

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

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ÁREA  
AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NAS  
MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA SANGA DA  
TAQUARA E DO ARROIO INHAMANDÁ NO  
MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO SUL-RS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Sonia Mari Fogiato**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ÁREA AMBIENTAL:  
ESTUDO DE CASO NAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS  
DA SANGA DA TAQUARA E DO ARROIO INHAMANDÁ NO  
MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO SUL-RS**

**por**

**Sonia Mari Fogiato**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do  
Programa de Pós-Graduação em Geomática, Área de Concentração:  
Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria  
(UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Geomática.**

**Orientador: Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ÁREA AMBIENTAL: ESTUDO DE  
CASO NAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA SANGA DA  
TAQUARA E DO ARROIO INHAMANDÁ NO MUNICÍPIO DE  
SÃO PEDRO DO SUL-RS**

elaborada por

**Sonia Mari Fogiato**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Geomática**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Rudiney Soares Pereira, Dr. (Presidente/Orientador-UFSM)**

---

**Carlos Alberto da Fonseca Pires, Dr. (UFSM)**

---

**Enio Giotto, Dr. (UFSM)**

**Santa Maria, 16 de outubro de 2006.**

*Quando se viaja  
em direção a um objetivo  
é muito importante prestar atenção no caminho.*

*O caminho é que sempre nos  
ensina a melhor maneira de chegar, e nos  
enriquece, enquanto o estamos cruzando.*

*Paulo Coelho (O Dicionário de um Mago)*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de participar de maneira gratuita do Programa de Pós-Graduação em Geomática;

Ao professor Dr. Rudiney Soares Pereira pela orientação, receptividade e amizade dedicada durante a realização do Curso;

À Comissão examinadora desta dissertação: Prof. Dr. Carlos Alberto da Fonseca Pires, Prof. Dr. Enio Giotto e Prof. Dr. José Américo de Mello Filho; pela leitura e também sugestões;

Aos professores que ministraram aulas e aos funcionários do Curso que contribuíram com amizade, presteza e conhecimento;

Aos colegas e amigos do Curso, que tornaram este tempo inesquecível, em especial, Isabel, Maria Elaine, Jurandir, Glênio e Alarico.

À minha família, pelo incentivo mantendo sempre acesa a importância deste trabalho;

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização do Curso e desta dissertação.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Geomática  
Universidade Federal de Santa Maria

### GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ÁREA AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DA SANGA DA TAQUARA E DO ARROIO INHAMANDÁ NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO SUL-RS

Autora: Sonia Mari Fogiato  
Orientador: Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira  
Data e local da defesa: Santa Maria, 16 de outubro de 2006.

A degradação ambiental, através do uso incorreto e indiscriminado dos recursos naturais, vem exigindo uma revisão profunda da relação homem x natureza. O desenvolvimento da agropecuária e a intensa urbanização nos últimos tempos, provocou graves desequilíbrios, com alterações nas propriedades físico-químicas e biológicas dos elementos da natureza. Considerando essa problemática, a presente pesquisa tem como objetivo aplicar geotecnologias à área ambiental, visando conhecer os impactos da ação antrópica nas Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá, localizadas no município de São Pedro do Sul-RS. Para a execução do estudo, foram utilizados dados pré-existentes, pesquisa de campo e técnicas computacionais. Entre as técnicas computacionais, destaca-se o uso do *Spring 4.2* na elaboração do mapa base e mapas temáticos como: clinográfico, áreas de preservação permanente (APP) e uso da terra. O levantamento do uso da terra levou em consideração as imagens dos satélites LANDSAT-7 ETM+ (1999) e CBERS-2 (2005). A partir do cruzamento das APP com o uso da terra percebeu-se que de 1999 para 2005 a área urbana passou de 17,51 para 23,38ha; a área com culturas obteve crescimento, passando de 574,35 para 1.027,07ha; em contrapartida, os campos que ocupavam 500,15ha, apresentaram, em 2005, apenas 120,07ha. As florestas tiveram uma queda menor, passando de 757,54 para 742,22ha. A água, assim como em toda a área de estudo, mostrou uma significativa redução; em 1999, ocupava 74,23ha e em 2005, 11,04ha. Portanto, a área escolhida possui problemas ambientais, em especial na zona urbana, onde se evidenciou a deposição de resíduos em locais inapropriados, a localização de residências em áreas de risco, além do esgoto lançado em córregos que permeiam a cidade. Esses problemas interferem na qualidade de vida da população e também na qualidade da água superficial e subterrânea das microbacias. Sugere-se que haja uma maior preocupação em gerenciar de modo sustentável os recursos naturais da área, em especial os recursos hídricos, evitando maiores danos ao ambiente.

**Palavras-chave:** geotecnologias, impacto ambiental, bacia hidrográfica, recursos naturais.

## **ABSTRACT**

Dissertation of Master's Degree  
Program of Masters Degree in Geomatics  
Universidade Federal Santa Maria

### **GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO THE ENVIRONMENTAL AREA: I STUDY OF CASE IN THE HIDROGRAFIC BASINS OF INHAMANDÁ AND TAQUARA STREAMS IN THE MUNICIPAL DISTRICT OF SÃO PEDRO DO SUL – RIO GRANDE DO SUL STATE**

Author: Sonia Mari Fogiato

Advisor: Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira

Date and place of defense: Santa Maria, October, 16 of 2006.

The environmental degradation, through the incorrect and indiscriminate natural resources use, is demanding a deep revision of the relationship between man and nature. In the last times the development of the farming and the intense urbanization provoked serious unbalances to the nature elements with its physiochemical and biological properties alterations. Considering that problem, this present research has as objective applies geotechnologies to the environmental area, seeking to know the impacts of the antropic action in the Taquara and Inhamandá stream catchments, located in the Municipal District of São Pedro do Sul – Rio Grande do Sul State. They were used pre existent data, field research and computational techniques for the execution of the study. Among the computational techniques, it stands out the use of Spring 4.2 Software in the elaboration of the base map and thematic maps as: clinographic, permanent preservation areas (PPA) and earth use. The earth use rising took into account the LANDSAT-7 ETM+ (1999) and CBERS-2 (2005) satellites images. Starting from the crossing of PPA with the earth use was noticed that of 1999 to 2005 the urban area passed from 17.51 to 23.38ha; the area with cultures obtained growth, passing from 574.35 to 1,027.07ha; in compensation, the fields that were occupied 500.15ha, they presented, in 2005, only 120.07ha. The forests had a smaller fall, passing from 757.54 to 742.22ha. The water, as well as in the whole study area, it showed a significant reduction; in 1999, it occupied 74.23ha and in 2005, 11.04ha. Therefore, the chosen area possesses environmental problems, especially in the urban district, where the deposition of residues was evidenced in inadequate places, and the location of residences in risk areas, besides the sewer thrown at the two streams that permeate the city. Those problems interfere in the population's life quality and also in the surface and underground water quality in the micro basins. Its suggests that must have a larger concern in managing in a maintainable way the natural resources of the area, especially the hydrics resources, avoiding larger environmental damages.

**Keywords:** Geotechnologies, environmental impact, hydrographic basin, natural resources.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área em estudo .....	6
Figura 2 - Afluente da Sanga da Taquara, receptor de esgoto.....	11
Figura 3 - Arquitetura de SIG .....	19
Figura 4 - Captação e registro da REM pelo sensor .....	21
Figura 5 - Interação da REM com o objeto.....	22
Figura 6 - Curvas típicas de reflectância espectral para água, solo e vegetação.....	24
Figura 7 - Fluxograma das fases de desenvolvimento da pesquisa.....	27
Figura 8 - Fases para elaboração do mapa base.....	28
Figura 9 - Mapa base da área em estudo .....	30
Figura 10 - Mapa das áreas de preservação permanente.....	34
Figura 11 - Mapa clinográfico da área em estudo .....	40
Figura 12 - Mapa de uso da terra - 1999.....	42
Figura 13 - Mapa de uso da terra - 2005.....	44
Figura 14 - Moradia precária na margem do Arroio Inhamandá.....	45
Figura 15 - Visão lateral da moradia (acúmulo de lixo) .....	46
Figura 16 - Integração dos dados: uso da terra (1999) X APP.....	48
Figura 17 - Integração dos dados: uso da terra (2005) X APP.....	49
Figura 18 - Curso d'água com as margens desmatadas em função da rizicultura ....	51



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais culturas encontradas no município de São Pedro do Sul .....	8
Tabela 2 - População do município de São Pedro do Sul .....	10
Tabela 3 - Alterações físico-químicas decorrentes da ação antrópica no ambiente..	14
Tabela 4 - Distribuição das classes de declividade na área em estudo .....	38
Tabela 5 - Uso da terra nas Microbacias em estudo (1999/2005).....	43
Tabela 6 - Integração dos dados: uso da terra (1999/2005) X APP .....	50

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Localização da área em estudo .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. O município de São Pedro do Sul .....</b>	<b>7</b>
2.2.1. Aspectos históricos .....	7
2.2.2. Aspectos econômicos .....	7
2.2.3. Aspectos físicos .....	8
2.2.4. A zona urbana de São Pedro do Sul .....	10
<b>3. REVISÃO DE MATRIZES TEÓRICAS .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Os estudos sobre o meio ambiente .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. A legislação ambiental .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3. Bacias hidrográficas.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4. Geoprocessamento e sistema de informações geográficas (SIG) .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5. Sensoriamento remoto.....</b>	<b>21</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1. Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>26</b>
4.1.1. Materiais utilizados.....	27
4.1.2. Mapa base .....	28
4.1.3. Mapa clinográfico .....	31
4.1.4. Mapa de áreas de preservação permanente.....	32
4.1.5. Mapa de uso da terra .....	35
4.1.6. Mapas de conflito de uso da terra x APP .....	36
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1. Mapa clinográfico .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2. Mapas de uso da terra .....</b>	<b>41</b>
<b>5.3. Uso da terra X APP .....</b>	<b>46</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>52</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS .....</b>	<b>55</b>

### 1. INTRODUÇÃO

As relações entre o homem e a natureza são tão antigas quanto a sua própria existência. As características envolvidas nessas relações foram modificadas com o passar do tempo e impostas sobretudo pelo processo de desenvolvimento econômico.

A partir do modo de produção capitalista o meio natural foi notoriamente mais explorado e transformado pelo homem, que buscava estabelecer melhores condições de vida, alimentação, moradia e, principalmente, a obtenção de lucros.

O homem, procurando minimizar custos e maximizar benefícios, ocupou o espaço geográfico irracionalmente. Através da intensificação dos processos de industrialização, urbanização e agricultura avançada, alterou de maneira irreversível o cenário da Terra. Juntamente com o desmatamento, a ocupação de áreas de risco, desenvolveu processos erosivos no solo, e contribuiu para a deterioração dos recursos naturais e o comprometimento das reservas de água.

Nesse sentido, a busca pelo equilíbrio entre o crescimento socioeconômico e a conservação ambiental tornou clara a necessidade do aproveitamento dos recursos naturais. Quanto a ocupação do espaço, esta deve acontecer de maneira planejada e integrada, dentro dos limites conservacionistas do meio.

A partir da Primeira Conferência Mundial do Meio Ambiente (Estocolmo, 1972) as discussões sobre a questão ambiental alcançaram novas proporções, enfatizando a necessidade de mudança na atitude e no estilo de desenvolvimento em benefício da humanidade. Essas discussões foram reforçadas na ECO/92 (Brasil), ressaltando

o desenvolvimento sustentável, onde a proteção do meio ambiente precisa se constituir em um elemento integrante do processo de desenvolvimento, não devendo ser, portanto, considerada de forma isolada.

O uso sustentável dos recursos naturais tem suscitado grande preocupação, pois esses são considerados como base do desenvolvimento da sociedade moderna. Muitos são os desafios para solucionar os problemas decorrentes da degradação ambiental. A complexidade do gerenciamento e planejamento ambiental cresce devido à diminuição da disponibilidade de recursos como água e solo, e principalmente, com a percepção inadequada da sociedade para com os recursos naturais.

Assim, para ocorrer o desenvolvimento correto das atividades humanas o conhecimento dos recursos naturais (solos, clima, vegetação, relevo) e das características socioeconômicas (população, produção, uso atual) torna-se indispensável. Permite avaliar o potencial de uso das terras necessário à identificação das áreas passíveis de utilização e as áreas que devem ser preservadas.

Diante dessa necessidade, os estudos referentes aos impactos causados pela ação antrópica proporcionam uma avaliação qualitativa e quantitativa da forma como se processam. Visam minimizar os danos ambientais e garantir um ecossistema equilibrado com o desenvolvimento eficaz e sustentável nas suas diversas fases.

Deste modo, os problemas ambientais começam a ser considerados na escala da bacia hidrográfica ou ainda a nível municipal. Sendo assim, muitos pesquisadores chamam a atenção para a bacia hidrográfica como unidade de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação (Botelho, 1999).

O planejamento de uma bacia hidrográfica é primordial em uma sociedade que faz uso crescente de seus recursos naturais. A bacia hidrográfica tende a ser ocupada de forma desordenada, inclusive avançando sobre áreas de preservação ou impróprias para o uso.

Segundo Browner (1996) o planejamento em nível de bacia hidrográfica permite concentrar esforços na resolução de problemas prioritários em uma área geograficamente definida pela sua rede hidrográfica, tomando em consideração os fluxos de água superficial e em profundidade.

Atualmente, a questão ambiental é alvo de constantes preocupações, em especial no que se refere às políticas e ações desenvolvidas nos países do mundo inteiro. Conseqüentemente, deve ser analisada com eficiência e rapidez. Para tanto, a ciência busca, através de metodologias específicas, indicar algumas formas para que o poder público possa interferir na racionalidade do processo, maximizando o aproveitamento dos recursos sem, no entanto, comprometer a sobrevivência da humanidade.

As ciências que tratam da interação homem-natureza podem se valer de seus campos de conhecimento para realizar pesquisas sobre o desenvolvimento socioeconômico e a utilização correta dos recursos naturais, visando o planejamento ambiental. Essas práticas buscam recuperar o meio físico, controlar problemas ambientais e planejar as intervenções humanas, levando em consideração a fragilidade de cada ambiente.

Nesta perspectiva, deve-se incluir a análise dos diferentes componentes do meio ambiente, incluindo o meio físico, a ocupação humana e suas inter-relações. Desse modo, podem-se interligar estudos ambientais com tecnologias como sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG).

Diagnósticos ambientais, ordenamento territorial e avaliação de impactos ambientais podem ser estudados e compreendidos por geotecnologias, desde que haja uma visão interdisciplinar da questão ambiental com a questão social.

Devido à complexidade e a dimensão dos procedimentos envolvidos neste tipo de estudo é muito importante a aplicação de técnicas de geoprocessamento com um sistema de informações geográficas. O SIG reúne aplicativos que permite coletar, armazenar, recuperar, transformar, inferir e representar visualmente dados espaciais e também estatísticos ou textuais a ele relacionado, a partir de uma base de dados georreferenciados.

Com base nos dados disponíveis o processo de planejamento é facilitado, uma vez que tais dados podem ser sobrepostos, comparados e avaliados de maneira rápida e sistêmica. Por meio da determinação de áreas homogêneas, classificadas de acordo com suas características singulares, é possível realizar ações que previnam a degradação como também ações voltadas para a recuperação do meio ambiente.

Na perspectiva de contribuir com estudos desta natureza, o presente trabalho tem como objetivo geral aplicar geotecnologias no estudo dos impactos causados

pela ação antrópica nas áreas de preservação permanente das Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá, localizadas no município de São Pedro do Sul.

