apenas 1968 hectares apresentam florestas nativas que correspondem a 23,3% deste total.

A recomendação é que sejam usadas para o reflorestamento espécies florestais nativas principalmente da mata subtropical como as mirtáceas.

4. As áreas acima de 30% apresentam as matas nativas preservadas em 40% da sua área total correspondendo a 900 hectares, necessitando de uma legislação municipal mais específica para sua recuperação.

Estas áreas ocupam a parte mais íngreme do relevo desta região de estudo, até o limite de 30% de declividade corresponde ao ponto máximo para o corte raso das florestas.

A declividade do terreno impõe obstáculos para o uso agropecuário ocorrendo o cultivo com algumas restrições. Havendo a necessidade de conservação das florestas nativas como técnicas de controle da erosão.

Nestas áreas acima de 30% de declividade que não estão cobertas por florestas nativas, deveriam ser reflorestadas com espécies nativas.

A recomendação é que sejam utilizadas espécies da floresta atlântica pois esta região representa o limite austral da maioria destas espécies.

5. As análises mostraram que a área coberta com silvicultura apresenta uma área de 1.233 hectares que correspondem a 1,8% da área do município, sendo considerado um índice baixo.

Isto evidencia que as autoridades municipais poderiam investir mais em incentivos para a implantação de povoamentos de espécies nativas, já que não faz parte da cultura do povo osoriense o cultivo de espécies exóticas.

A metodologia é recomendável para levantamentos semelhantes onde seja necessário o monitoramento ambiental e posterior planejamento da unidade ambiental em questão.

Os dados aqui apresentados contêm as limitações impostas pelas características da área de estudo, da data da imagem, e dos materiais utilizados.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANDERSON, Jr. **Sistema de Classificação do uso da terra e do brevestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos.** Rio de Janeiro, IBGE, 1979.

ASSAD, E. D; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas aplicadas na agricultura.** Planaltina. EMBRAPA - CPAC, 1993. 274 p.

ASRAR, G. **Theory and applications of optical Remote Sensing.** Jhon willey & Sons, 1989, 335 p.

AZEVEDO, L. H. A. **Programa de gerenciamento territorial.** In: Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Municipal. Campos do Jordão - SP. 22 -23 de out. 1987. P. 32 - 48.

AZEVEDO, L. H. A; SÁ CARVALHO, L. C. **Metodologia integrada para estudos de recursos naturais e dinâmica ambiental.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, Brasília, 1982. Anais. São José dos Campos, INPE, 1982.

BARCELOS, I. O., **Geoprocessamento.** 1992. Endereço Eletrônico: <http://www.celepar.gov.br/batebyte/bb92/geop.htm>

BRAGANÇA, C. F. et alli. **Estudos da Evolução da Cobertura Vegetal e Cicatrizes de Escorregamento no Município de Cubatão - São Paulo.** In: Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Municipal. Campos do Jordão. 22 - 23 out. 1987. Anais.. Campos do Jordão. Instituto de Pesquisas Espaciais. 1987. p. 97 - 113.

BRANDT, A. S. & DE OLIVEIRA, F.T. G. **O Planejamento da Nova Empresa Rural Brasileira.** APEC Editora S.A. Rio de Janeiro - Brasil, 1973 260 p.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment.** Claredon Press, Oxford. 1989.

BUZAI, G. D. & DURÁN, D. **Enseñar e investigar com sistemas de informácion geográfica (SIG).** Buenos Aires: Traquel, 1997. 192 p.

CABRAL, B. **O Município e a Cidadania.** Brasília: Senado Federal. 484 p., Março, 1996.

CÂMARA, G. **Anatomia de Sistema de Informações Geográficas: Visão atual e perspectiva e evolução.** In: ASSAD, E. D. & SANO, E.E. Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura Brasília: EMBRAPA – CPAC, 1993. p.13 – 37.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J.S. de. **Mapas e suas representações computacionais.** In: ASSAD, E.D. & SANO, E.E. Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura. 2. ed. Brasília: EMBRAPA – SPI/ EMBRAPA – CPAC, 1998. p. 13 – 29.

