



UFSM

Dissertação de Mestrado

**USO DA TERRA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO DO PEIXE  
(SC) E DO RIO PELOTAS (RS/SC) E SUA INFLUÊNCIA NA  
LIMNOLOGIA DO RESERVATÓRIO DA UHE-ITÁ (RS/SC)**

---

Luciane Strassburger

PPGG

Santa Maria, RS, Brasil  
2005

**USO DA TERRA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO DO PEIXE  
(SC) E DO RIO PELOTAS (RS/SC) E SUA INFLUÊNCIA NA  
LIMNOLOGIA DO RESERVATÓRIO DA UHE-ITÁ (RS/SC)**

---

Por

Luciane Strassburger

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, Linha de Pesquisa em Sensoriamento Remoto, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), com requisito parcial do grau de **Mestre em Geografia**.

**PPGG**

Santa Maria, RS, Brasil  
2005

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Departamento de Geociências  
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências**

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

**USO DA TERRA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO DO PEIXE (SC) E  
DO RIO PELOTAS (RS/SC) E SUA INFLUÊNCIA NA LIMNOLOGIA DO  
RESERVATÓRIO DA UHE-ITÁ (RS/SC)**

Elaborada por  
**Luciane Strassburger**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Geografia**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho  
(Presidente/Orientador)

---

Prof. Dr. Carlos Ernando da Silva

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Eliane Maria Foletto

Santa Maria, 25 de fevereiro de 2005.

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de aperfeiçoamento dos conhecimentos científicos e demais benefícios adquiridos através da realização do Curso de Mestrado.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Waterloo Pereira Filho pela orientação deste trabalho.

Ao senhor Jairo Luis Rangel Terribile, pelo apoio logístico, através do empréstimo do barco, tornando possível à realização deste trabalho.

As acadêmicas do Curso de Geografia Gracieli Trentin e Gisieli Kramer que colaboraram na coleta dos dados de campo.

Aos meus pais Alziro Strassburger e Iracema Garcia Strassburger pelo amor e carinho aos quais as palavras não descrevem o quanto são importantes.

Aos meus irmãos, principalmente a minha irmã Ana Lúcia Strassburger, pelo carinho e amizade no decorrer de mais esta etapa da minha vida.

Ao meu marido Ricardo Silva da Conceição pelo amor e carinho.

A amiga Dirlá Gonçalves Dias pela amizade durante toda minha vida acadêmica.

A todos que de uma forma ou outra participaram de mais esta etapa de minha vida.

## SUMÁRIO

|  |      |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS .....   | vii  |
| LISTA DE QUADROS .....   | viii |
| LISTA DE FIGURAS .....   | ix   |
| LISTA DE ANEXOS .....  | xi   |
| RESUMO .....   | xii  |
| ABSTRACT .....   | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 1    |
| 1.1 Objetivo Geral.....  | 5    |
| 1.2 Objetivos Específicos .....  | 5    |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....  | 7    |
| 2.1 Integração dos Ecossistemas Terrestre e Aquático.....  | 7    |
| 2.2 Bacia Hidrográfica .....   | 9    |
| 2.3 Construção de Reservatórios e a Limnologia.....  | 10   |
| 2.3.1 Variáveis Limnológicas .....   | 13   |
| 2.4 Sensoriamento Remoto.....  | 18   |
| 2.5 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas .....                                   | 22   |
| 2.6 Mapeamento Geomorfológico.....   | 28   |
| 2.7 Levantamento do Uso da Terra com Imagens Orbitais .....  | 30   |
| 2.8 Levantamento de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de<br>Conflitos Ambientais ..... | 33   |
| 3. METODOLOGIA .....   | 36   |
| 3.1 Definição e Caracterização da Área de Estudo .....   | 36   |
| 3.1.1 Reservatório da Usina Hidrelétrica Itá .....   | 40   |
| 3.1.2 Bacias Hidrográficas dos Rios do Peixe e Pelotas .....                                       | 43   |
| 3.1.2.1 Aspectos Físicos .....   | 43   |
| 3.1.2.2 Aspectos sócio-econômicos .....  | 48   |
| 3.2 Construção do Banco de Dados Georreferenciados .....   | 50   |
| 3.2.1 Registro Cartográfico das Cartas Topográficas e Inserção das<br>Imagens de Satélite .....    | 51   |
| 3.2.2 Definição dos Limites das Bacias Hidrográficas e do Reservatório ..                          | 52   |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2.3 Mapa Geomorfológico.....                               | 53  |
| 3.2.4 Mapa de Uso da Terra .....                             | 55  |
| 3.2.5 Mapa das Áreas Preservação Permanente.....             | 57  |
| 3.2.6 Mapa de Conflitos Ambientais .....                     | 58  |
| 3.3 Variáveis Limnológicas .....                             | 59  |
| 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....                               | 62  |
| 4.1 Mapa Geomorfológico .....                                | 62  |
| 4.2 Mapa de Uso da Terra.....                                | 67  |
| 4.3 Mapa das Áreas de Preservação Permanente.....            | 72  |
| 4.4 Mapa de Conflitos Ambientais .....                       | 75  |
| 4.5 Análise do Uso da Terra em Função da Geomorfologia ..... | 80  |
| 4.6 Variáveis Limnológicas .....                             | 87  |
| 4.6.1 Profundidade do Disco de Secchi .....                  | 88  |
| 4.6.2 Total de Sedimentos em Suspensão (TSS) .....           | 91  |
| 4.6.3 Temperatura .....                                      | 92  |
| 4.6.4 Potencial Hidrogeniônico (pH) .....                    | 95  |
| 4.6.5 Condutividade Elétrica .....                           | 97  |
| 4.6.6 Total de Sólidos Dissolvidos (TDS) .....               | 98  |
| 4.7 Análise Integrada dos Meios Terrestre e Aquático.....    | 99  |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                | 108 |
| 6. BIBLIOGRAFIA.....   | 111 |

**LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1- Quantificação das áreas de conflitos ambientais .....  | 77 |
| TABELA 2 Quantificação das Classes de Uso da Terra em função das Classes Geomorfológicas .....                               | 81 |
| TABELA 3- Quantificação do Uso da Terra em função da Geomorfologia, considerando a área total das bacias hidrográficas ..... | 85 |
| TABELA 4- Média e Desvio Padrão da 1ª e da 2ª coletas, para os rios/ compartimentos do Peixe, Pelotas e Uruguai .....        | 88 |