Como objetivos específicos, estabeleceram-se:

- Identificar, conforme a legislação ambiental, as áreas de preservação permanente;
- Classificar o uso e ocupação da terra nas microbacias hidrográficas;
- Verificar a dinâmica de uso e ocupação da terra entre 1999 e 2005;
- Identificar os impactos causados pela ação antrópica nas áreas de preservação permanente entre 1999 e 2005.

Partindo deste pressuposto, o trabalho está estruturado em seis capítulos, que no âmbito geral expõem os seguintes tópicos:

O primeiro capítulo traz a introdução, apresentando uma breve discussão sobre a problemática, bem como o objetivo geral e os objetivos específicos.

O segundo capítulo apresenta a localização geográfica e a caracterização geral da área em estudo, enfatizando os aspectos históricos, econômicos e físicos.

O terceiro capítulo expõe a revisão bibliográfica sobre os conceitos básicos da pesquisa e assuntos relacionados à compreensão do tema.

O quarto capítulo tem como propósito descrever os procedimentos metodológicos e as técnicas adotadas para o desenvolvimento da pesquisa.

O quinto capítulo mostra os resultados obtidos, bem como a análise dos mesmos.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as considerações finais, buscando sintetizar os aspectos mais importantes da pesquisa.

## **2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA**

### **2.1. Localização da área em estudo**

A figura 1 mostra que o recorte espacial escolhido para o desenvolvimento da pesquisa compreende as Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá, que possuem uma área de 17.349,37ha, dos quais 1.500 pertencem à zona urbana. Esta área localiza-se na porção meridional do município de São Pedro do Sul, entre as coordenadas geográficas de 29°33'49,7" a 29°42'11,1" de Latitude Sul e, 54°07'0,5" a 54°18'28,6" de Longitude Oeste, fazendo parte da Depressão Central.

A zona urbana desse município encontra-se inserida no divisor de águas dessas duas microbacias, justificando assim, a importância dos estudos de impacto ambiental. Atualmente, a zona urbana está dividida em 3 bairros, 1 loteamento e 8 vilas: Maturino Bello, Riveira e Nova Alemanha (Bairros); Paulo Tietze (loteamento); Gaúcha, Linhares, Oliveira, Progresso, Santo Antonio, Schmidt, Santa Luzia e Trevo (vilas).

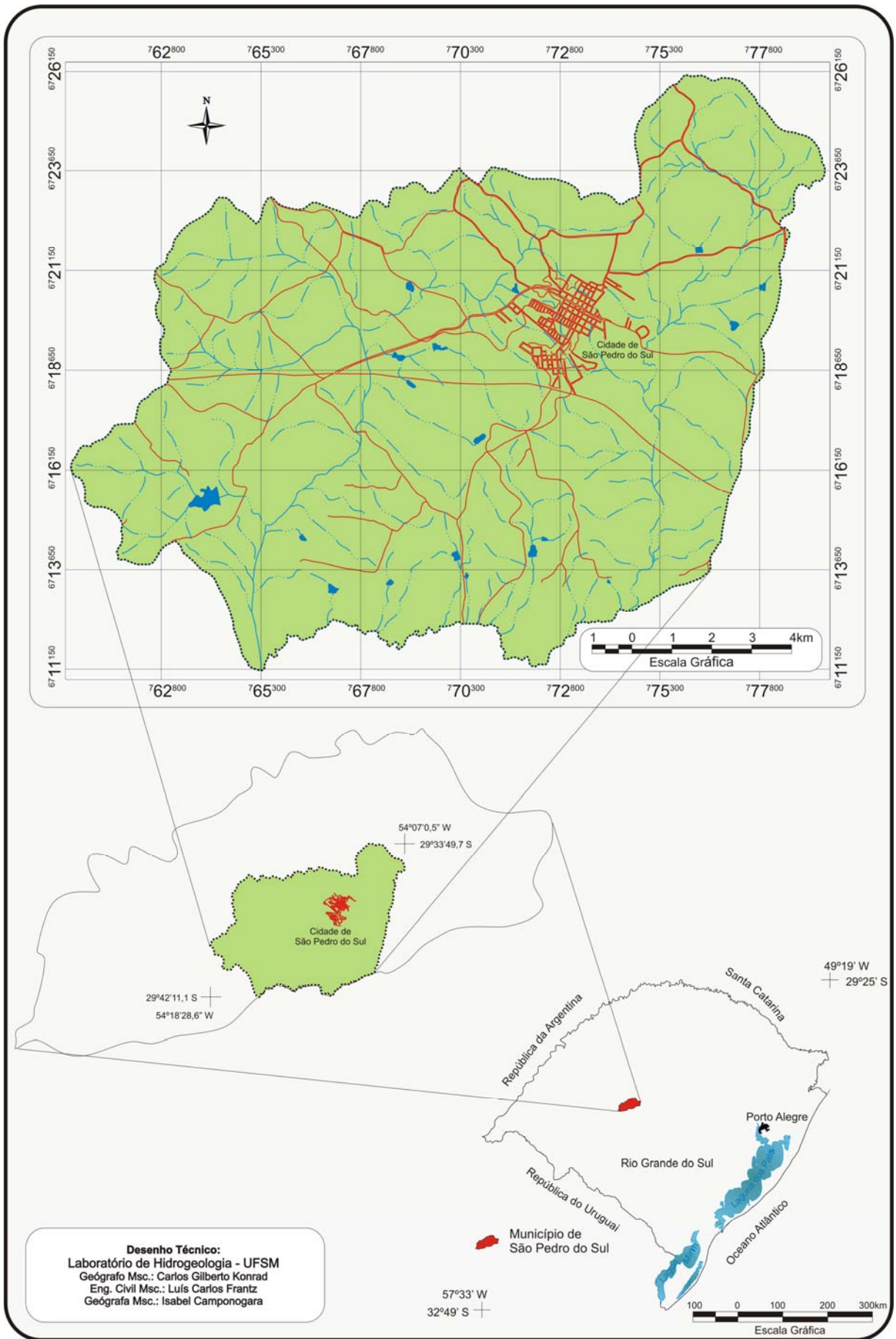


Figura 1 - Localização da área em estudo



## **2.2. O município de São Pedro do Sul**

### **2.2.1. Aspectos históricos**

Em 1687, o território de São Pedro do Sul, que até então era sede da antiga redução de São Miguel, foi escolhido para sediar um importante posto da grande Estância de São Pedro. O local escolhido foi o Cerro da Ermida, por sua posição privilegiada e estratégica (Leal, 1996).

Mais tarde, em 1801, a região das Missões foi conquistada e Manuel dos Santos Pedroso, um dos conquistadores, recebeu de presente a Estância de São Pedro, na parte meridional do atual município como recompensa aos valiosos serviços prestados à Coroa Portuguesa.

No ano de 1858, Santa Maria passou a município e, em 1861, foi criado o 3º Distrito de Santa Maria. Com sede na antiga Estância de São Pedro, o 3º Distrito passou a se chamar Rincão de São Pedro.

Segundo Leal (1996), a partir de 1875, vieram os primeiros colonos alemães, aos quais o Governo Provincial concedeu lotes (mediante pagamento) na parte coberta por florestas. Provavelmente, a partir de 1900, teve início a colonização italiana.

Em 1925, foi enviado ao Dr. Borges de Medeiros um memorando contendo 833 assinaturas dos habitantes dessa área, solicitando a emancipação. Somente em 22 de março de 1926, através do Decreto Estadual nº 3624, o 3º Distrito e parte do 6º Distrito de Santa Maria passaram a constituir o Município de São Pedro. Mais tarde, 29 de dezembro de 1944, pelo Decreto Estadual nº 720, o Município passou a denominar-se São Pedro do Sul (Leal, 1996).

### **2.2.2. Aspectos econômicos**

De um modo geral, o município de São Pedro do Sul tem sua economia baseada no setor primário, através da agricultura e da pecuária de corte e de leite. O cultivo de arroz, destinado ao mercado nacional, é o mais expressivo, sendo a base da economia local. As culturas de feijão e milho são destinadas ao consumo próprio,

sendo comercializado apenas o excedente. A pecuária está voltada ao mercado regional.

Conforme pode ser visualizado na tabela 1, a produção primária (arroz e soja) do município sofreu uma grande queda durante a década de 90, devido a emancipação do Distrito de Toropi. A cultura do milho também apresentou oscilações ao longo dos anos, tendo a menor produção no ano de 2004 e 2005.

Tabela 1 - Principais culturas encontradas no município de São Pedro do Sul

Produto	Quantidade produzida (Toneladas)						
	1991	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Arroz	25.000	16.500	16.500	22.083	18.469	23.200	24.000
Milho	5.600	6.290	9.600	6.240	8.400	1.980	3.150
Soja	9.350	1.050	1.470	1.700	2.625	3.120	3.600

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal  
Organização: Sonia Mari Fogiato

No setor secundário é possível citar a existência de fábricas de esquadrias de ferro e madeira, engenhos de beneficiamento de arroz e fábricas de calçados, que empregam mão-de-obra familiar, com pouca ou nenhuma qualificação.

O setor terciário restringe-se a atender as necessidades da população residente no interior e na sede do Município e em localidades vizinhas, que se utilizam do comércio, dos serviços bancários e dos profissionais liberais.

Neste sentido, os setores secundário e terciário se desenvolvem na cidade dentro das medidas estabelecidas pelo setor primário, ou seja, as atividades industriais e comerciais estão voltadas somente para satisfazer as necessidades de produtos e serviços em nível local.

### 2.2.3. Aspectos físicos

Segundo a FIBGE, o município apresenta uma área total de 873,59 Km<sup>2</sup> e está localizado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, na faixa de transição entre o Planalto Meridional Brasileiro e a Depressão Central.

Desta forma, ao norte do município encontra-se o Rebordo do Planalto, configurando uma região serrana, modelada por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, com desníveis acentuados, apresentando as maiores altitudes, com pontos de até 400 metros. Em relação aos solos, é possível mencionar que nessa

área aparecem os Litólicos Eutróficos, os Distróficos e Cambissolos Eutróficos (caracterizados pelas irregularidades altimétricas). Também ocorrem as associações de solos mediamente profundos, originários de rochas derivadas de sucessivos derrames vulcânicos. Além disso, ressalta-se a presença da Formação Botucatu bordejando a Formação Serra Geral (Reetz, 1999).

Em contrapartida, a porção centro-sul do município apresenta um relevo suavemente ondulado, sem grandes variações altimétricas. Assim, predominam as amplas e alongadas formas de topos convexos ou planos conhecidas regionalmente por coxilhas. Nesta área encontram-se solos profundos, Podzólicos e secundariamente os brunizém; ocorrem ainda os Planossolos nos terraços e planícies fluviais, e os Planossolos Eutróficos, derivados de sedimentos aluviais e depositados ao longo dos cursos d'água (Brutti, 2002).

Em relação à hidrografia do município, destacam-se os rios Toropi e Ibicuí-Mirim, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, apresentando um elevado número de arroios e sangas, entre elas: o Arroio Inhamandá e a Sanga da Taquara. Quanto ao padrão de drenagem, destaca-se o padrão dentrítico, em função de sua estrutura geológica e geomorfológica, os rios caracterizam-se por apresentarem vales amplos e canais de escoamento pouco profundos (Raffaelli, 2000 apud Justos, 1990).

No que se refere à cobertura vegetal do município, merece destaque a Floresta Subcaducifólia Subtropical, que apesar de apresentar certa exuberância, não alcança grande porte; também aparecem as Florestas Ciliares ou Mata Galeria, que acompanham os cursos d'água. Os campos naturais, denominados regionalmente de Campos Finos da Campanha são característicos, ocorrendo nos demais municípios vizinhos (Rambo, 1994).

O clima de São Pedro do Sul pode ser caracterizado como mesotérmico úmido, que conforme a classificação de Köppen apud Ayoad (1986) apresenta temperatura média anual de 19°C, podendo oscilar entre 40°C (máxiam no verão) e -2°C (mínima no inverno). Esta classificação ainda considera o clima local como Cfa<sup>1</sup>, que apresenta chuvas durante todos os meses do ano, sem estações secas; os índices

---

<sup>1</sup> C-temperatura média dos meses mais frios entre 3°C e 18°C, e o mês mais quente superior a 10°C; f-nenhuma estação seca, úmido o ano inteiro; a-verão quente com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

pluviométricos anuais variam entre 1500mm a 1600mm. Os ventos predominantes são de leste e sudoeste (EMATER, 1994).

#### 2.2.4. A zona urbana de São Pedro do Sul

A mobilidade espacial da população do município de São Pedro do Sul não é diferente da situação dos pequenos municípios brasileiros no que se refere aos índices de crescimento e distribuição urbana e rural.

Nas últimas décadas, a população total do município tem apresentado um constante decréscimo; em contrapartida, verifica-se que a população urbana vem demonstrando um relativo crescimento conforme pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 - População do município de São Pedro do Sul

<b>Ano</b>	<b>Pop. Urbana(hab.)</b>	<b>Pop. Rural(hab.)</b>	<b>Total</b>
1970	6.019	15.796	21.815
1980	7.865	13.127	20.992
1991	9.939	10.442	20.381
2000	11.831	5.158	16.989

Fonte: FIBGE

Organização: Sonia Mari Fogiato

Os principais motivos que levaram à diminuição da população foram o êxodo rural e a emancipação político-administrativa do Distrito de Toropi, no ano de 1996. Com base no que foi exposto, percebe-se que a população urbana praticamente dobrou em 30 anos e a população rural apresentou uma redução de 32,6%.

O crescimento da população urbana e conseqüente falta de ampliação na infraestrutura fez com que problemas urbanos surgissem nesta cidade. O abastecimento de água é realizado pela Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan) através de cinco poços artesianos localizados na área urbana; a água é tratada durante a coleta com substâncias de desinfecção e, posteriormente, é distribuída aos domicílios, sendo o excesso armazenado em dois reservatórios.

Em alguns pontos da cidade a rede é antiga, possuindo mais de 20 anos. Atualmente, este fato está acarretando problemas, pois necessita de constantes reparos e traz transtorno para a população, devido à falta de água temporária. O

abastecimento de água também é proveniente de poços artesianos particulares, construídos nas residências.

Segundo a Prefeitura Municipal, com o aumento da população urbana, o problema que mais se agravou está relacionado ao saneamento básico, especialmente a rede de esgoto. De acordo com o engenheiro responsável<sup>1</sup>, a prefeitura municipal não possui dados a este respeito.

A canalização do esgoto pluvial é realizada pela Corsan; o esgoto domiciliar não passa por nenhum tipo de tratamento e na maioria dos casos, está ligado ao esgoto pluvial que é depositado nas sangas próximas à sede, como a Sanga da Taquara. Em outros casos, o esgoto é liberado a céu aberto, tendo também como destino final os córregos e sangas que passam pela cidade; em alguns domicílios existe a fossa séptica (poço negro).

Abaixo, através da figura 2, é possível visualizar um dos córregos que passa dentro da cidade e que recebe praticamente todo o esgoto da parte oeste. Em relação à coleta de lixo, a mesma é feita diariamente por uma empresa particular (PRT – Prestação de Serviços e Limpeza Ltda) contratada pela Prefeitura.