CAUBET, C. G. & FRANK, B. **Manejo Ambiental em Bacia Hidrográfica: o caso do rio Benedito (Projeto Itajaí I). Das reflexões teóricas às necessidades concretas.** Florianópolis, Fundação Água Viva, 1993. p. 52

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal Brasileiro e dá outras providências. Publicação eletrônica. Disponível em: URLib: < <http://www.ipef.br/legislacao/codigo.html> >

COELHO, A. G. S. **Fotografias Aéreas na Classificação de Terras Agricultáveis.** São Paulo. Instituto de Geografia. USP. Revista Aerofotografia. N.º 6, 1971, 13 p.

COELHO, D.; PITANGA, J. F. S. **Evolução do uso e cobertura do solo da cidade do Rio de Janeiro - 1972 - 1980.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2., Brasília, DF. 10 - 14 maio, 1982. Anais. Brasília.v.3, p. 863 - 867.

CORTEZ, A. **Las nuevas técnicas de la percepción remota.** Bogotá, 1972.115 pág.

COSTA, S. M. F. & FORESTI, C. **Seleção das melhores bandas TM para a delimitação de áreas urbanas: o caso de São José dos Campos, São Paulo.** In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 4., Bariloche, Argentina, 19-24 nov., 1989. Tl, p. 359 - 367.

COSTA, S. M. F. ; SILVA, E. A. **Urbanização da área metropolitana de Belo Horizonte - o monitoramento do crescimento urbano através do sistema de informações geográficas SGI/INPE.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, PR. 10 - 14 maio, 1993. Anais. Curitiba. V.1, p. 41 - 46.

DIEGUES, A.C. **Desenvolvimento sustentado, gerenciamento geoambiental e de recursos naturais.** CADERNOS FUNDAP, São Paulo, Ano 9 N.º 16 - p. 33-45 . jun. /1989.

EASTMAN, J.R. **IDRISI for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais.** Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240 p.

FACON, J. **Processamento e análise de imagens.** Córdoba: EBAI, 1993. V. 6, Córdoba, 1993.

FELGUEIRAS, C. A.; ERTHAL, G. J.; DIAS, L. A. V. **Uma metodologia para diversificação de grade regular retangular.** In: Simpósio Brasileiro de computação gráfica e processamento de imagens II. Águas de Lindóia. 1989. Anais. Águas de Lindóia - SP, Sociedade Brasileira de Computação, 1989. p. 533 - 540.

FELGUEIRAS, C.A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores.** São José dos Campos: INPE, 1987. 243 p. Tese Mestrado.

FORESTI, C. **Proposta metodológica para estudo ambiental e da estruturação do espaço urbano em áreas metropolitanas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., Manaus, AM. 24 - 29 jun., 1990. Anais. V.2, p. 336 - 340.

FRANÇOSO, M. T.; FREITAS, M. A. R. R. ; MELLO, H. M. C. F. **Sensoriamento Remoto como fonte de dados para sistemas de informação geográfica aplicados ao transporte e urbanismo.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, PR, 10 - 14 maio, 1993. Anais. Curitiba. V.1, p. 62 - 67.

FRANZONI, A. N. B.; ALVES, A. R.; LAPOLLI, F. R.; BASTOS, L. C. **Utilização do classificador Distância Euclidiana: bacia hidrográfica do Sangão / SC.** In: XV Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais (101 - 106). Rio de Janeiro, 1993.

FUCHS, R. B. H. **Avaliação do uso da Terra, por classe de declividade, na sub-bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirtim / RS.** Santa Maria /RS. 1986. 59 p. Monografia de Especialização. UFSM. CEIISO.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento Remoto.** São Paulo, Editora Nobel, 1982, 357 p.

HOFFER, R.M. **Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis to remote sensor data.** In: SWAIN, P. H; DAVIS, S. M. (Eds) Remote Sensing: The Quantitative Approach. New York, McGraw Hill. 1978. p. 227 - 289.

LAPOLLI, E. M.; ALVES, A. R.; BARCIA, R. M. **Classificação de imagens digitais: comparação entre vários métodos.** In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol. II. (373 - 380). Curitiba, 1993.

LOBO, R. **Sistemas de Informação Geográfica nos Municípios.** 2000. Endereço Eletrônico: http://www.fatorgis.com.br/colunas/rodrigo/2000_01_06.htm

LOCH, C. **A interpretação de Imagens Aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais.** Florianópolis, UFSC, 2ª ed. Série Didática, 1989. 102 p.