**LISTA DE QUADROS**

|  |    |
|--|----|
| QUADRO 1 - Características das bandas espectrais do sistema LANDSAT.....                   | 22 |
| QUADRO 2: Relevo predominante, tipos e usos dos solos .....                                | 45 |
| QUADRO 3 – Descrição do material cartográfico necessário para realização do trabalho ..... | 52 |
| QUADRO 4: Índices de dissecação das formas de denudação .....                              | 54 |
| QUADRO 5: Chave de interpretação dos tipos de uso da terra.....                            | 57 |



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1: Mapa de Localização Representação da Área de Estudo.....   | 4  |
| FIGURA 2-Estratificação Térmica de Reservatórios .....   | 16 |
| FIGURA 3: Elementos envolvidos na fase de aquisição de dados .....   | 19 |
| FIGURA 4: Representação vetorial e matricial de um mapa temático.....  | 26 |
| FIGURA 5: Estrutura e organização de um banco de dados geográfico.....   | 27 |
| FIGURA 6: Mapa-Base da Área de Estudo – Reservatório de Itá, Bacias<br>Hidrográficas do Rio do Peixe (SC) e do Rio Pelotas (RS/SC) ..... | 37 |
| FIGURA 7: Fluxograma do Procedimento Metodológico .....  | 39 |
| FIGURA 8: Vista parcial da “Volta do Uvá” e da obra da UHE Itá .....   | 40 |
| FIGURA 9: Ruínas das torres da Igreja de São Pedro da cidade velha.....  | 42 |
| FIGURA 10: Mapa de Representação dos Pontos de Coleta dos Dados da<br>Água.....  | 60 |
| FIGURA 11: Mapa Geomorfológico das Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe<br>(SC) e do Rio Pelotas (RS/SC) .....                           | 64 |
| FIGURA 12: Quantificação das classes geomorfológicas das bacias<br>hidrográficas do rio do Peixe (a) e do rio Pelotas (b) .....          | 65 |
| FIGURA 13: Quantificação das classes de uso da terra das bacias hidrográficas<br>do rio do Peixe (a) e do rio Pelotas (b) .....          | 69 |
| FIGURA 14- Mapa de Uso da Terra das Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe<br>(SC) e do Rio Pelotas (RS/SC) .....                          | 70 |
| FIGURA 15: Mapa das Áreas de Preservação Permanente .....  | 74 |
| FIGURA 16- Mapa de Conflitos Ambientais .....  | 76 |
| FIGURA 17- Área de Preservação Permanente com presença de áreas<br>agrícolas (solo em preparo) .....                                     | 78 |
| FIGURA 18- Áreas de agricultura e campo nas margens do rio Pelotas .....   | 79 |
| FIGURA 19- Áreas de agricultura e campo nas margens do rio Uruguai .....   | 80 |
| FIGURA 20- Classe geomorfológica Da43 nas margens do rio Pelotas .....   | 83 |

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 21- Mapa de Uso da Terra em Função da Classe Geomorfológica Da43, nas Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe e do Rio Pelotas (RS/SC) ..... | 84 |
| FIGURA 22: Variação da Profundidade do Disco de Secchi nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai .....   | 89 |
| FIGURA 23: Variação do TSS nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai.....  | 91 |
| FIGURA 24: Variação da temperatura da água nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai.....  | 94 |
| FIGURA 25: Variação do pH da água nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai .....  | 96 |
| FIGURA 26: Variação da Condutividade Elétrica da água nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai .....  | 97 |
| FIGURA 27: Variação do TDS da água nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai.....  | 99 |

**LISTA DE ANEXOS**

|  |     |
|--|-----|
| ANEXO 1- Exemplo da Programação em LEGAL do SPRING.....  | 121 |
| ANEXO 2: Procedimentos realizados para obtenção do Total de Sedimentos em Suspensão (TSS) .....    | 122 |
| ANEXO 3- Dados brutos coletados no reservatório da UHE Itá (rios Pelotas, do Peixe e Uruguai)..... | 124 |

## RESUMOO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências  
Universidade Federal de Santa Maria

### **USO DA TERRA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO DO PEIXE (SC) E DO RIO PELOTAS (RS/SC) E SUA INFLUÊNCIA NA LIMNOLOGIA DO RESERVATÓRIO DA UHE-ITÁ (RS/SC)**

AUTOR: Luciane Strassburger  
ORIENTADOR: Waterloo Pereira Filho  
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 25 de fevereiro de 2005.

A conservação dos recursos hídricos é uma preocupação crescente, já que apenas uma pequena parcela está disponível para o consumo humano e as atividades antrópicas. O crescimento populacional e conjuntamente o desenvolvimento de novas tecnologias intensificam as atividades antrópicas tanto no meio terrestre quanto no meio aquático, ocasionando deterioração na qualidade da água. Deste modo, destacam-se os estudos que visem à integração dos meios terrestre e aquático visando à proteção e conservação do meio ambiente. Neste sentido, este trabalho visou identificar as relações entre as características limnológicas do reservatório da UHE-Itá (RS/SC), o uso da terra e o relevo das bacias hidrográficas dos rios do Peixe (SC) e Pelotas (RS/SC), visando abordagem integrada dos ecossistemas aquático e terrestre na dinâmica da qualidade ambiental. Através da análise dos produtos cartográficos verificou-se que as bacias hidrográficas dos rios do Peixe e Pelotas não apresentam diferenças expressivas quanto ao uso da terra, predominando o campo, a agricultura e a floresta, respectivamente. Em relação às áreas de preservação permanente no entorno dos reservatórios constatou-se que estas não são respeitadas. Já na geomorfologia, a bacia hidrográfica do rio do Peixe apresenta praticamente 3/4 da área com forte dissecação do relevo, enquanto que na bacia hidrográfica do rio Pelotas apenas 1/4 da área apresenta-se fortemente dissecado. Quanto às características limnológicas as diferenças mais expressivas ocorreram nas variáveis total de sedimentos em suspensão, profundidade do disco de Secchi e cor da água. A partir destas constatações pode-se inferir que as principais alterações encontradas para as variáveis limnológicas estão mais relacionadas com o volume de precipitações antecedentes as coletas, o uso da terra presente no período de coleta e a geomorfologia predominante nas áreas de captação. Visto que as maiores alterações nas características limnológicas ocorreram na coleta de setembro, relacionando-se com o maior volume de chuvas, o uso da terra destinado à agricultura (especialmente solo exposto) e a influência da forte dissecação do relevo, principalmente na bacia hidrográfica do rio do Peixe.