Figura 2 - Afluente da Sanga da Taquara, receptor de esgoto  
Fonte: Trabalho de campo – Maio/2006

---

<sup>1</sup> Jonathan Beltrame – Engenheiro Civil

### **3. REVISÃO DE MATRIZES TEÓRICAS**

Neste capítulo, desenvolve-se uma revisão das matrizes teóricas considerando os estudos sobre o meio ambiente, a legislação ambiental, a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, além dos conceitos relacionados às geotecnologias.

#### **3.1. Os estudos sobre o meio ambiente**

Considerando o homem como parte integrante da natureza e que a humanidade necessita dos recursos naturais (ar, água, terra, vegetais e animais) para sobreviver, obrigatoriamente todas as atividades humanas estão relacionadas com o ambiente (natural). Por isso, as questões ambientais constituem campos de interesse de diversas ciências.

A ação do homem no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço terrestre requer cada vez mais uma visão ampla sobre as necessidades da população. Essa visão, juntamente com o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais no ambiente, permite racionalmente conciliar a necessidade crescente com recursos limitados.

Deste modo, é preciso determinar o aproveitamento com base na pesquisa e planejamento adequados. Sabe-se que todo ecossistema tem suas características próprias, as quais o tornam mais ou menos conveniente para um determinado aproveitamento.

Assim, projetos com múltiplas finalidades tendem a ser desenvolvidos. Tais projetos podem fornecer indicativos concretos para a condução racional do uso e manejo de recursos naturais renováveis com vistas à sua preservação.

Segundo Beltrame (1994) o planejamento do uso dos recursos naturais torna-se cada vez mais urgente. O levantamento dos integrantes do meio físico e o diagnóstico dos mesmos exigem metodologias de trabalho que permitam uma visão global e integrada de determinada realidade.

Em outras palavras, o ser humano constrói seu habitat quando se organiza em termos de habitação, educação, saúde, saneamento, energia, comunicação, produção e lazer. O território possui características físicas, biológicas e antrópicas, as quais são afetadas, em maior ou menor escala, pelos equipamentos que nele são introduzidos: casas, fábricas, usinas, escolas, cidades, pólos industriais, sistemas de saneamento e outros. E é através dessas características e singularidades que o território transformado responderá ao ser humano.

De acordo com Collares (2000) as mudanças decorrentes dessas respostas são chamadas de alterações ambientais, as consideradas mais significativas são denominadas impactos. Esse autor ainda inclui no conceito de impacto ambiental um fator de julgamento, qualificando-o em positivo ou negativo.

O impacto positivo resulta de uma melhoria da qualidade de uma característica ambiental, ou seja, ocorre quando as atividades humanas instaladas são compatíveis com a estrutura biofísica e com a capacidade de troca de energia do ambiente. O impacto negativo resulta de um dano à qualidade de uma variável ambiental, isto é, ocorre quando as necessidades humanas atendidas através da implantação dos equipamentos que formam o seu habitat preferencial interferem negativamente sobre os fundamentos vitais da estrutura biofísica do ambiente.

Dentre as atividades que podem provocar alterações no ambiente, pode-se citar como mais importantes àquelas advindas da agropecuária, da urbanização e da industrialização. A partir da tabela abaixo é possível perceber os principais elementos alterados pelas atividades mencionadas anteriormente.

Tabela 3 - Alterações físico-químicas decorrentes da ação antrópica no ambiente

Atividade	Alterações físicas				Alterações químicas		
	Relevo	Cobertura vegetal	Solo	Desnidade de drenagem	Ar	Solo	Água
Urbanização	X	X	X	X	X	X	X
Agropecuária	X	X	X	X		X	X
Indústria	X				X	X	X
Turismo	X	X	X				

Fonte: FAO, 1995 (Adaptado)

Organização: Sonia Mari Fogiato

Neste sentido, Moreira (2002 apud CONAMA Resolução 001/86, Art. 1º) define o conceito de impacto ambiental como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente. Esta alteração pode ser causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.

Portanto, há a necessidade de se conhecer a cobertura vegetal e o tipo de uso da terra para se estabelecer as potencialidades e as fragilidades do meio ambiente. A intervenção humana na paisagem resulta em complexas variações em sua fisiologia, pois o homem apenas apropria-se dos recursos naturais sem importar-se com o cenário futuro espontâneo (Ross, 1995).

Para Orellana (1981) a cultura da sociedade, o modo de vida, os desejos, a habilidade e o conhecimento adquirido através de gerações, indicam a extensão na qual o meio natural será utilizado, onde essa idéia leva a concepção de organização espacial.

Ao ser colonizado ou ocupado um determinado espaço geográfico, o primeiro elemento da natureza a ser agredido é a vegetação. São desmatadas áreas principalmente para a prática da agricultura, a instalação de casas e a utilização de lenha como fonte de energia.

Além da retirada da cobertura vegetal, outros problemas ocorrem. O solo exposto sofre maior impacto da chuva e a erosão acaba causando muitas mudanças nas características dos rios. O assoreamento, a poluição hídrica, a lixiviação do solo, os deslizamentos de terra, as cheias, a contaminação dos lençóis freáticos, são alguns exemplos decorrentes da retirada da vegetação. Ao se caracterizar os



processos físicos da degradação ambiental, deve-se levar em conta os critérios sociais que relacionam a terra com o seu uso.

Segundo Guerra e Cunha (1999) chuvas concentradas, encostas sem vegetação, agricultura em locais inadequados, práticas inadequadas de deposição de resíduos, são algumas condições que podem acelerar a degradação da paisagem. O desmatamento e as práticas agrícolas, bem como a expansão urbana nas áreas de encostas (ocupação desordenada do espaço) e a industrialização intensificada são exemplos de atividades humanas que desestabilizam essas áreas provocando alterações negativas na paisagem.

### **3.2. A legislação ambiental**

O ponto de partida para a implantação da política ambiental no Brasil ocorreu após a Primeira Conferência das Nações Unidas em Estocolmo (1972), e surgiu devido a pressão exercida por organizações internacionais insatisfeitas com a ausência de políticas e legislação especificamente ambiental no país.

Em 1981, novos rumos foram dados à política ambiental através da Lei Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938), que tinha como propósito preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no país condições de desenvolvimento socioeconômico.

O resultado da promulgação dessa lei foi a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) destinado à formação de diretrizes para a Política Nacional do Meio Ambiente; e a formação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), constituído por órgãos da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios e por fundações instituídas pelo poder público, responsável pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

Outro importante instrumento em defesa do meio ambiente foi instituído em 1985 (Lei 7.347), autorizando a Ação Civil Pública, onde o Ministério Público passou a apresentar-se como curador do meio ambiente e também como autor em ações relacionadas a degradação do meio ambiente. Assim, tornou-se um aliado do cidadão comum preocupado com as questões ambientais.

Em 1988, a Constituição Federal dedicou um capítulo às questões relativas ao meio ambiente. Fez referência explícita ao direito coletivo a um meio ambiente protegido, atribuindo responsabilidade administrativa, civil ou criminal em relação

aos danos a ele causados. De lá até os dias atuais ocorreram várias mudanças administrativas nos organismos responsáveis por ditar as regras relacionadas ao meio ambiente, provocadas pelos diferentes governos.

Em 1989, extinguiu-se a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) e criou-se a Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (Lei 7.735). Em 1990, foi criada a Secretaria Nacional do Meio Ambiente, alterando as estruturas e atribuições do SISNAMA e do CONAMA (Decreto 99.274). Em 1992, o governo de Itamar Franco elevou a Secretaria Nacional do Meio Ambiente à categoria de Ministério do Meio Ambiente, e em 1993, à Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Em 1995, o presidente Fernando Henrique Cardoso o transformou em Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

Em 1997, a respeito de medidas que preconizassem o planejamento ambiental, foi sancionada a Política Nacional dos Recursos Hídricos, tendo como princípios a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, usos múltiplos da água, reconhecimento da água como bem finito e vulnerável, entre outros.

Em 1998, a legislação ambiental foi reforçada com a promulgação da Lei dos Crimes Ambientais (Lei 9.605), onde os princípios assegurados pela Constituição Federal passaram a ser disciplinados e regulamentados. A lei trata das condutas e atividades consideradas prejudiciais ao meio ambiente, que passam a ser punidas civil, administrativa e criminalmente, obrigando o autor da conduta a promover a recuperação do dano e a responder com o pagamento de multa, prestação pecuniária e processo criminal.

### **3.3. Bacias hidrográficas**

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão e planejamento ambiental é uma realidade em muitos países e vem ganhando força no Brasil, principalmente a partir da Lei 9.433, de 1997. Esta lei instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, estipulando uma atuação descentralizada e participativa nos processos de gestão.

A nova legislação prevê a criação de comitês e agências de bacias e a participação de organizações civis no planejamento ambiental e na elaboração de planos diretores para as bacias hidrográficas. Profissionais ligados às geociências

devem ter participação efetiva neste âmbito, para o estabelecimento de diagnósticos ambientais e proposição de medidas corretivas.

O conhecimento das características do meio físico é fundamental para o entendimento dos fenômenos naturais, que podem ser deflagrados, induzidos ou acelerados pela intervenção humana. Neste contexto, a utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo em planejamento ganha importância, uma vez que segundo Guerra e Cunha (1999) essas possuem uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas.

Lanna (1995) propõe a adoção da unidade territorial “bacia hidrográfica” como uma das alternativas para o planejamento e gerenciamento ambiental, destacando algumas vantagens e desvantagens. Dentre as vantagens, argumenta que a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica pode ser capaz de indicar relações de causa e efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico. Dentre as desvantagens, argumenta que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia.

Botelho (1999) ainda complementa argumentando que, tendo sua delimitação baseada em critérios geomorfológicos (delimitada sobre uma base cartográfica que contenha cotas altimétricas) a bacia hidrográfica leva vantagem sobre unidades de planejamento definidas por outros atributos, cujos traçados dos limites podem ser bastante imprecisos. Por exemplo, as unidades definidas por atributos climáticos, ou, ainda, baseadas nos tipos de vegetação, que pode não cobrir a paisagem de forma contínua.

Com o uso da bacia hidrográfica como unidade de estudo, os processos de erosão e/ou conservação podem ser vistos, não de forma isolada, mas fazendo parte de um sistema. A utilização de bacias hidrográficas pode ajudar a colocar em foco muitos problemas e conflitos ambientais cuja resolução necessite de uma abordagem integrada (Bassi, 1990).

Neste sentido, Tucci (1993) salienta que a ação do homem, no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço da Terra, requer cada vez mais uma visão ampla. Deve considerar as necessidades da população, os recursos terrestres e aquáticos disponíveis e o comportamento dos processos naturais na bacia hidrográfica, para racionalmente compatibilizar necessidades crescentes com recursos limitados.

### 3.4. Geoprocessamento e sistema de informações geográficas (SIG)

O geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos. Neste sentido, tem como objetivo principal fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos.

Segundo Câmara e Medeiros (1998) o geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas e, tem influenciado de maneira crescente as áreas da Cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional.

Nos países de grande dimensão e com carência de informações adequadas para tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, o geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento é adquirido localmente.

Os instrumentos computacionais do geoprocessamento, chamados de sistemas de informações geográficas (SIG), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. O SIG torna possível ainda a automatização da produção de documentos cartográficos.

Segundo Moreira (2003) pode-se dizer que um SIG é composto de cinco componentes independentes, porém interligados uns aos outros através de funções específicas. De acordo com a figura 3, os componentes do SIG são:

- interface: conjunto de funções que servem como suporte de entrada e integração de dados;
- entrada e integração de dados: a entrada refere-se a todos os aspectos de aquisição de dados espaciais; a integração de dados refere-se a conversão de formato e identificação do local do objeto nos dados originais, de maneira sistemática;
- consulta e análise espacial: possibilita a manipulação do conjunto de dados, para gerar novas informações;

- visualização e plotagem: serve para visualizar e plotar os dados, sejam espaciais ou alfanuméricos;

- bancos de dados geográficos: é um conjunto de arquivos estruturados, de forma a facilitar o acesso a algumas informações que descrevem determinadas entidades do mundo real.

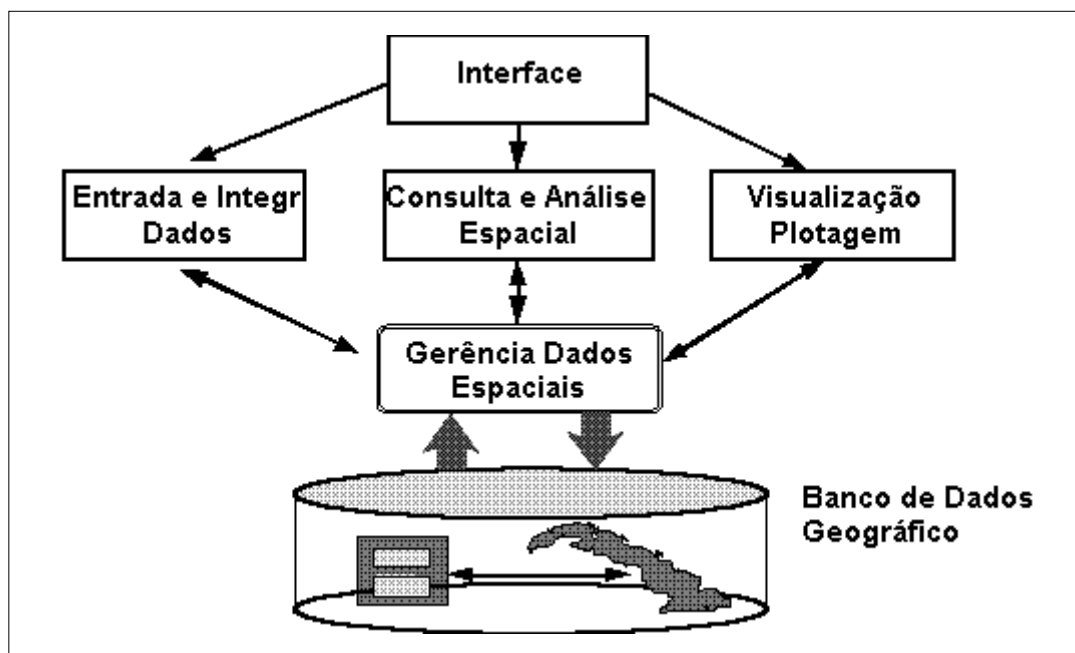


Figura 3 - Arquitetura de SIG

Fonte: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 1998

De acordo com Câmara e Medeiros (1998) o SIG corresponde a um sistema que efetua tratamento computacional de dados geográficos. Os dados tratados em geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados.

Assim, é possível indicar como características principais do SIG: a integração, numa única base de dados, das informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terrenos. O SIG também oferta mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Do ponto de vista da aplicação, utilizar um SIG implica em escolher as representações computacionais mais adequadas para capturar a semântica de seu domínio de aplicação. Do ponto de vista da tecnologia, desenvolver um SIG significa oferecer o conjunto mais amplo possível de estruturas de dados e algoritmos capazes de representar a grande diversidade de concepções do espaço (Câmara e Medeiros, 2001).

Devido a sua ampla gama de aplicações, onde estão incluídos temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias, há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG: como ferramenta para produção de mapas; como suporte para análise espacial de fenômenos ou como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

Podem ser citados como principais dados utilizados em um SIG: mapas temáticos, mapas cadastrais, redes, imagens de sensoriamento remoto e modelos numéricos de terreno (MNT).