LOCH, C. **Monitoramento global integrado de propriedades rurais a nível municipal utilizando técnicas de sensoriamento remoto.** Florianópolis: UFSC, 1990. 137 p.

MENDES, C. A. B. **Planejamento Nacional de Recursos Hídricos Baseado no uso de Técnicas de Geoprocessamento.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2000. Endereço Eletrônico: <http://www.iica.org.br/AguaTrab/Carlos%20andre%20bulhoes/P1TB08.htm>

MOURA, A. C. M. **Globalização e metodologias no uso do geoprocessamento: estudos de casos de diferentes abordagens de análises espaciais.** In: Revista Brasileira de Cartografia, N.º 50. Outubro de 1998. p. 57 a 62.

MOURA, F. J. **Elementos de Cartografia: técnica e história.** Belém. 1993. 306 p.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações.** 2ª ed. , São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1992. 308 p.

PAVLIDIS, T. **Algorithms for graphics and image processing.** Addison-Wesley, 1991.

PEREIRA, M. N., KURKDJIAN, M. L. N. O. ; FORESTI, C. **Cobertura e uso da terra através de Sensoriamento Remoto.** São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais. 1989. 118 p.

PEREIRA, R. S. **Sistema de tratamento de imagens multiespectrais digitais.** Curitiba: UFPR, 1995. 267 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1995.

REITZ, R., KLEIN, R. M., REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CORAG, 1988. 525p.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis. An introduction.** Berlin, Springer-Verlag, 1986, 281p.

ROCHA, J. S. M. **Contribuição para a avaliação quantitativa da capacidade do uso do solo no Estado do Rio Grande do Sul.** Santa Maria, 1977. 169 p. Tese Livre Docência. Universidade Federal de Santa Maria.

ROCHA, J. S. M. **Fotografias Aéreas Aplicadas ao Planejamento Físico Rural.** Santa Maria. Departamento de Engenharia Agrícola e Florestal - UFSM. 1978. 51 p.

ROSA, F. S. **A fotografia aérea como instrumento de planejamento municipal e regional - a área metropolitana de São Paulo - SP.** In: Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Municipal. Campos do Jordão, 1987. p. 263 - 279.

ROSA, O. **Mapa de Uso da terra do município de Santa Maria - RS, adaptado à criança de 4º série do 1º grau.** Santa Maria. 1994. 72 p. (monografia)

SANTOS, M. L. M., MATTOS, M. M., PIRES, I. O., BROWN, I. F., ASSIS, W. S. **Utilização de imagens de satélite no mapeamento preliminar do uso da terra e na capacitação de agricultores do médio Rio Capim-Paragominas - PA - Brasil.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, São José dos Campos. Anais. São José dos Campos: INPE, 1993. 15 p.

SILVA, E. A. **Cartografia é ciência e arte.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. São Paulo. 15. Anais. SBC/USP. (1991 a) Vol. 3 : 469 – 73. Jul./Ago.

SILVA, E. A. **Cartografia e Ecologia – o estudo de zonas críticas de alterações do meio ambiente a nível global.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. São Paulo. 15. Anais. SBC/USP. (1991 b) Vol. 2; 363 – 72. Jul./Ago.

SILVA, E. M. E. et al. **A Pesquisa Operacional: programação linear, simulação.** 3. ed. Saõa Paulo: Atlas, 1998. p. 184.

SILVA, J. ; SOUZA, M. **Análise Ambiental.** Rio de Janeiro. Editora da UFRJ. 1988.

STEFFEN, C. A. **Radiometria Óptica Espectral.** In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - TUTORIAL - Abril

de 1996, INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) São José dos Campos - SP.

STRAIN, P.; ENGLE, F. **Imagens da Terra.** São Paulo: Klick, 1993.

SWAIN, P. H. ; DAVIS, S. M. **Remote Sensing: The Quantitative Approach.** McGraw - Hill, 1978. 396 p.

TUCKER, C. J. **Asimptotic nature of grass canopy spectral reflectance.** Applied Optics, Washington, 1977. v. 16, p. 1151 -1156.

TUCKER, C. J. **Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation.** Remote Sensing of Environment. New York, 1979. v. 8, p. 127 - 150.

TUSCO, C.; ABID, O. A. **Sistema de Informação Geográfica do Serviço Geográfico do Exército.** In: Anais. 1978. p. 621 - 624.