**ABSTRACT**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Geografia  
Universidade Federal de Santa Maria

LAND USE IN THE WATERSHEDS OF THE PEIXE RIVER (SC) AND THE  
PELOTAS RIVER (RS/SC) AND THEIR INFLUENCE IN LIMNOLOGY OF THE  
ITÁ RESERVOIR (RS/SC)

AUTHOR: Luciane Strassburger

MONITOR: Waterloo Pereira filho

Defense date and place: Santa Maria, 25 de fevereiro de 2005.

The conservation of the hydric resources is a growing increasing, since only small portion is available for human consumption and the activities. The population growth and jointly with new technology development intensifies human activities in the terrestrial and aquatic way, causing deterioration in the water quality. This way, they stand out the studies that aim at the integration of the terrestrial and aquatic ways driving the environment the protection and conservation. In this sense, this work sought to identify the relationships among the limnology characteristics of the UHE-Itá (RS/SC) reservoir, the land use and relief watershed of the Peixe and Pelotas rivers, seeking integrated approach of the aquatic and terrestrial ecosystems in the dynamics of the environmental quality. Through the analysis of the cartographic products one verified that the watersheds of the Peixe and Pelotas rivers don't present expressive differences as for the land, prevailing the field, the agriculture and the forest, respectively. In relation to the permanent preservation areas surrounding the reservoirs were observed that these are not respected. Already in the geomorphology, the watersheds of the Peixe river presents  $\frac{3}{4}$  of the area practically with strong relief dissection, while in the watersheds Pelotas river  $\frac{1}{3}$  of the area just comes strongly dissected. As for the limnology characteristics the most expressive differences happened in the variables: total of sediments in suspension, depth of the disk of Secchi and color of the water. Starting from these verifications it can be inferred that the main alterations found for the limnology variables are more related with the volume of antecedent precipitations, the current use in the collection period and predominant geomorphology in the reception areas. The largest alterations in the limnology characteristics happened in collection September, linking with the largest rain volume, the land use destined to the agriculture (especially exposed soil) and the influence of the strong dissection of the relief, mainly in the watershed of the river of the Peixe.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso esgotável e sua demanda cresce a cada dia com o aumento da população e dos meios de produção visando tecnologias mais avançadas e lucro. Com isso, torna-se de fundamental importância a conservação dos recursos hídricos disponíveis para o consumo humano, pois apenas uma pequena parcela pode ser utilizada pela população, ou seja, a água de fácil acesso à humanidade representa apenas 0,3% do total da água disponível no planeta (Rebouças, 1999). Uma característica da expansão da utilização dos recursos naturais do século XX é a utilização da água para geração de energia, através da construção de usinas hidrelétricas, as quais alteram profundamente as condições ambientais naturais (Kelman, 1999).

A conscientização dos povos em relação à falta de água fez com que a água que não possuía nenhum valor econômico entrasse para o grupo dos bens economicamente preciosos, ou seja, a água já tem um valor financeiro que deverá crescer no tempo e desencadear muitos problemas sociais, políticos e econômicos.

O Brasil é um país privilegiado quanto a disponibilidade de recursos hídricos, possui 12% do total mundial, mesmo assim enfrenta problemas devido a heterogeneidade de distribuição dos recursos, ou seja, apresenta regiões com grande abundância de água e outras em que este recurso encontra-se escasso durante quase todo ano. Com isso enfrenta sérios problemas, pois parte de sua população, principalmente na região Nordeste, apresenta problemas com a falta de água, enquanto que a região Amazônica é a que apresenta maior disponibilidade de recursos hídricos e menor índice populacional (Hespanhol, 1999).

Dentre os problemas enfrentados pela falta de água está a falta de energia elétrica, já que grande parte desta é gerada através de usinas hidrelétricas, portanto, a diminuição dos índices pluviométricos ocasiona a diminuição do volume de água nos reservatórios das usinas o que vem a

propiciar a diminuição da geração de energia acarretando problemas para a população de um modo geral e para a produção industrial.

Contudo, as atividades humanas estão ocasionando deterioração na qualidade da água, pois esta muitas vezes serve como depósito de resíduos indesejáveis à população, além de nas áreas rurais receber grande aporte de materiais, como solo, galhos e defensivos agrícolas utilizados nas lavouras, causando grandes alterações físicas e químicas, ou seja, alterando sua qualidade.

Neste sentido, tem-se procedido a realização de vários estudos visando a conservação e uso correto do meio ambiente, destacando-se as pesquisas que visam a integração dos ambientes terrestre e aquático, pois só a visão conjunta da proteção desses ecossistemas pode levar a obtenção de resultados satisfatórios.

Nesta visão, o uso de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, aliados à tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem sido largamente empregado pois permite o monitoramento tanto de variáveis do sistema aquático como terrestre, levando a uma visão integrada dos processos de proteção e/ou degradação dos referidos ecossistemas, possibilitando uma visão sinóptica dos mesmos.

Assim, o uso da terra torna-se relevante e de grande importância para a preservação e manejo dos recursos naturais, principalmente tratando-se das áreas de preservação permanente da vegetação no entorno de reservatórios de água e nas bacias hidrográficas que neles deságuam, pois se deve levar em conta os fatores que influenciam na configuração e proteção da flora e fauna tanto do ecossistema aquático quanto terrestre, já que a alteração das características de um ecossistema pode levar a alteração no outro, causando, muitas vezes, sérios problemas, como por exemplo, o grande aporte de agrotóxicos, nutrientes e macronutrientes das lavouras para o manancial de água ocasionando crescimento exagerado das plantas aquáticas e, conseqüentemente a morte da ictiofauna devido à falta de oxigenação (Esteves, 1998; Tundisi *et al.*, 1999).