Os mapas temáticos descrevem, de forma qualitativa, a distribuição espacial de uma grandeza geográfica. Os mapas cadastrais consideram cada elemento como objeto geográfico, possuindo atributos e podendo estar associado a várias representações gráficas. Quanto à rede, esse conceito está associado a informações de serviço de utilidade pública (água, luz, telefone), redes de drenagem e rodovias. No modelo numérico do terreno existe a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço (comumente são usados para gerar mapas topográficos, projetos de estradas e barragens).

Finalmente, as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenados como matrizes, cada elemento de imagem (pixel) tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente. Pela natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos estão contidos na imagem, sendo necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizá-las.

Além dos tipos de dados citados acima, merecem destaque os tipos de representação computacional dos mapas. Existem duas grandes classes: as vetoriais e as matriciais.

As representações vetoriais consideram três elementos gráficos: ponto, linha e área. A topologia define as relações invariantes da rotação, translação e escala

entre as entidades gráficas no mapa, como adjacência, proximidade e pertinência. Um ponto é um par ordenado  $(x, y)$  de coordenadas geográficas. As linhas são um conjunto de pontos conectados. As áreas ou polígonos são representados pela lista de linhas que a compõem.

Nas representações matriciais o espaço é representado como uma matriz  $P(m,n)$  composta de colunas e linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado, e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas. Essa representação supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula é associada a uma porção do terreno.

### 3.5. Sensoriamento remoto

Segundo Novo (1998) sensoriamento remoto pode ser definido como sendo a utilização conjunta de modernos instrumentos (sensores), equipamentos para processamento e transmissão de dados e plataformas (aéreas e espaciais), com o propósito de estudar o ambiente terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética (REM) e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

O sensoriamento remoto permite a aquisição de informações sobre objetos, áreas ou fenômenos pela utilização de sensores, sem que haja contato direto com eles (Figura 4).

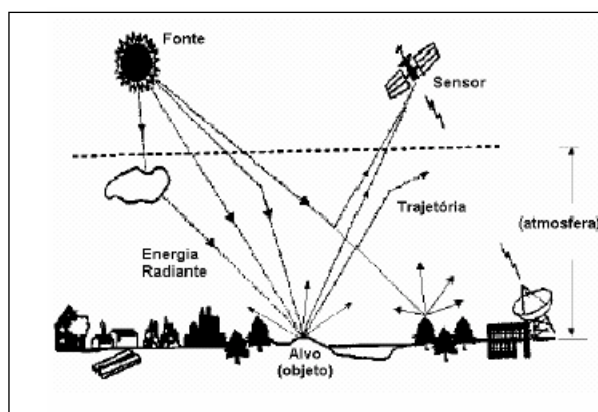


Figura 4 - Captação e registro da REM pelo sensor

Fonte: <http://www.lab.etfto.gov.br/~erikapires/SensoriamentoRemoto>.

Os sensores captam informações resultantes da interação da REM com os objetos e fenômenos da superfície terrestre. Essa energia pode ser refletida, transmitida, absorvida ou emitida pela superfície (Figura 5).

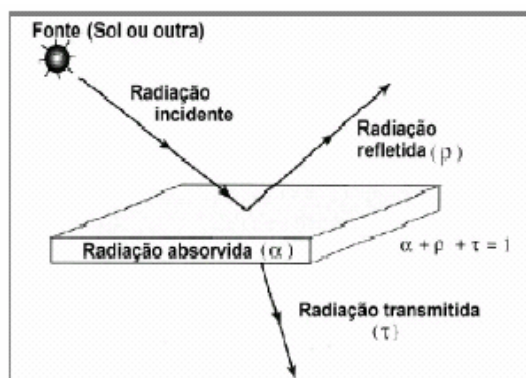


Figura 5 - Interação da REM com o objeto

Fonte: <http://www.lab.etfto.gov.br/~erikapires/SensoriamentoRemoto>.

A partir dessas interações, pode-se derivar informações importantes sobre as características físicas e químicas dos alvos em estudo. A energia captada pelos sensores pode ser oriunda de uma fonte externa ao alvo (sol), interna (energia térmica própria dos alvos) ou ainda proveniente do próprio sensor (Lazzarotto, 2003).

O principal objetivo do sensoriamento remoto, segundo Lazzarotto (2003), é expandir a percepção sensorial do ser humano, seja através da visão sinóptica (panorâmica) proporcional, pela aquisição aérea ou espacial da informação, seja pela possibilidade de se obterem informações em regiões do espectro eletromagnético inacessíveis a visão humana.

Assim, sensoriamento remoto está diretamente ligado à detecção da radiação e medida das características do objeto proveniente da superfície terrestre e a transformação da radiação (energia) proveniente do sol, para posterior transmissão e registro.

O resultado deste processo consiste nas imagens de satélite, que são armazenadas como matrizes, e cada elemento da imagem é denominado pixel. Os objetos geográficos imageados estão contidos na imagem de satélite e, para classificá-los individualmente, é preciso recorrer a técnicas de fotointerpretação ou



de classificação digital. As imagens de satélite, ao serem analisadas e/ou interpretadas, podem ser descritas por certas características importantes, como: resolução espectral e comportamento espectral dos alvos.

De acordo com Lazzarotto (2003), em sensoriamento remoto, o termo resolução pode se desdobrar em quatro diferentes parâmetros: espacial, espectral, radiométrica e temporal.

A resolução espacial é definida pela capacidade do sistema sensor em “enxergar” objetos na superfície terrestre, quanto menor o objeto possível de ser visto, maior a resolução espacial.

A resolução espectral é o conceito inerente às imagens multiespectrais de sensoriamento remoto. É definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda.

A resolução radiométrica é definida como a menor diferença de brilho que um sistema sensor é capaz de perceber. Ela determina se o alvo pode ser visto na imagem, em função de seu contraste com os alvos vizinhos.

A resolução temporal é definida como a frequência com a qual um sistema sensor é capaz de imagear um mesmo alvo. Ela determina o período mínimo a ser aguardado para um novo imageamento de determinado alvo.

O comportamento espectral dos alvos é a resposta espectral da área da superfície terrestre observada por cada sensor. Deve-se saber a forma como o objeto está situado no terreno, o que responde a radiância quando submetido a irradiância solar.

A forma como esse alvo na superfície responde em relação a irradiância, em uma determinada faixa do espectro eletromagnético é chamada Assinatura Espectral, é o que distingue um alvo de outro, possibilitando a identificação na imagem de satélite. A assinatura espectral de alguns componentes da natureza é mostrada a seguir através da figura 6.

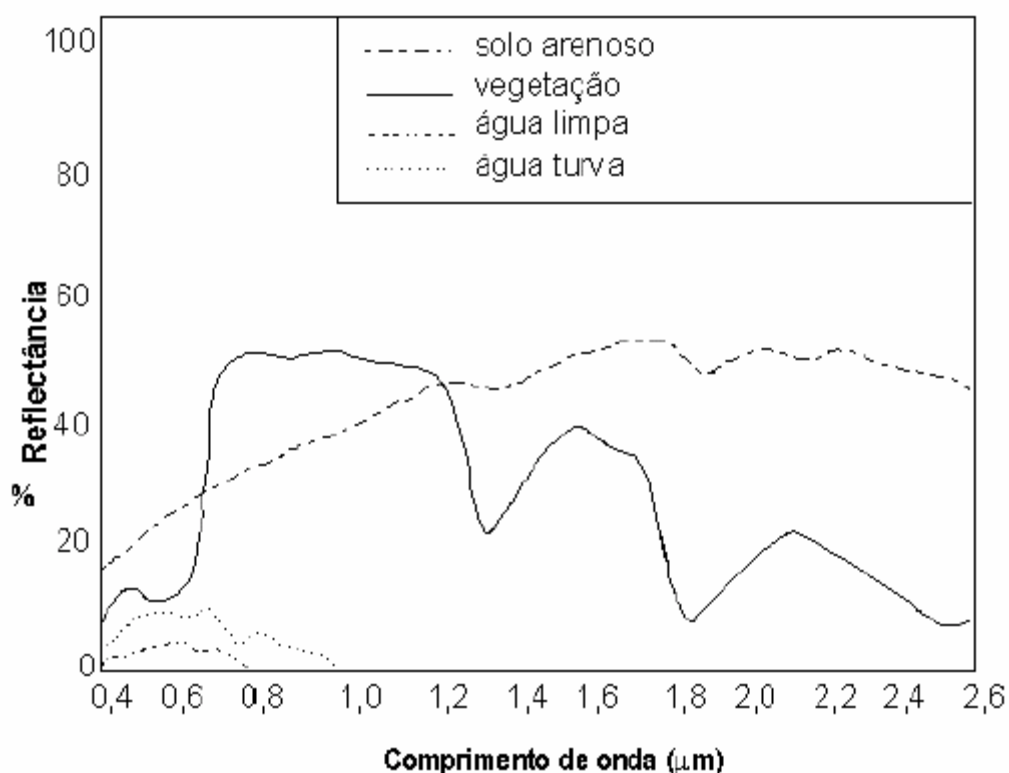


Figura 6 - Curvas típicas de reflectância espectral para água, solo e vegetação  
 Fonte: <[http://geosere.ccr.ufsm.br/files/PDI\\_1\\_intro.pdf](http://geosere.ccr.ufsm.br/files/PDI_1_intro.pdf)> apud Fonseca, L. M. G., INPE, 2000

Cada vez mais aumentam os usuários das imagens de satélite, pois qualquer que seja a atividade, ela de alguma maneira requer o conhecimento do uso da terra em determinada área.

A utilização do sensoriamento remoto vem aumentando no que se refere a técnicas para o planejamento e monitoramento ambiental, pois proporciona um diagnóstico rápido e preciso dos principais usos e ocupações da terra de uma determinada área.

Atualmente o sensoriamento remoto, juntamente com o SIG, está cada vez mais presente através do processamento digital de imagens, como recurso para a realização dos cruzamentos entre diferentes mapas temáticos.

Inúmeras são as vantagens proporcionadas por esta ferramenta, pois obtém-se uma ampla variedade de informações e dados sobre o registro de uso da terra. Pode-se elaborar projetos para o planejamento e monitoramento ambiental, como também destacar outras áreas com problemas de riscos ambientais e/ou dados básicos necessários para determinadas áreas.

A análise e o monitoramento do uso da terra por meio do sensoriamento remoto dá origem a informações atualizadas de uso e revestimento da terra. Estas informações podem ser usadas no inventário de recursos naturais, controle de inundações, identificação de áreas com processos erosivos avançados, avaliação de impactos ambientais (Lazzarotto, 2003).

Para Rosa (1995) o sensoriamento remoto é uma técnica de muita utilidade, permitindo em curto prazo, a aquisição de uma imensa quantidade de dados a cerca de registros de uso da terra. Por sua vez, o levantamento do uso da terra é de grande importância, pois os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente.

A utilização do SIG associado ao sensoriamento remoto é eficaz na definição e localização de áreas onde estejam ocorrendo deteriorações do meio ambiente. Os processos de desenvolvimento e ocupação do espaço pelas atividades humanas têm solicitado uma necessidade crescente de estudos de elementos da paisagem que subsidiam a elaboração de planos da relação homem e natureza, a fim de minimizar a degradação ambiental (Christofolletti et al, 1993).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Procedimentos metodológicos

A metodologia foi desenvolvida a partir da necessidade de avaliar as condições ambientais presentes na área e com o intuito de atingir os objetivos propostos. A fim de facilitar o entendimento dos procedimentos metodológicos o trabalho foi dividido em fases, as quais estão apresentadas resumidamente na figura 7.

A primeira fase se constituiu em uma abrangente revisão bibliográfica sobre o tema abordado, tendo como propósito alicerçar o desenvolvimento teórico-metodológico da pesquisa. Entre os principais temas destacam-se: meio ambiente, uso da terra, bacia hidrográfica, geoprocessamento, etc.

A segunda fase esteve ligada ao levantamento de dados e informações a respeito do município de São Pedro do Sul, priorizando as Microbacias em estudo e a zona urbana. Neste momento, também foi realizado o trabalho de campo com o objetivo de identificar os problemas ambientais mais significativos da área.

A terceira fase esteve centrada na elaboração dos mapas temáticos através de softwares específicos, utilizando-se de cartas topográficas e imagens de satélite. A elaboração desses mapas foi indispensável para alcançar os objetivos propostos na pesquisa.

A fase seguinte teve como prioridade a análise dos dados obtidos, procurando fornecer um tratamento estatístico através de tabelas e mapas, os quais permitiram identificar os principais problemas ambientais na área eleita para a pesquisa.

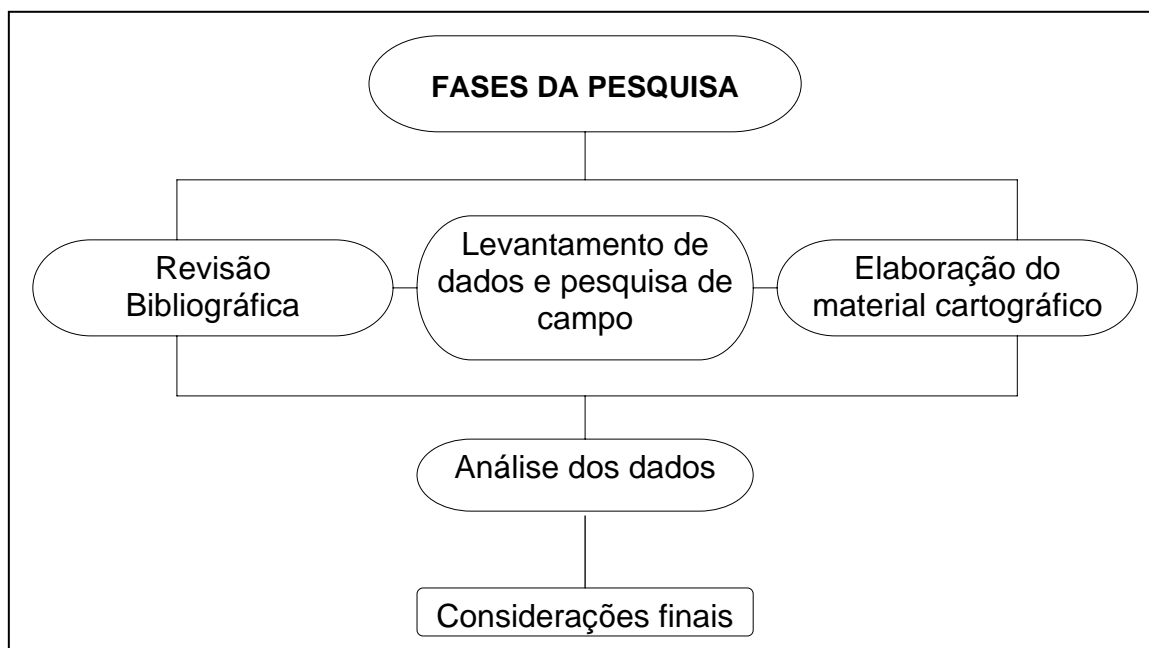


Figura 7 - Fluxograma das fases de desenvolvimento da pesquisa  
Organização: Sonia Mari Fogiato

A partir da análise dos resultados obtidos, realizou-se a última fase da pesquisa, consistindo nas considerações finais e também algumas sugestões para melhorar a qualidade ambiental da área. Para a compreensão da metodologia desta pesquisa, a seguir apresentam-se os materiais e os procedimentos técnicos adotados para a obtenção e tratamento dos dados na geração das informações.

#### 4.1.1. Materiais utilizados

A fim de obter as informações úteis ao desenvolvimento da pesquisa foi necessário utilizar várias ferramentas cartográficas e computacionais. Desta forma, a seguir apresentam-se os procedimentos técnicos utilizados na execução da pesquisa e seus respectivos materiais.

Os materiais cartográficos que subsidiaram a elaboração dos mapas temáticos das Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá foram:

Carta Topográfica de Mata, Folha SH.21-X-D-VI-1 (MI – 2964/1), Escala 1:50.000;

Carta Topográfica de São Pedro do Sul, Folha SH.21-X-D-VI-2 (MI- 2964/2), Escala 1:50.000;

Imagem de satélite LANDSAT-7 ETM+, datada de 24/10/1999, bandas 3, 4 e 5;  
 Imagem de satélite CBERS-2, datada de 20/11/2005, bandas 2, 3 e 4.

Em relação aos demais materiais de apoio, utilizaram-se os seguintes:

- GPS (Sistema de Posicionamento Global) de navegação Garmin 12XL;
- Aplicativos computacionais *Spring 4.2*, *Adobe Photoshop*, *Coreo Draw 12*, *Microsoft Excel* e *Microsoft Word XP*;
- Computador Pentium 2.8 GHZ, HD 80 Gb, 512 Mb de memória RAM;
- Câmera fotográfica digital 6.6 Mega Pixels;
- Impressora HP 3650 Deskjet, formato A4;

#### 4.1.2. Mapa base

Para delimitar a área em estudo elaborou-se o mapa base (Figura 9), utilizando cartas topográficas da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército), sendo as cartas de Mata folha SH.21-X-D-VI-1 (MI-2964/1) e São Pedro do Sul, folha SH.21-X-D-VI-2 (MI-2964/2), ambas na escala 1:50.000. Como critério para delimitar a área considerou-se o espaçamento das curvas de nível e os valores altimétricos. Os principais procedimentos adotados para elaboração do mapa base podem ser visualizados na figura 8.

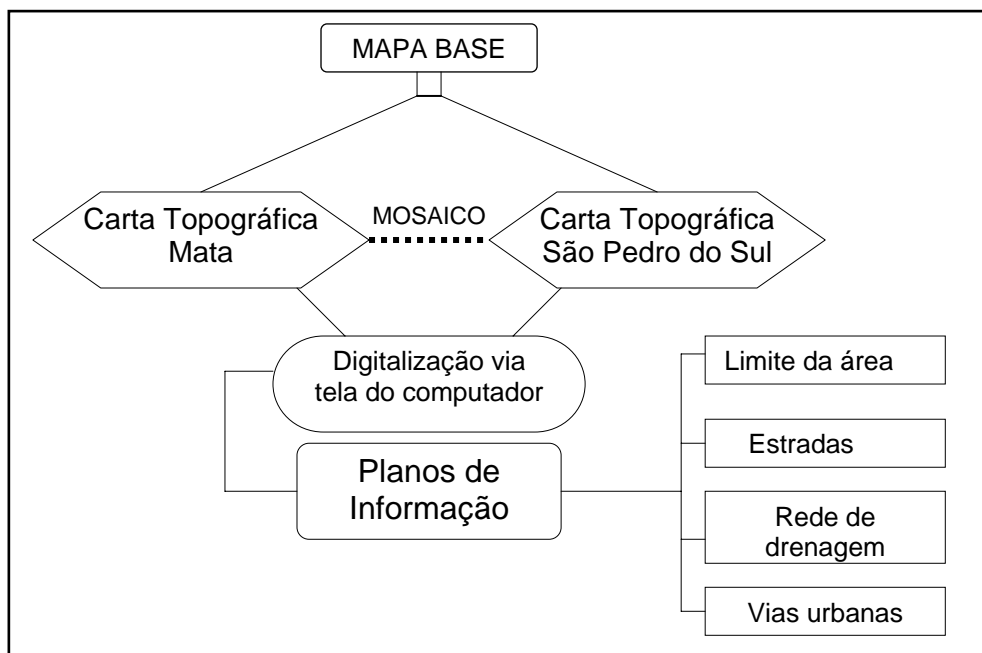


Figura 8 - Fases para elaboração do mapa base  
 Organização: Sonia Mari Fogiato

Assim, para obter o mapa base, as cartas topográficas foram transferidas do modo analógico para digital *raster* via *scanner*. Em meio digital fez-se o mosaico das cartas topográficas com o programa Computacional *Adobe Photoshop*.

No aplicativo *Impima* do SIG *Spring* fez-se a mudança do arquivo TIFF para GRIB e no Programa Computacional *Spring 4.2* (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), realizou-se o registro (georreferenciamento) da imagem para posteriormente fazer a digitalização, via tela do computador dos seguintes planos de informação: limite da área, estradas, rede de drenagem e vias urbanas. A edição do mapa foi realizada por meio do aplicativo *Scarta* do SIG *Spring* e *Corel Draw*.

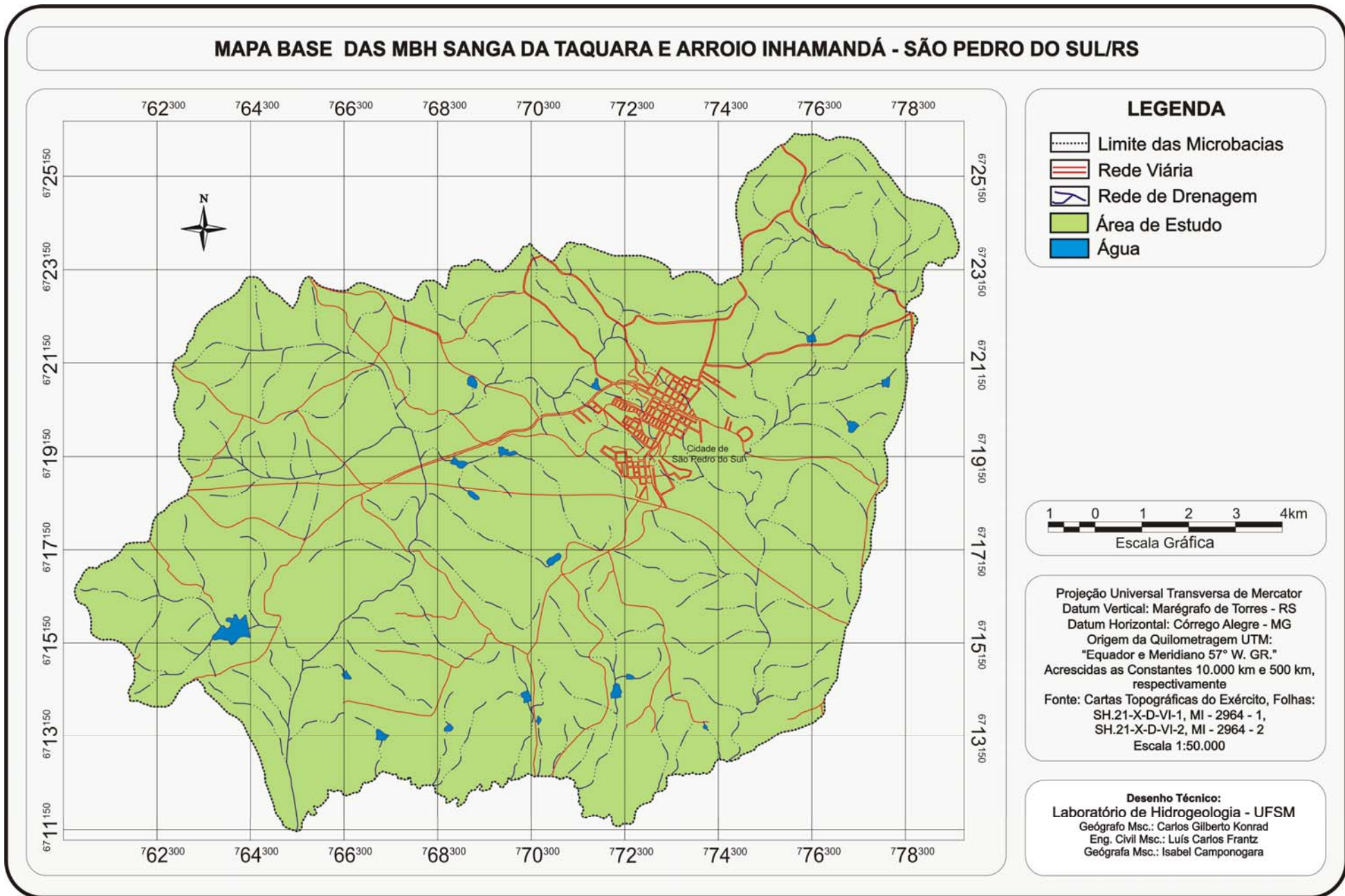


Figura 9 - Mapa base da área em estudo



#### 4.1.3. Mapa clinográfico

O mapa clinográfico ou de declividade tem a finalidade de indicar a inclinação das vertentes, através do espaçamento das curvas de nível, e foi elaborado com base na metodologia de De Biasi (1992).

O número de classes de declividade representadas no mapa foi influenciado pelas características topográficas da área e pelos objetivos da pesquisa. Neste trabalho foram usados os seguintes intervalos:

- 1 – Classe < 5%;
- 2 – Classe de 5-12%;
- 3 – Classe de 12-30%;
- 4 – Classe de 30-47%;
- 5 – Classe > 47%.

Para a geração do mapa clinográfico, inicialmente fez-se a digitalização das curvas de nível em MNT (Modelo Numérico de Terreno), a partir das quais criou-se a grade triangular (TIN), com base na triangulação *Delaunay*. Esta serviu de base para a geração do mapa clinográfico. Após, fez-se o fatiamento das classes de declividade. Esta foi gerada usando-se a média ponderada por cota e por quadrante como critério de interpolação. O fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular, que se trata de um modelo numérico que representa mais fielmente possível o relevo. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, denominados no *Spring* de fatias.

Desta forma, um plano de informação da categoria numérica originará um plano de informação de categoria temática representando um aspecto particular do modelo numérico de terreno. Conseqüentemente, a cada fatia deve-se associar uma classe temática previamente definida no esquema conceitual do Banco de Dados ativo, estabelecendo-se assim as diferentes classes de declividade para a área em estudo. Por fim, para a edição do mapa final utilizaram-se o aplicativo *Scarta* e programa *Corel Draw 12*.

#### 4.1.4. Mapa de áreas de preservação permanente

Para executar a delimitação das áreas de preservação ambiental referente à rede hidrográfica, executou-se mapa de distância a operação Temático. O processamento inicia-se com a rede hidrográfica ativa, posteriormente na operação temático seleciona-se a opção mapa de distância. A partir deste, faz-se a seleção do elemento e a entidade definida como linha. Na tela seleciona-se os canais para posteriormente determinar a distância de preservação. Na seqüência definiu-se o plano de informação para armazenar o mapa de preservação permanente.

Partindo deste pressuposto, o plano de informação sobre as áreas de preservação permanente (APP) foi elaborado a partir da rede hidrográfica (definida no mapa base), com base na legislação vigente (Código Florestal), considerando como de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- nas encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Dessa maneira, com base na hidrografia foi gerado um mapa de distância de 30 metros em relação a cada lado da margem dos cursos d'água e de 50 metros em torno das nascentes e açudes, gerando as APP visualmente identificadas para preservação dos recursos hídricos de acordo com a lei.

Após esta etapa, este mapa foi cruzado com o mapa das áreas com declividade superior a 47%, definida também como área de preservação permanente.

Considerando que a área total das duas Microbacias chega a 17.349,37ha, é possível mencionar que as áreas de preservação permanente ocupam cerca de 11,08% do total, ou seja, 1.923,79ha.

Destaca-se que a faixa marginal de 30 m no decorrer dos cursos d'água foi a principal contribuidora para alcançar este percentual, uma vez que existe um grande número de córregos devido ao padrão dentrítico de drenagem.

As declividades acima de 47% encontram-se, principalmente, na porção norte das microbacias em virtude da configuração geomorfológica, caracterizada como Rebordo do Planalto. A distribuição das áreas de preservação permanente pode ser visualizada na figura 10.

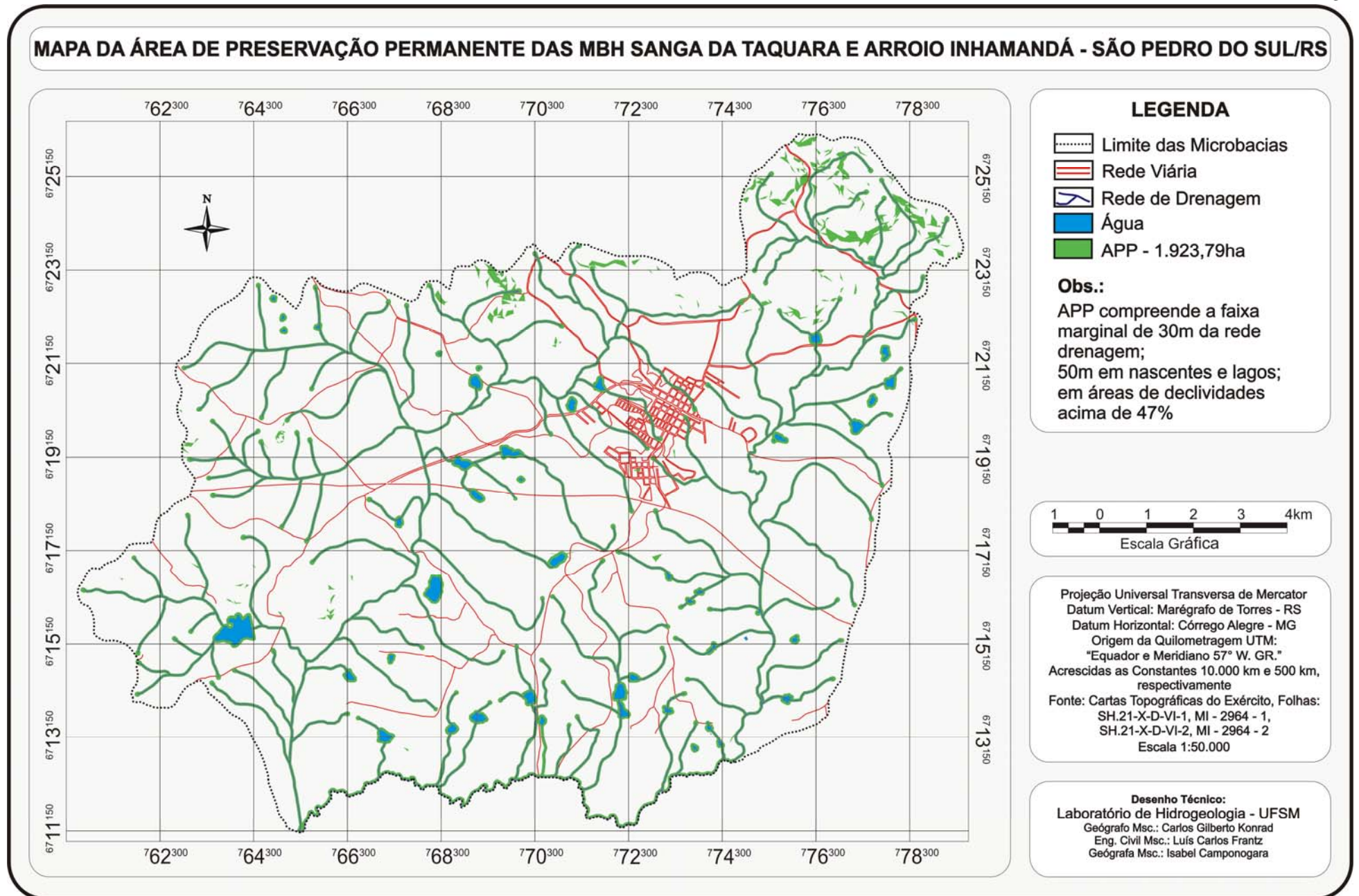


Figura 10 - Mapa das áreas de preservação permanente

#### 4.1.5. Mapa de uso da terra

O mapa de uso da terra foi elaborado para dois períodos em meio digital, com base na imagem do satélite LANDSAT-7 ETM+, datada de 24/10/1999, bandas 3, 4 e 5. A composição 3, 4 e 5 foi escolhida por discriminar melhor os limites entre o solo e a água, com a vegetação. E a imagem CBERS-2, datada de 20/11/2005, bandas 2, 3 e 4.