A avaliação do uso da terra das bacias hidrográficas que drenam para o reservatório é relevante devido a influência nas características da água do reservatório, pois este recebe todo o fluxo energético (água, carga sólida e dissolvida) das bacias hidrográficas que nele deságuam.

No Brasil, de um modo geral, cada vez mais, as áreas do entorno de represas e encostas de rios são utilizadas para expansão agrícola acarretando alterações nas condições físicas da água, principalmente, através dos processos de lixiviação dos solos.

A importância da preservação dessas áreas se destaca devido aos solos descobertos serem mais suscetíveis de erosões eólicas e hídricas, trazendo como consequência sérios prejuízos para a agricultura e alterações no ambiente aquático devido ao maior aporte de materiais oriundos do ecossistema terrestre, o que é favorecido pela falta de vegetação ciliar e pela inclinação das vertentes. A preservação da vegetação torna-se fundamental para a conservação das características dos ambientes terrestre e aquático, neste sentido é conceito generalizado entre as organizações mundiais de conservação do meio ambiente, que uma região correspondente a uma Unidade de Planejamento (Região Fisiográfica, Estado, Bacia ou Sub-bacia Hidrográfica, Município ou Propriedade Rural) deve possuir, no mínimo, 25% de cobertura florestal para que se estabilizem os processos de erosão, enchentes, fixação da mão-de-obra no meio rural e produção de matéria-prima (Rocha, 1999).

Dentro dessa perspectiva optou-se por verificar através do uso de técnicas de Geoprocessamento, o uso da terra e a geomorfologia nas bacias hidrográficas do rio do Peixe (SC) e do rio Pelotas (SC/RS), os quais deságuam no lago, e no entorno da Usina Hidrelétrica (UHE)- Itá, localizada na bacia hidrográfica do Rio Uruguai, na divisa dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Figura 1). Sua inauguração ocorreu em outubro de 2000, com capacidade de geração de 1450 MW, e a área do lago perfaz um total de 141 Km<sup>2</sup> (AMULBI, 2000).



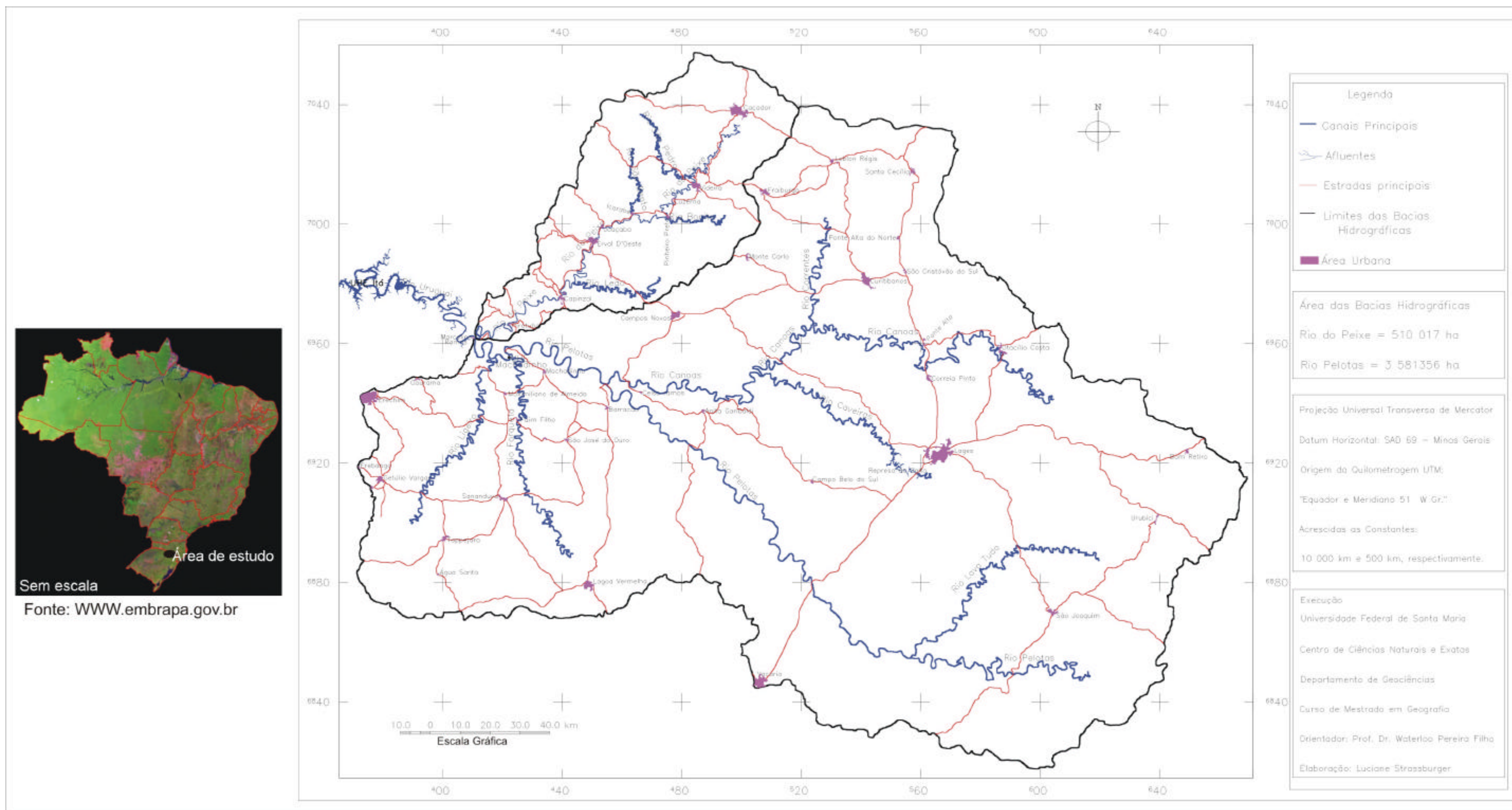


FIGURA 1: Mapa de Localização Representação da Área de Estudo

A região de influência do lago da UHE- Itá pertence geomorfologicamente a Bacia do Paraná e caracteriza-se por apresentar relevo irregular, com vales profundos e estreitos. A vegetação original encontra-se bastante alterada e degradada e distribui-se de forma rarefeita e esparsa nas encostas dos rios e das serras; em função disso a fauna vertebrada local encontra-se também, bastante descaracterizada e reduzida (Zonin, 1994).