A classificação digital de imagens é o processo de extração de informação sobre as mesmas para se reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os métodos de classificação são usados para mapear áreas da superfície terrestre que apresentam um mesmo significado em imagens digitais. Neste caso, optou-se pela classificação digital supervisionada e parâmetros estatísticos de Máxima Verossimilhança com classificação "pixel a pixel". Nessa, parte-se inicialmente coletando amostras sobre a área a ser classificada, sendo que as mesmas serviram de base para que o programa computacional realizasse a classificação.

A classificação supervisionada é a mais comumente utilizada para extração de informações temáticas referentes ao uso da terra. Para efetuar este tipo de classificação necessita-se de um conhecimento prévio sobre a área a ser classificada. As informações conhecidas serão convertidas em amostras de treinamento, que representam o comportamento médio de cada uma das classes a serem mapeadas.

O método de Máxima Verossimilhança tem como suporte matemático a estatística paramétrica multivariada, onde as classes são definidas com base nas amostras de treinamento, pelos vetores das médias e matrizes de covariância.

As classes de uso da terra foram estabelecidas com base na área em estudo e nos objetivos do trabalho. Assim identificou-se cinco classes de uso da terra, sendo elas: culturas, campo, floresta, água e área urbana. Vencida a etapa de classificação, partiu-se para a edição do mapa no aplicativo *Scarta* e no *Corel Draw*.

Para identificar o uso da terra, partiu-se do georreferenciamento das imagens para os dois períodos. Foram geradas imagens sintéticas referentes à composição colorida, realçada pela técnica de Ampliação Linear de Contraste, visando melhorar a qualidade visual e destacar as feições de interesse, de modo a facilitar posteriormente, a coleta de amostras de treinamento na etapa de classificação de imagens.

De posse de uma legenda pré-estabelecida, definida com base na experiência dos analistas e no trabalho de campo, foram adquiridas amostras de treinamento e teste na imagem, as quais foram submetidas a uma avaliação do desempenho. Este procedimento ocorreu através da análise individual de cada classe e suas respectivas amostras utilizando limiar de aceitação de 99,9%. Com a conclusão dessas etapas, realizou-se o mapeamento para as classes, visando a criação das imagens temáticas finais do ano de estudo.

Para a obtenção dos produtos temáticos finais, o trabalho de campo contribuiu de modo significativo, uma vez que possibilitou o reconhecimento da paisagem da área em estudo, através da correlação das feições presentes na imagem com os padrões de cobertura vegetal e uso da terra observados no campo. Nesta ocasião foram também coletadas informações gerais, relativas ao uso da terra e referente às áreas de preservação permanente.

A partir da disponibilidade dos dados e informações de interesse, foram efetuadas as análises derivadas da quantificação das áreas das classes, bem como da dinâmica de tais feições e a partir do cruzamento da imagem classificada, obtida para o ano de estudo, com base na distribuição espacial das informações temáticas, possibilitando verificar as condições ambientais das microbacias.

#### 4.1.6. Mapas de conflito de uso da terra x APP

Os mapas de conflito foram gerados com base nos mapas de uso da terra dos anos de 1999 e 2005, respectivamente, com o mapa das áreas de preservação permanente, a partir da integração de planos de informação pré-estabelecidos no aplicativo computacional *Spring 4.2*.

A integração dos dados foi feita automaticamente, uma vez que os planos de informação possuíam formatos idênticos, a mesma georreferência e extensão. A partir disso, foi possível visualizar espacialmente os tipos de uso da terra no decorrer das áreas de preservação permanente.

Neste sentido, no procedimento levou-se em consideração a área marginal de 30 metros ao longo da drenagem, 50 metros em torno de nascentes e açudes, além das áreas com declividades superiores a 47%.

A fim de facilitar a demonstração dos resultados obtidos, optou-se também em efetuar a tabulação dos dados.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Considerando os objetivos do trabalho percebeu-se que nas Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá existe uma forte intervenção humana, principalmente através da agricultura e da ocupação urbana.

Partindo do mapa base, exposto no capítulo anterior, foi possível confeccionar os demais mapas que subsidiaram a análise que segue.

Os mapas elaborados no presente trabalho apresentam os elementos básicos para o estudo da dinâmica espacial, evidenciando a análise ambiental. Nesta perspectiva, de acordo com as informações obtidas através da revisão bibliográfica, aplicação de técnicas e metodologias auxiliadas por informações colhidas em trabalho de campo, verificou-se a existência de fatores que diferenciam o espaço onde estão inseridas as Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá.

### **5.1. Mapa clinográfico**

O mapa clinográfico (Figura 11) apresenta grande importância, uma vez que possibilita delimitar a declividade de determinada área para, posteriormente, definir corretamente o uso e ocupação da mesma. Neste caso, as áreas com declividade superior a 47%, consideradas também como de preservação permanente, serão somadas ao mapa das demais áreas de preservação permanente, e servirão para a integração com os mapas de levantamento do uso da terra de 1999 e 2005.

Analisando a tabela 4, verifica-se que as microbacias em estudo são caracterizadas, principalmente, por uma declividade abaixo dos 12%. Neste sentido, a classe 1 (<5%) engloba 60,93% da área, perfazendo um total de 10.569,25ha, e encontra-se basicamente ao longo da rede de drenagem.

Com base na proposta de De Biasi (1992), estas terras compreendem o limite urbano-industrial e, no meio rural podem ser cultivadas, adotando a rotação de culturas, o plantio direto e evitando as queimadas. Entretanto, esta classe pode apresentar sérios problemas ambientais, se não for respeitado o limite de preservação determinado em lei através do Código florestal Brasileiro.

Tabela 4 - Distribuição das classes de declividade na área em estudo

Classes	Declividades	Área (ha)	Área (%)
1	< 5%	10.569,25	60,93
2	5 – 12%	4.202,20	24,22
3	12 – 30%	2.026,55	11,68
4	30 – 47%	380,75	2,19
5	> 47%	170,62	0,98
Total		17.349,37	100

Organização: Sonia Mari Fogiato

Já a classe 2 (5-12%) participa com 24,22%, o que corresponde a uma área de 4.202,20ha. De Biasi (1992) afirma que essa faixa define o limite máximo do emprego de mecanização da agricultura, tanto no preparo quanto no cultivo da terra, desde que não seja muito intenso.

As demais classes de declividade não apresentam uma participação muito significativa. Assim, a classe 3 (12-30%), com 11,68%, abrange uma área de 2.026,55ha, e é considerada o limite máximo para a ocupação antrópica sem restrições. As terras localizadas nesta classe deverão ter o controle da erosão nas encostas; o plantio deverá ser realizado com a ajuda das curvas de nível com barreiras e terraceamentos, a fim de evitar a perda da fertilidade; também é permitido o reflorestamento planejado e as culturas permanentes.

Em relação a classe 4 (30-47%), que possui um percentual de 2,19 e que equivale a 380,75ha, o Código Florestal Brasileiro afirma que esta área só pode ser



utilizada para o reflorestamento e o cultivo de vegetação permanente; a exploração da floresta deverá ser planejada e sustentada por cobertura vegetal.

Analisando a classe 5 (>47%) percebe-se que é nesta declividade que ocorrem os principais problemas ambientais, mesmo possuindo apenas 0,98% da área, o que significa dizer 170,62ha. Nesta classe, seguindo as instruções do Código Florestal Brasileiro, é proibida a derrubada de florestas, sendo permitida apenas a extração de toras com uso racional.

Em relação ao relevo, o mesmo é caracterizado como sendo montanhoso e, portanto, área de preservação permanente, já que apresenta sérios problemas de erosão e instabilidade de vertentes, decorrentes do uso incorreto como o desmatamento. Na área em estudo, esta classe localiza-se, em especial, na porção norte caracterizada como a faixa de transição entre o Planalto e a Depressão Central (Figura 11).

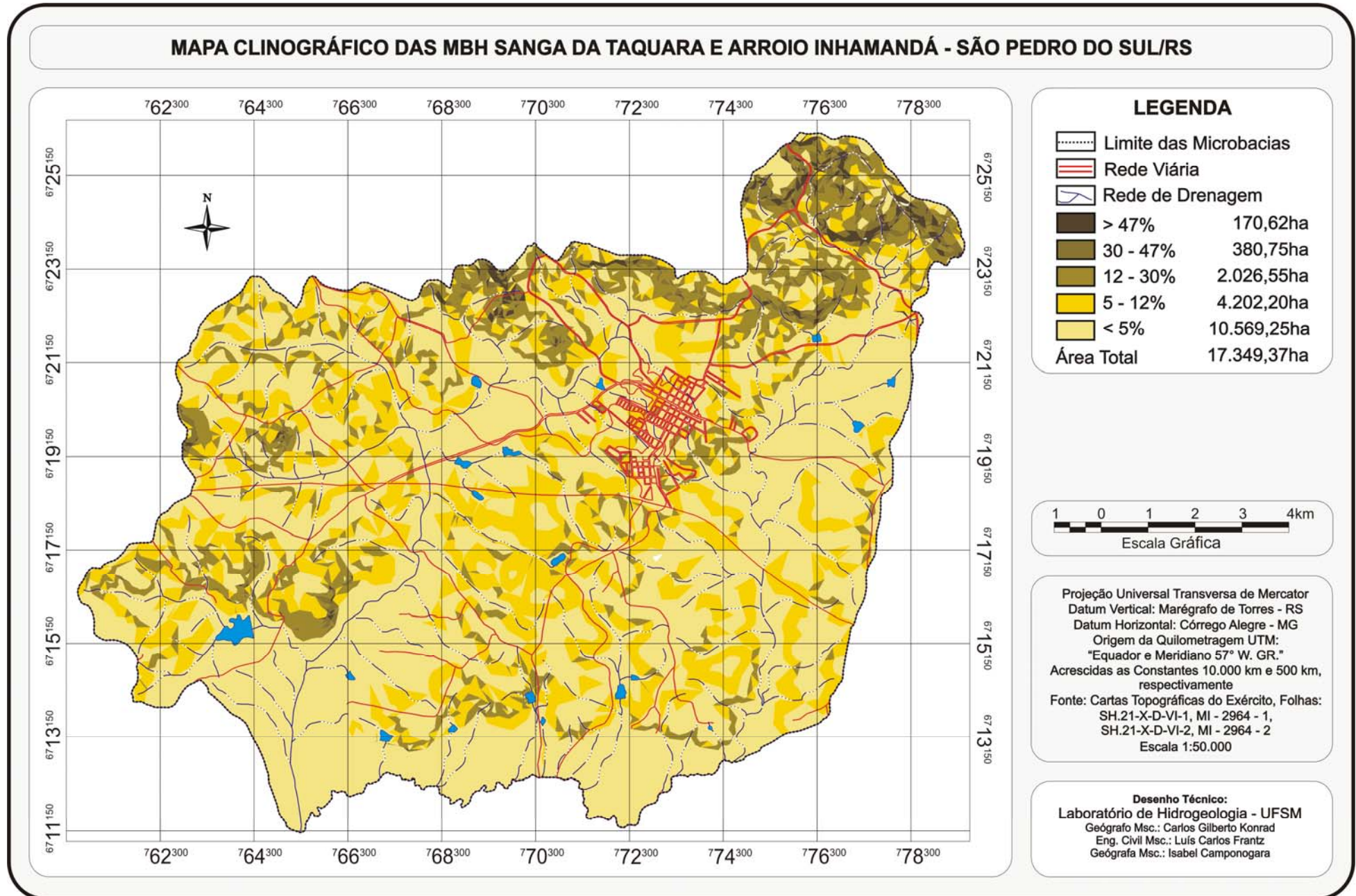


Figura 11 - Mapa clinográfico da área em estudo

## 5.2. Mapas de uso da terra

As duas microbacias em estudo têm em comum a localização da zona urbana do município de São Pedro do Sul na maioria de suas nascentes. Isso já pode ser considerado um problema ambiental, uma vez que ocorre a ocupação urbana em áreas de preservação ambiental.

Partindo deste pressuposto, o levantamento de dados sobre o uso da terra é necessário para as análises dos problemas ambientais, constituindo pré-requisito para a melhor utilização do espaço. Assim, com a utilização dos recursos técnicos, os planejadores e pesquisadores poderão trabalhar questões relacionadas ao espaço físico-econômico de uma região sem que este espaço físico sofra conseqüências danosas em função da ação antrópica.

A análise do uso da terra nas Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá não se restringe somente à zona urbana de São Pedro do Sul, mas também a zona rural, que apresenta uma ocupação importante, devido a sua proximidade com a cidade. Nesta perspectiva, analisou-se o uso da terra nos anos de 1999 (Figura 12) e 2005 (Figura 13), a fim de constatar a dinâmica espacial e conseqüentes danos ambientais na área em estudo.

Com o propósito de facilitar o andamento das análises, foram classificados cinco tipos de uso nas microbacias, sendo: água, urbano, culturas, florestas e campos.

Conforme pode ser constatado na tabela 5, para o ano de 1999 as classes mais significativas foram os campos e as culturas, apresentando respectivamente, 38,29 e 37,88%; isso significa um total de 13.214,49ha.

À medida que se analisa o mapa clinográfico isso é justificável, uma vez que as classes com declividades menores que 12% superam mais de 80% de toda a área, facilitando, portanto, a ocorrência dos campos e o desenvolvimento de culturas. A data da imagem também é um elemento a ser considerado (outubro/1999), pois nesta época, a maioria das lavouras já estava sendo preparada para o plantio.

Em relação ao ano de 2005, as características mencionadas anteriormente foram modificadas. A área de culturas aumentou consideravelmente alcançando 57,66% do total das microbacias, enquanto a de campos diminuiu, representando somente 15,72%.