Neste contexto, esta pesquisa visa caracterizar limnologicamente o reservatório de Itá e identificar possíveis alterações das variáveis limnológicas advindas da não conservação das Áreas de Preservação Permanente no entorno do lago, do uso da terra e da geomorfologia das bacias hidrográficas dos rios do Peixe e Pelotas, bem como de suas Áreas de Preservação Permanente. Visto que observou-se em campo diferentes colorações da água nos rios destas bacias hidrográficas e no próprio lago do reservatório da UHE-Itá, além de concentração variável de sedimento em suspensão (Strassburger, L. 2003)

### **1.1 Objetivo Geral**

Identificar as relações entre as características limnológicas do reservatório da UHE-Itá (RS/SC), o uso da terra e o relevo das bacias hidrográficas dos rios do Peixe (SC) e Pelotas (RS/SC), visando uma abordagem integrada dos ecossistemas aquático e terrestre, através de duas coletas das variáveis aquáticas, realizadas nos meses de setembro e dezembro de 2004.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar limnologicamente o ambiente aquático do reservatório de Itá através das variáveis: pH, total de sedimentos em suspensão (TSS), profundidade Secchi, condutividade elétrica, total de sólidos dissolvidos (TDS) e temperatura da água, nos ambientes lênticos dos rios do Peixe, Pelotas e Uruguai.

- Verificar os diferentes tipos de uso da terra das bacias hidrográficas dos rios do Peixe (SC) e Pelotas (RS/SC) e do entorno do reservatório da UHE - Itá, através de imagens de satélite;
- Identificar as classes geomorfológicas, segundo metodologia proposta por Ross (1990), presentes nas bacias hidrográficas dos rios do Peixe (SC) e Pelotas (RS/SC);
- Avaliar possíveis relações entre a geomorfologia, o uso da terra e o padrão limnológico;
- Identificar as Áreas de Preservação Permanente em função da rede de drenagem e, determinar as Áreas de Conflitos Ambientais em função do uso da terra e das resoluções do Código Florestal Federal (1965).

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Integração dos Ecossistemas Terrestre e Aquático

Pode-se dizer que as maiores perturbações causadas aos ecossistemas aquáticos advêm das atividades desenvolvidas pela sociedade humana. Como exemplo dessas atividades podemos citar a grande geração de resíduos industriais, falta de tratamento de esgotos, manejo inadequado do solo, uso indiscriminado de agrotóxicos e produtos químicos na agricultura, acidentes com combustíveis fósseis, bem como, lixo, árvores e animais mortos que são jogados diretamente nos mananciais de água. Além de causar grandes alterações da qualidade da água, essas atividades podem também causar doenças quando do consumo humano da água ou de seu uso para irrigação.

O ecossistema pode ser caracterizado como sendo “a unidade funcional básica na ecologia, pois inclui tanto os organismos quanto o ambiente abiótico. Sendo os ecossistemas, sistemas abertos, o ambiente de entrada e o ambiente de saída devem ser considerados partes importantes” (Odum, 1983, p. 39). Assim, nota-se que há uma grande interdependência entre o ecossistema aquático e o terrestre e a ação humana se destaca na produção de modificações nos mesmos através de seu uso indiscriminado.

Um ecossistema, como por exemplo, um lago, parece auto-suficiente, mas na verdade são sistemas abertos que formam parte de sistemas maiores de bacias hidrográficas e suas características são dependentes dos ambientes adjacentes (solo, vegetação e atividades antrópicas) e das águas que lhes são afluentes, ou seja, da bacia hidrográfica à qual se insere (Odum, 1983; Mota, 1997; Esteves, 1998; Tundisi *et al.*, 1999).

O tempo de recuperação dos ecossistemas é variável de acordo com o tipo de perturbação que apresentam. As perturbações periódicas naturais apresentam maior elasticidade, assim, a recuperação após ação antrópica é menos rápida do que em “ambientes físicos benignos, não tão sujeitos a perturbações graves” (Odum, 1983, p.124).

A estabilidade e o funcionamento dos ecossistemas ao longo dos anos, são determinados em grande parte pelas taxas de influxo e afluxo de água, materiais e organismos vindos de outros ecossistemas, por exemplo, do solo carregado através da erosão da água das chuvas, do ambiente terrestre para o aquático, alterando as características físicas, químicas e biológicas de ambos.

A cobertura vegetal no entorno de reservatórios e rios é um dos fatores naturais que tem importância fundamental na preservação da qualidade da água dos mesmos. Destaca-se que com a retirada da vegetação ocorre maior fluxo de sedimentos para o lago, ocasionando alteração nas características limnológicas da água, como por exemplo, a diminuição de oxigênio dissolvido e conseqüentemente a morte da ictiofauna (Tundisi *et al.*, 1999).

Uma das formas de perturbação criada pela ação antrópica que interfere na qualidade da água é desencadeada pelo transporte de sedimentos e de produtos químicos através dos processos de escoamento até os mananciais e de sua infiltração no solo, o que é favorecido com a retirada de florestas (Tucci, 1993; Rocha 1999).

Com o maior aporte de nutrientes e dejetos urbano-industrial para dentro do ecossistema aquático pode vir a causar eutrofização dos lagos, ou seja, aumenta a produção de matéria orgânica, resultando na degradação dos lagos, formando gases venenosos que matam a ictiofauna e tornam a água imprópria para o consumo humano (Tucci, 1993; Esteves, 1998). Neste sentido, Odum (1983) reforça dizendo que as concentrações de nutrientes em áreas de paisagens 100% urbano-agrícolas são sete vezes maiores do que nos riachos que drenam uma bacia hidrográfica totalmente florestada.

Em estudo realizado por Camargo et al. (1996) em alguns rios do litoral paulista, os autores concluíram que suas características limnológicas são fortemente influenciadas pela fisiografia (altitude, geologia e vegetação). Contudo, nos rios que recebem efluentes orgânicos, a poluição é o maior fator determinante das características limnológicas.

Na UHE Itá, em estudo realizado por Zonin no ano de 1994 (antes do fechamento do lago), foi constatado que cerca de 80% da carga de poluentes

orgânicos que chegavam aos cursos d'água provinham das indústrias alimentícias, de celulose e curtume, sendo, portanto, a poluição industrial a maior responsável pela poluição dos cursos d'água.

## **2.2 Bacia Hidrográfica**

No âmbito dos estudos ambientais as bacias hidrográficas estão sendo utilizadas como unidades básicas de planejamento, pois representam a unidade geográfica que integra as características físicas, humanas e econômicas, constituindo-se em ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela ação antrópica que podem acarretar desequilíbrios e riscos tanto no ambiente terrestre quanto aquático. Nessa perspectiva Rocha (1999, p.71) enfatiza que “a unidade Bacia Hidrográfica já está definida em Lei como Unidade de área aconselhável para estudos e projetos, em todo território nacional”.

A bacia hidrográfica pode ser definida como sendo a área drenada por um sistema de drenagem inter-relacionado, controlado por um divisor (linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas através da conformação das curvas de nível existentes na carta topográfica e ligam os pontos mais elevados da região em torno da bacia considerada) e que drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum que pode ser um rio, lago, reservatório ou oceano (Villela e Matos, 1978; Ramos, 1989; Guerra e Cunha, 1996).

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas desenvolvidas, uma vez que, mudanças significativas em qualquer dessas unidades podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos à jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, carga sólida e dissolvida).

As mudanças que ocorrem no interior das bacias hidrográficas podem ter causas naturais, entretanto, nos últimos anos, o homem tem participado como

um agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrios da paisagem.

As características naturais podem contribuir para a erosão potencial das encostas e para os desequilíbrios ambientais, pois a rede de drenagem é o reflexo de um conjunto de variáveis físicas como clima, relevo, solos, substrato rochoso e vegetação. Assim é importante que se tenha o conhecimento da potencialidade real e das limitações de uso dessas áreas para conservar o ambiente em equilíbrio, pois a bacia hidrográfica representa um papel relevante e pressupõe a participação integrada dos diferentes agentes para que haja desenvolvimento e sustentabilidade ambiental na administração, principalmente da água e das florestas nativas (Guerra e Cunha, 1996).

### **2.3 Construção de Reservatórios e a Limnologia**

As alterações ambientais causadas quando da criação de lagos artificiais são de grande importância para o monitoramento da qualidade da água. A construção de um reservatório de água altera significativamente as condições naturais de uma determinada seção do rio. Com a construção de um reservatório as alterações no ritmo e na vazão do rio faz com que locais de correnteza se transformem em ambientes lênticos alterando as características físicas da água (Branco e Rocha, 1977; Tundisi et. al, 1999).

Neste mesmo sentido Thomaz et al. (1997), reforçam dizendo que “a construção de uma barragem implica no aumento imediato do tempo de residência da água do antigo sistema lótico”. Destacando que essa transformação do ambiente lótico para lêntico é a principal responsável pelas alterações nas características limnológicas observadas nas águas represadas e a jusante das mesmas.

Ocorrem também alterações na fauna e na flora circunvizinhas e na qualidade física e química da água à jusante da represa, o que vai refletir na biota aquática, além de em longo prazo serem observadas alterações químicas no solo das áreas alagáveis (Esteves, 1998; Tundisi, et al., 1999).

O desvio da água, reduzindo a vazão do rio, prejudica a vida aquática e terrestre, ocorrendo modificações nas variáveis limnológicas, como por exemplo as taxas de oxigênio, o total de sedimento em suspensão, o surgimento de termoclina, entre outros (Tundisi et al., 1999).

Como exemplo das alterações ocorridas quando da construção de lagos artificiais e/ou reservatórios de água, pode-se citar a construção da UHE Tucuruí no Pará que proporcionou a inundação de uma grande área de floresta e como efeito ocorreu em curto prazo o crescimento acelerado de plantas aquáticas flutuantes e o surgimento de alta concentração de insetos (Pereira Filho, 2000).

Para que se possa entender a dinâmica das variáveis limnológicas é preciso primeiramente ter-se uma visão geral da estrutura e funcionamento do ecossistema aquático, o que é chamado de metabolismo do ecossistema aquático e que segundo Esteves (1998), compreende três etapas principais: produção, consumo e decomposição.

A produção de um ecossistema aquático é realizada por todos os organismos capazes de sintetizar matéria orgânica a partir de gás carbônico, sais minerais e energia solar. Estes organismos são chamados de produtores primários, vivem na zona eufótica (iluminada) do lago, sendo principalmente constituídos por algas, macrófitas e bactérias.

O consumo é representado pelos organismos que detêm sua energia direta ou indiretamente, a partir de matéria orgânica sintetizada pelos produtores primários, como exemplo, têm-se o zooplâncton, os peixes e os insetos. Nesta etapa citam-se os consumidores primários, secundários e assim sucessivamente.

A terceira e última etapa do metabolismo aquático é a decomposição, a qual é realizada principalmente por bactérias e fungos, que decompõem a matéria orgânica em sais minerais, água e gás carbônico. O papel dos decompositores é fundamental no ecossistema aquático, pois, através de sua atividade eles promovem a circulação dos nutrientes possibilitando que estes sejam reaproveitados pelos organismos produtores.



Para que as etapas do metabolismo aquático ocorram sem prejuízo aos habitantes do meio é preciso que as características da água não sejam alteradas profundamente, ou seja, devem manter uma estabilidade aceitável de seus valores.

Um dos fatores que influenciam no metabolismo do ecossistema aquático são as plantas aquáticas e que segundo Pereira Filho (2000, p.22): “o desenvolvimento de plantas aquáticas está relacionado com a disponibilidade de luz, temperatura da água, velocidade da água e concentração de nitrogênio, fósforo e carbono inorgânico dissolvido”, além de serem influenciadas pelo relevo submerso que pode ajudar a determinar condições específicas dentro de um lago.