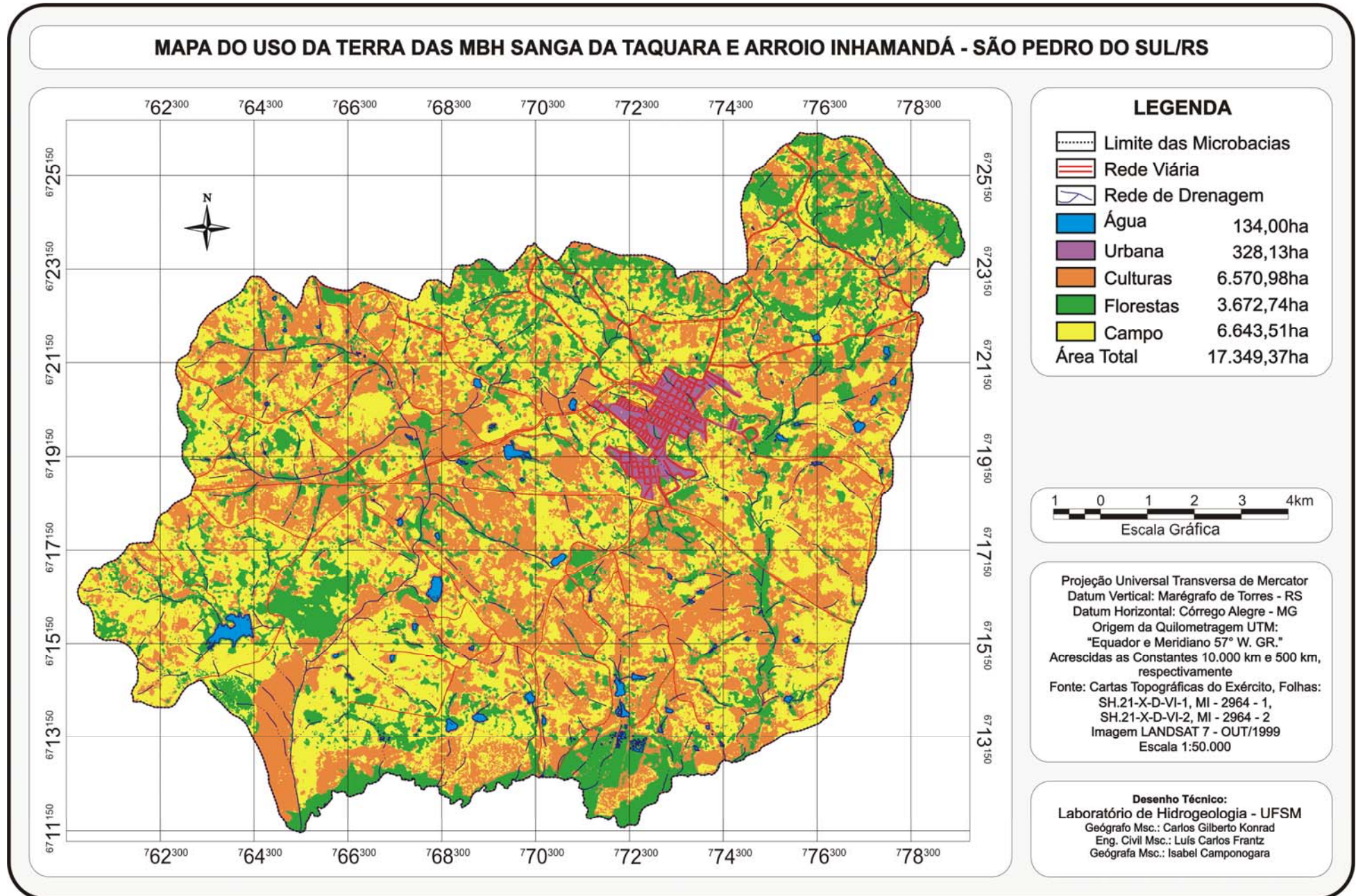


Figura 12 - Mapa de uso da terra - 1999

Isso ocorreu porque, os campos, característicos das coxilhas encontradas na Depressão Central, são propícios para o desenvolvimento de lavouras. Pela data da imagem (novembro/2005) grande parte das lavouras já deveria estar pronta para ser plantada, ocupando assim, algumas porções consideradas como campos anteriormente. Outro fator que contribuiu diz respeito ao aumento da área plantada da cultura de soja, que nos anos anteriores apresentou grande valorização no mercado agrícola.

Analisando a classe de florestas, percebe-se que entre 1999 e 2005 houve um pequeno aumento de 3,08% da área ocupada, passando de 3.672,74 para 4.208,10ha. Este fato está relacionado à conscientização dos habitantes para a preservação do meio ambiente, conhecimento da lei dos crimes ambientais e também a maior fiscalização por parte dos órgãos competentes. Em algumas propriedades ocorreu a expansão de áreas com árvores exóticas, como o eucalipto e o pinus, que se adaptam facilmente nesta região.

Tabela 5 - Uso da terra nas Microbacias em estudo (1999/2005)

Classes	1999		2005	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Água	134,00	0,77	73,74	0,42
Urbano	328,13	1,89	336,78	1,95
Culturas	6.570,98	37,88	10.003,54	57,66
Florestas	3.672,74	21,17	4.208,10	24,25
Campos	6.643,51	38,29	2.727,21	15,72
Total	17.349,37	100	17.349,37	100

Organização: Sonia Mari Fogiato

Visualizando os mapas, percebe-se que esse aumento ocorreu principalmente na porção norte das microbacias, onde se apresentam as maiores declividades. Em torno de alguns açudes e nas margens do curso principal do Arroio Inhamandá é possível constatar um pequeno aumento da mata ciliar, incluída na classe de florestas.

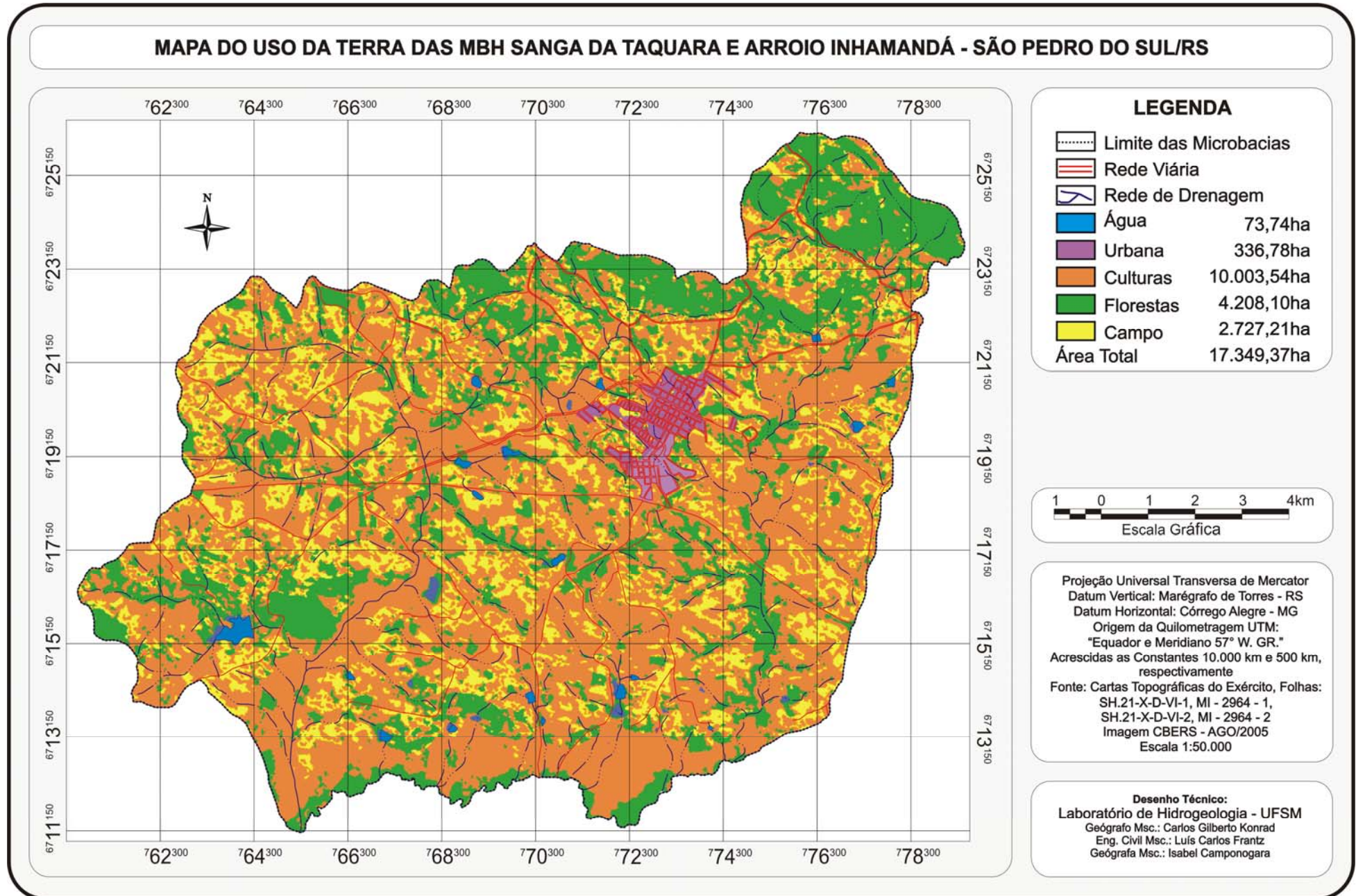


Figura 13 - Mapa de uso da terra - 2005

Em relação à água, representada pelos cursos d'água, açudes e barragens, verificou através da tabela 5 que em 1999 esta classe apresentava 0,77% do total da área, no ano de 2005, este percentual chegou a 0,42%, diminuindo quase pela metade. Esta queda está relacionada principalmente ao período de estiagem verificado em 2005, que desencadeou uma série de danos ao setor agropecuário e conseqüentemente aos habitantes desta área e demais regiões do Rio Grande do Sul.

A classe de uso urbano tem aumentado, principalmente em virtude da elevação no número da população urbana nos últimos 30 anos. Ao analisar a tabela, nota-se que de 1999 para 2005 a área passou de 328,13 para 336,78ha. Como em outras cidades brasileiras, a periferia foi ganhando novos habitantes, principalmente de baixa renda, caracterizando assim, a deficiência do poder público em garantir necessidades básicas do cidadão, como a moradia e o saneamento básico.

Na cidade de São Pedro do Sul, este fenômeno pode ser demonstrado através das figuras 14 e 15, onde catadores de lixo ocupam residências precárias ao longo das margens do curso principal do Arroio Inhamandá, acarretando não só um problema social, mas ambiental, uma vez que lançam neste curso d'água o esgoto e o lixo dispensado por eles.



Figura 14 - Moradia precária na margem do Arroio Inhamandá  
Fonte: Trabalho de Campo – Maio/2006



Figura 15 - Visão lateral da moradia (acúmulo de lixo)  
Fonte: Trabalho de Campo – Maio/2006

No entanto, verificou-se em campo, que outras áreas estão sendo ocupadas por novas residências, cujos proprietários possuem maior poder aquisitivo. Nestas áreas, já está ocorrendo a ampliação da infra-estrutura básica, através da instalação da rede de esgoto e da abertura e calçamento de novas ruas.

### **5.3. Uso da terra X APP**

Com o propósito de alcançar os objetivos propostos no trabalho, a análise que segue está relacionada à integração dos mapas de uso da terra (anos de 1999 e 2005) com as áreas de preservação permanente (APP), pré-estabelecidas como aquelas situadas ao longo das margens dos cursos d'água, nascentes e açudes, além daquelas consideradas com declividade superior a 47%.

Neste sentido, além dos mapas confeccionados, o uso de tabelas é importante, à medida que expõe em números e porcentagens a evolução ou o retrocesso de determinado uso nas Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá.



As figuras 16 e 17 demonstram um quadro diversificado de utilização das áreas que deveriam ser ocupadas apenas por florestas. Assim, em uma primeira análise já é possível identificar conflitos promovidos pela ação antrópica, tanto pelo desenvolvimento da agricultura quanto pela ocupação urbana.

A partir da quantificação dos dados, percebe-se que as APP nas microbacias significam 1.923,79ha, correspondendo a 11,08% do total. Desses, 170,62ha estão localizados na classe com declividade superior a 47% e os demais se encontram na faixa marginal dos cursos d'água, açudes e nascentes, onde se concentram as matas ciliares e topos de morros, sendo proibida a sua ocupação e seu desmatamento, podendo acarretar a erosão do solo.

Analisando a tabela 6 verifica-se que a classe água obteve 74,23 e 11,04ha; respectivamente, para o ano de 1999 e 2005, isso significa uma redução em relação à área total nas microbacias. Conseqüentemente, esta classe obteve um percentual de 3,86 (1999) e 0,57 (2005) do total das APP, mantendo as mesmas características dos mapas de uso da terra para as duas microbacias em estudo, ou seja, apresentou uma forte queda na sua área total em virtude das estiagens após 1999, em especial no ano de 2005.

Ainda segundo a tabela 6, em relação à ocupação urbana, no ano de 1999 esta classe ocupava 0,91% das APP, ou seja, 17,51ha; até o ano de 2005, a ocupação urbana obteve um crescimento de 0,3%, passando a tomar 23,38ha.

Este aumento, no intervalo de seis anos, só reforça o crescimento dos problemas ambientais na cidade de São Pedro do Sul, uma vez que a zona urbana se amplia periféricamente e as áreas a serem ocupadas correspondem principalmente às várzeas dos cursos d'água da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá.

Além disso, a localização da zona urbana nas nascentes destes cursos d'água põe em risco a qualidade da água superficial e em profundidade, já que nesta região existem locais de afloramento do Aquífero Guarani. O leito dos rios também corre o risco de assoreamento pela erosão decorrente da retirada da cobertura vegetal para o desenvolvimento da agricultura e ocupação urbana.

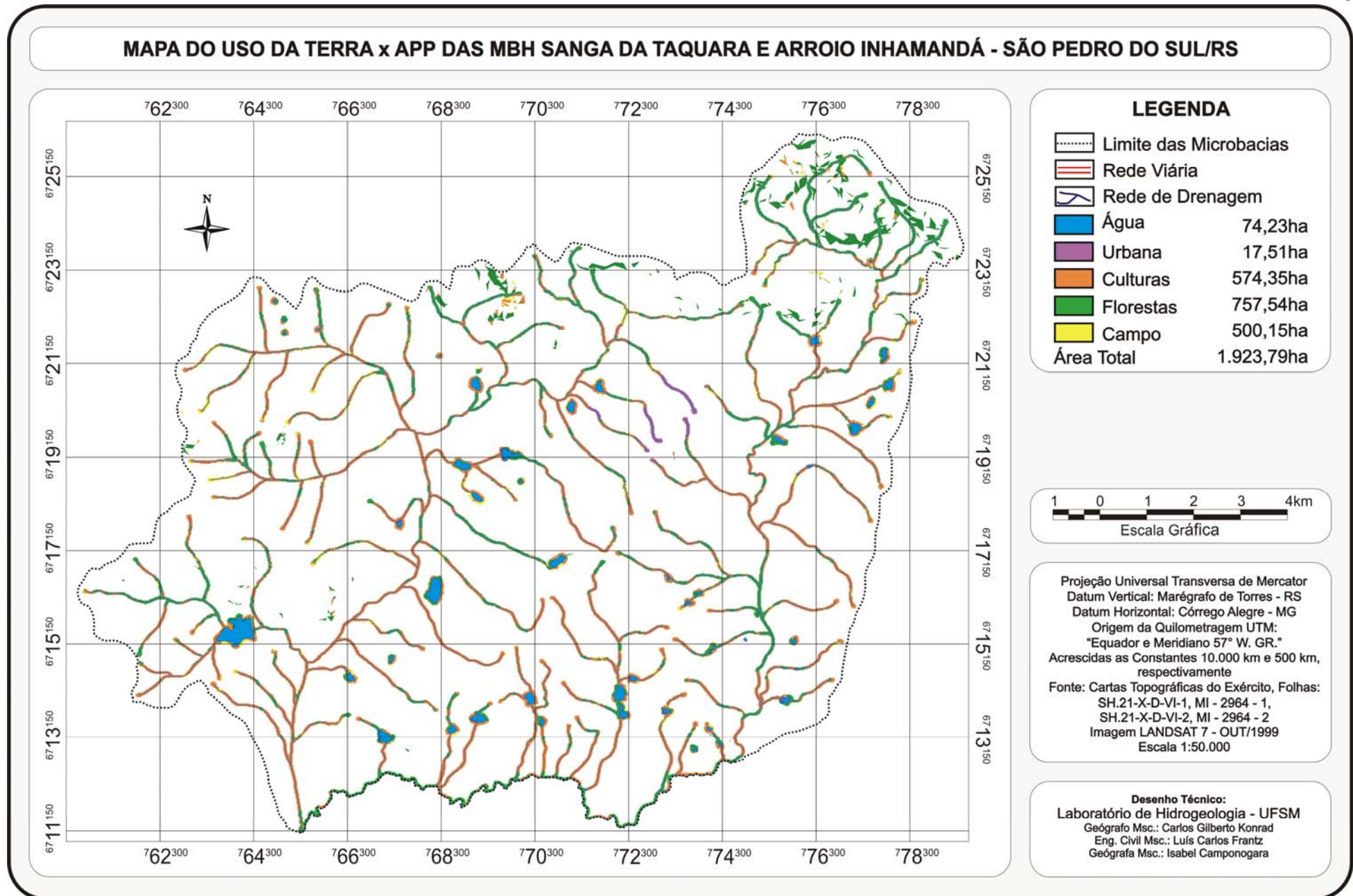


Figura 16 - Integração dos dados: uso da terra (1999) X APP

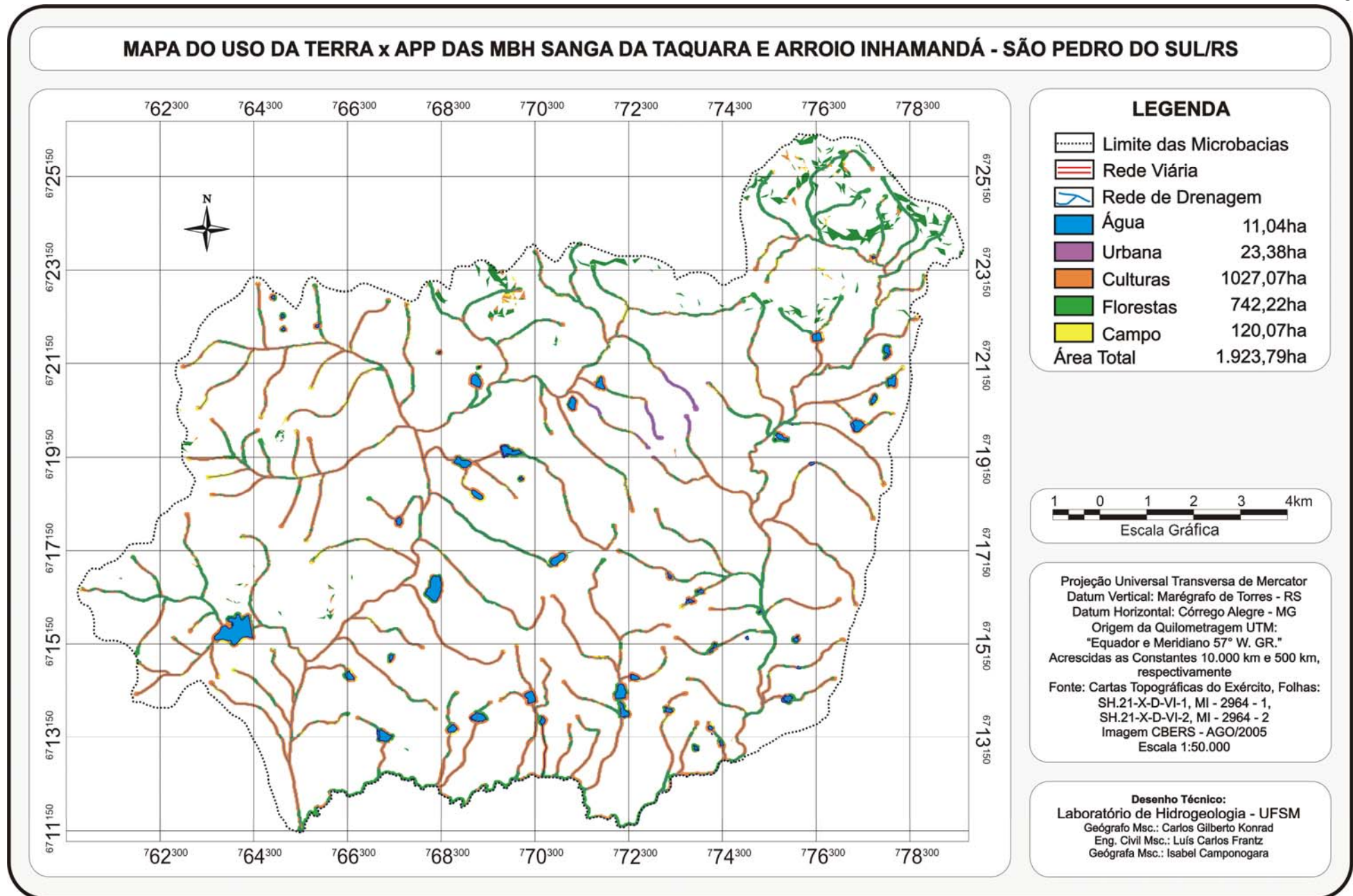


Figura 17 - Integração dos dados: uso da terra (2005) X APP

Os principais afluentes utilizados para o despejo de esgoto consistem nos da margem esquerda da Sanga da Taquara e nos da margem direita do Arroio Inhamandá. Este fato é decorrente da ausência de infra-estrutura adequada e, conseqüentemente, causa um problema social e ambiental, que serão agravados futuramente. A distribuição destes cursos d'água pode ser facilmente verificada nas figuras anteriores.

Tabela 6 - Integração dos dados: uso da terra (1999/2005) X APP

Classe	1999		2005	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Água	74,23	3,86	11,04	0,57
Urbano	17,51	0,91	23,38	1,21
Culturas	574,35	29,85	1.027,07	53,39
Florestas	757,54	39,38	742,22	38,58
Campo	500,15	26,00	120,07	6,25
Total	1.923,79	100	1.923,79	100

Organização: Sonia Mari Fogiato

Analisando a classe culturas verifica-se que em 1999 ela ocupava 574,35ha, representando 29,85% de toda a área de preservação permanente; até 2005 esta classe obteve um crescimento superior a 23%, passando a ocupar 1.027,07ha. A partir disso, constata-se que a área destinada para a agricultura passou a contribuir ainda mais com os danos ambientais. Entre as culturas desenvolvidas nestas duas microbacias destaca-se a do arroz, que também é a mais significativa do município. A figura 18 mostra as margens de um dos afluentes da Sanga da Taquara totalmente desmatado em função da rizicultura.



Figura 18 - Curso d'água com as margens desmatadas em função da rizicultura  
Fonte: Trabalho de Campo – Maio/2006

Em contrapartida, a classe de florestas diminuiu, passando de 757,54ha (1999) para 742,22ha (2005). Esta pequena queda representou um percentual de 0,8%, evidenciando assim, uma situação contrária àquela encontrada na área total das microbacias em estudo, onde a mesma classe apresentou um pequeno crescimento (3,08%).

A situação mencionada acima permite constatar que a área de florestas cedeu lugar principalmente ao desenvolvimento de culturas. Partindo deste pressuposto, evidencia-se que as culturas tiveram o maior aumento em relação a área ocupada, pois a classe campos obteve um decréscimo de 19,75% nas APP, ou seja, em 1999 ocupava 500,15ha (26%) passando a ocupar apenas 120,07ha em 2005 (6,25%).

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

O esgotamento dos recursos naturais é um dos resultados de uma imensa lista de riscos e impactos inerentes às atividades humanas, além do desmatamento, da erosão dos solos e, principalmente o agravamento dos conflitos de uso da terra. Esses conflitos estão diretamente ligados a dinâmica econômica e social, uma vez que a ocupação da terra se dá pelas atividades agrícolas e pecuárias e pela ocupação urbana, por exemplo.

O uso inapropriado da terra conduz à exploração ineficiente e à degradação dos recursos naturais, à pobreza e outros problemas sociais. É neste risco de degradação que se encontra a raiz da necessidade da avaliação e do planejamento do uso da terra.

Neste sentido, ao analisar a dinâmica do uso da terra nas Microbacias Hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá, percebeu-se que nesta área existe a transformação do meio ambiente pela ação antrópica, tendo como princípio os problemas ambientais resultantes da sobrevivência humana, a ocupação territorial desorganizada, em áreas consideradas de risco e de preservação permanente.

Através da confecção dos mapas e da tabulação dos dados evidenciou-se que a área em estudo tem como agravante a localização da zona urbana de São Pedro do Sul, prejudicando tanto os cursos d'água da Sanga da Taquara quanto os do Arroio Inhamandá.

O principal dano corresponde à qualidade da água, decorrente do recebimento direto do esgoto e da canalização realizada nos cursos d'água ao longo da zona urbana. A utilização da água para as lavouras de arroz também é prejudicial, se tornando, portanto, mais um fator comprometedor dos recursos hídricos e da vida ali existente.

O desmatamento nas margens dos rios, sendo área de preservação permanente é um dos fatores responsáveis pelo assoreamento do leito e, conseqüentemente, de alguns açudes que recebem a contribuição dessas águas.

Esses problemas interferem principalmente na qualidade de vida da população urbana mais carente e em relação ao ambiente, prejudicam consideravelmente a água superficial, comprometendo a qualidade da água subterrânea encontrada nestas microbacias.

Sugere-se que haja uma maior preocupação sobre estes aspectos, pois os resultados obtidos podem ser utilizados como alerta para gerenciar de modo sustentável os recursos naturais da área, em especial os recursos hídricos.

O desmatamento nas encostas e topos de morros também ocorre, devido à ocupação para pequenas práticas agropecuárias ou simplesmente para a comercialização da madeira nativa; com o passar do tempo isso promove os deslizamentos de terra.

Conforme a exposição dos dados, de 1999 para 2005, houve mudanças no tipo de uso encontrado nas APP. A área urbana passou de 17,51 para 23,38ha; a área com culturas também apresentou crescimento, as culturas ocupavam primeiramente, 574,35ha e em 2005 passaram a abranger 1.027,07ha; em contrapartida, os campos tinham anteriormente 500,15ha e em 2005 passaram a ocupar 120,07ha.

Do mesmo modo, a classe que também apresentou queda, porém em menor grau, está representada pelas florestas, passando de 757,54 para 742,22ha. A água, assim como em toda a área em estudo, mostrou uma significativa redução. Em 1999, ocupava 74,23ha e em 2005, 11,04ha. Como já foi mencionado anteriormente, esta queda é explicada pelas seguidas estiagens verificadas ao longo do período analisado, principalmente no ano de 2005.

Deste modo, a recuperação de áreas degradadas é necessária para evitar mudanças no ecossistema local, que promovem diversos desequilíbrios ambientais. Essas áreas devem ser recuperadas, com a implantação de cobertura florestal. A

cobertura florestal em áreas de preservação é de fundamental importância na conservação do solo contra agentes erosivos.

O crescente interesse pelo turismo rural e pelo ecoturismo possibilita a exploração turística das propriedades rurais, em razão das paisagens de beleza cênica que se encontram no Rebordo do Planalto e principalmente pela ocorrência de fósseis vegetais e animais por toda a área do município de São Pedro do Sul.

Portanto, ao analisar o uso da terra, conclui-se que é preciso adotar medidas que promovam a utilização correta das áreas com elevadas declividades e ao longo dos cursos d'água, a fim de preservar o solo e a vegetação, usando métodos diferenciados de conservação dependendo da área a ser ocupada.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa SPI/CPAC, 1998.

AUSANI, G. M. **Sensoriamento Remoto aplicado ao estudo da arenização no 1º Distrito de São Francisco de Assis – RS**. 2003. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BASSI, L. **Estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Lageado São José, Chapecó/SC**. 1990. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1990.

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

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T. et al. **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Programa nacional de microbacias hidrográficas: manual operativo**. Brasília, 1987.

BROWNER, C. M. **Watershed approach framework**. Washington: U. S. Environmental Protection Agency, 1996.

BRUTTI, E. A. **Áreas de conflitos em função da capacidade de uso da terra no município de São Pedro do Sul**. 2002. 66f. Monografia (Especialização em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, A. M. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, SP: INPE, 2001.

\_\_\_\_\_. Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI/CPAC, 1998. p. 3-29.

CASTILHO, J. L. de S. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento na definição da interferência da área de risco em áreas de uso urbano – Estudo de caso Dom Pedrito, RS**. 2004. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A.; et al. Morfometria do relevo na média Bacia do Rio Carumbataí. In: V SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. 5., 1993, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: USP, 1993. p. 137-139.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari – SP**. 2000. 194f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CONAMA. **Resoluções CONAMA**. 1986 a 1991. Brasília: IBAMA, 1992.

DE BIASI, M. A. Carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6, p. 45-61, 1992.

EMATER. Associação Riograndense de Empreendimentos, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Estudo do Município de São Pedro do Sul – RS**. 1994.

FAO. Land and water integration and river basin management. **Land and water Boletim**, Rome, n. 1, 81p., 1995.

FERREIRA, S. Z. **Uso do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica no mapeamento de risco de degradação física dos recursos naturais no Distrito de Arroio do Só, Município Santa Maria – RS**. 2002. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

FONSECA, L. M. G. **Processamento Digital de Imagens**. INPE, 2000. Disponível em: <[http://geosere.ccr.ufsm.br/files/PDI\\_1\\_intro.pdf](http://geosere.ccr.ufsm.br/files/PDI_1_intro.pdf)> Acesso em: junho de 2006.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em <<http://portalmunicipal.org.br>> Acesso em: maio 2006.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: IBAMA, 1995.

LAZZAROTTO, D. R. Sensoriamento Remoto. In: FATOR GIS ON LINE. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br/geoproc/sr.html>>. Acesso em: dezembro, 2003.

LEAL, J. R. C. **São Pedro do Sul, Antigo: registros históricos (1626-1965)**. Santa Maria, RS: Infograf, 1996.

MOREIRA, C. A. M. **Avaliação ambiental das nascentes fluviais localizadas no Bairro Nossa Senhora das Dores – Santa Maria – RS**. (Trabalho de Graduação B) Santa Maria, 2002.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

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

ORELLANA, M. M. A Geomorfologia no contexto social. **Geografia e Planejamento**. Instituto de Geografia. São Paulo: USP, 1981.

RAFFAELLI, J. A. **Análise das feições de dissecação do relevo na Folha Topográfica de São Pedro do Sul – Rs**. 2000. 73f. Monografia (Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul**. 3. ed. São Leopoldo, RS: UNISINOS, 1994.

REETZ, E. **Caracterização geológica ambiental das Folhas Topográficas de São Pedro do Sul e Mata.** (Projeto de Pesquisa – Resultados Parciais) – Santa Maria, 1999.

ROSA, R. **Introdução ao Rensoriamento Remoto.** 3. ed. Uberlândia, MG: EDUFU, 1995.

ROSS, J. L. M. Análises e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 9, p. 65-76, 1995.

PIRES, E. **Sensoriamento Remoto.** Disponível em: <http://www.lab.etfto.gov.br/~erikapires/SensoriamentoRemoto>. Acesso em: 10 jan. 2006.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS/ABRH/EDUSP, 1993.