Com a formação de reservatórios em áreas florestais, como na Região Amazônica ocorre na fase inicial do represamento, o surgimento das plantas aquáticas devido a intensa liberação de nutrientes pela vegetação afogada e em decomposição (Esteves, 1998). Pereira Filho (2000, p.23), relata que devido ao “fornecimento de nutrientes oriundos da decomposição da floresta, e as condições ecológicas proporcionaram no reservatório de Curuá-Una, localizado da Região Amazônica, uma infestação de plantas aquáticas de 23,4% da área do reservatório e de 35,5% no reservatório de Tucuruí, no Pará”.

Destaca-se que foi noticiado pelos jornais que o reservatório de Itá, construído em 2000, o qual localiza-se entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, também apresentou reação característica de eutrofização através do crescimento acentuado de plantas aquáticas, principalmente nos primeiros meses de surgimento do lago, apesar de encontrarem-se inseridos num contexto ambiental diferenciado dos lagos da Região Amazônica, principalmente no que diz respeito ao uso da terra em suas bacias hidrográficas.

Portanto, observa-se que há necessidade da limpeza das áreas a serem inundadas para que não ocorram grandes alterações nas características

limnológicas e na qualidade da água, evitando assim futuros problemas de eutrofização, demanda de oxigênio e assoreamento dos reservatórios.

Não basta simplesmente afogar a mata existente causando sua putrefação, como foi feito nos reservatórios de Guarapiranga e Billings (São Paulo) ou proceder a queima generalizada da mata como ocorreu na barragem, de Ribeirão do Campo (São Paulo), onde as cinzas tornam o solo fértil e a vegetação passou a crescer mais rapidamente do que a lâmina d'água quando do enchimento do reservatório. Estes procedimentos acabam por ocasionar grandes alterações nas características físico-químicas das águas fazendo com que ocorra eutrofização dos lagos, devido ao crescimento intenso da vegetação ou sua putrefação, além da formação de gases mal cheirosos, intensa coloração da água, proliferação de microorganismos indesejáveis (Branco e Rocha, 1977).

### **2.3.1 Variáveis Limnológicas**

A disponibilidade de luz no ecossistema aquático influencia diretamente no seu metabolismo (Pereira Filho, 2000). A porção iluminada da coluna d'água é denominada zona eufótica e pode variar desde alguns centímetros até dezenas de metros. A avaliação de transparência da água de maneira mais simples é obtida através do disco de Secchi (Esteves, 1998). Entretanto, os melhores resultados e fidelidade dos dados depende de várias condições, como: o horário da medida, rugosidade da água, a cobertura de nuvens, precipitação e da própria condição interna da água, sendo que as águas mais turbidas tendem a subestimar o coeficiente de atenuação da luz, devido a dispersão da luz ser muito intensa (Esteves, 1998; Kirk, 1996; Pereira Filho, 2000). Contudo apesar de haver alguns fatores limitantes o disco de Secchi é utilizado amplamente e quase universalmente, devido principalmente a sua facilidade de transporte de obtenção dos dados.

O disco de Secchi consiste em um disco branco de 20 a 30 cm de diâmetro ao qual é acoplada uma corda marcada e sua medida é obtida mergulhando-se o disco na água e observa-se a profundidade de seu desaparecimento e, a profundidade obtida (em metros) é denominada transparência do disco de Secchi, profundidade Secchi ou profundidade do disco de Secchi. “O valor do disco de Secchi expressa uma relação direta com a transparência da água, sendo que quanto menor for a transparência da água, menor será a profundidade em que é possível a visualização do disco, devido a maior dispersão da luz.” (Pereira Filho, 2000, p.29). Por outro lado, o valor do disco de Secchi é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no percurso da luz e ao coeficiente de atenuação da irradiância (Esteves, 1998; Kirk, 1996).

No reservatório de Tucuruí/Pará, Pereira Filho (2000, p.29) observou que “a atenuação da luz ocorre de forma diferenciada ao longo do reservatório”, destacando que existem correlações entre a reflectância da água e as variáveis limnológicas, ocorrendo, por exemplo, alta correlação entre reflectância da água e totais de sedimento em suspensão (TSS), disco de Secchi e profundidade total.

Dentre as variáveis limnológicas que recebem influência do ecossistema terrestre, bem como das atividades nele realizadas, tem-se a concentração de sedimento em suspensão e de acordo com Pereira Filho & Galvão (1997): “A concentração de sedimento em suspensão (CSS) está normalmente relacionada com a forma de uso da terra, os solos, a geomorfologia e a geologia das bacias hidrográficas que drenam aos reservatórios”.

O aumento do material em suspensão na água advindo do uso inadequado do solo e de práticas agrícolas antiquadas e suas conseqüências como: redução da zona eufótica, redução da concentração de oxigênio, redução do fitoplâncton e mortandagem de macrófitas e da ictiofauna é destacada por Tundisi et al. (1999).

Os sedimentos em suspensão podem ser opacos ou transparentes, coloridos ou incolores e estão diretamente relacionados com a disponibilidade

de luz no ecossistema aquático (Branco, 1978; Pereira Filho, 2000). Quanto maior for a quantidade de sedimentos ou partículas encontradas na água, mais difícil será a absorção da luz, ou seja, menor será a zona eufótica na coluna d'água. Assim, Pereira Filho (2000), descreve que “O aumento de partículas em suspensão na água altera o coeficiente de retroespalhamento, mais do que o coeficiente de absorção. Como consequência ele aumenta o fluxo emergente, o que ocorre principalmente em comprimentos de onda, onde as partículas não absorvem energia fortemente”.

Em condição de elevada concentração de sedimentos, ocorre queda acentuada na disponibilidade de energia para realização do metabolismo aquático (Curran & Novo, 1988; Pereira Filho, 2000). A temperatura da água afeta os processos biológicos. A proporção na qual a matéria orgânica se decompõe e na qual os microorganismos morrem, aumenta pela elevação da temperatura. Para cada organismo existe uma faixa de temperatura para o crescimento e morte ideal (Tucci, 1993).

Mudanças bruscas na temperatura de reservatórios podem resultar na morte e desaparecimento de organismos aquáticos, pois “a temperatura é um dos fatores que governam a existência e interdependência dos organismos e espécies aquáticas (bactérias, peixes, algas e plantas aquáticas, entre outros)” (Tucci, 1993).

A maior parte das energias que produzem calor em uma massa d'água é proveniente das radiações solares e a capacidade de penetração das radiações no meio aquático depende não só da energia da radiação solar como também da quantidade de material pigmentado presente na água, pois estes oferecem resistência à penetração da luz. Assim, apenas as regiões mais superficiais são afetadas diretamente pela radiação solar e as transferências destas camadas para as mais profundas são realizadas principalmente por movimento de circulação devido as diferentes densidades e pela ação misturadora dos ventos. Na camada superior de um lago não se observam grandes variações de temperatura e há um decréscimo rápido a partir dos 12 metros de profundidade (Branco, 1978).

A formação de lagos e barragens pode produzir a estratificação vertical da temperatura devido a grande profundidade e a pouca velocidade da água. Com a estratificação da temperatura formam-se três camadas (epilímnio, metalímnio e hipolímnio) de diferentes temperaturas (Figura 2), as quais caracterizam-se por: Epilímnio que tende a ter temperatura uniforme e estar misturado devido às ações externas (vento e entrada e saída de vazão); Metalímnio é onde ocorre o gradiente de temperatura, denominado de termoclina, nesta camada ocorre o equilíbrio das ações do vento, radiação solar e empuxo da massa d'água e o Hipolímnio onde o gradiente é uniforme e a massa d'água não sofre ação de forças externas (Tucci, 1993).

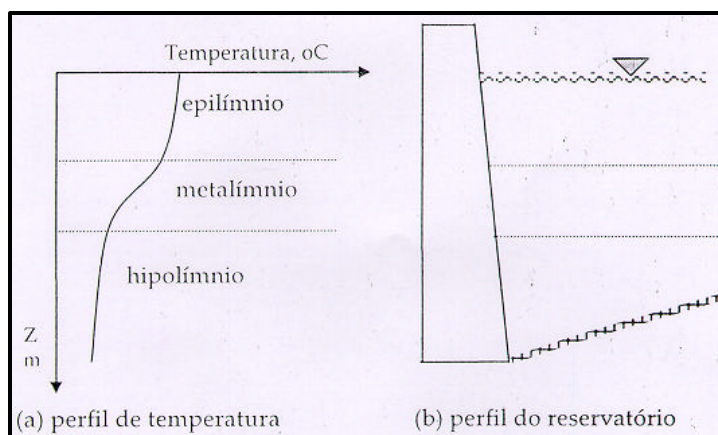


FIGURA 2-Estratificação Térmica de Reservatórios

Fonte: Tucci (1998), p. 584.

Outra variável a considerar é o pH (Potencial Hidrogeniônico) porque as alterações nos seus valores podem vir a afetar o processo de tratamento da água, alterações químicas no solo das áreas alagáveis e na vida aquática, principalmente dos peixes. O pH tem uma escala que varia de 0 a 14. Na água onde os valores de pH são menores do que 7 esta água é considerada ácida; quando temos o pH igual a 7 a água é considerada neutra e onde os valores de pH maiores do que 7 a água é considerada alcalina. A Organização Mundial da Saúde recomenda teores máximos de pH para água de consumo variando

entre 7,0 e 8,5 e em mananciais para tratamento convencional valores variando de 6,5 a 9,2 (Tucci, 1993; Esteves, 1998).

No Brasil foi aprovada em dezembro de 2000, a portaria n.º 1.469/2000 do Ministério da Saúde/ Fundação Nacional de Saúde que trata do Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu padrão de potabilidade, a qual estabelece o valor de pH variando entre de 6 a 9,5 para água de consumo humano<sup>1</sup>.

Ainda, a Resolução do CONAMA N.º 20/86 que estabeleceu o nível de qualidade a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo, considerou que o pH deve manter-se entre 6 e 9 para as águas doces.

Para Odum (1983): “Solos e águas ácidos (pH inferior a 7) são geralmente característicos de regiões situadas sobre rochas ígneas e metamórficas; águas e solos alcalinos ou “duros” ocorrem em regiões com substratos calcáreo ou similares.” Assim, o substrato da área de estudo situada sobre a Bacia do Paraná, Formação Serra Geral, pressupõe águas ácidas.

A presença de certos tipos de despejos eventualmente acumulados em lagos pode afetar profundamente o pH influenciando negativamente a fauna e flora aquáticos (Branco e Rocha, 1977). Isso reforça a importância da preservação dos mananciais de água quanto aos poluentes que neles são despejados.

A condutividade elétrica é outra variável a considerar, devido estar relacionada com a capacidade do meio em propagar energia. A condutividade está também relacionada com os elementos nela dissolvidos. “A sua variação fornece informações sobre processos importantes nos ecossistemas aquáticos, como a produção primária (redução dos valores) e a decomposição (aumento dos valores)” (Pereira Filho, 2000, p.31).

Esta variável pode ajudar na identificação de fontes poluidoras e identificar diferenças geoquímicas entre afluentes, pois a Condutividade Elétrica está associada à composição iônica da água (Esteves, 1998).

---

<sup>1</sup> Disponível em: <[www.opas.org.br](http://www.opas.org.br)> Acesso em: junho de 2004

A condutividade da água está relacionada com os elementos nela dissolvidos, assim:

A condutividade elétrica corresponde à capacidade do meio em conduzir eletricidade. A capacidade de condução de eletricidade no meio aquático é dependente, para valores médios de pH, da composição iônica. Os íons mais diretamente responsáveis pela Condutividade Elétrica são denominados macronutrientes e são compostos por cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato, cloreto, etc. A temperatura e o pH também modificam o valor da Condutividade Elétrica. A atividade iônica aumenta cerca de 2% para cada grau centígrado (Pereira Filho, 2000, p.31).

O total de sólidos dissolvidos é outra característica limnológica importante para o metabolismo dos ecossistemas aquáticos e para a água de consumo humano, pois concentrações elevadas tornam a água imprópria para o consumo humano, ou seja, a água passa a ter um sabor desagradável.

Altas concentrações de alguns sólidos, principalmente sulfetos e cloretos podem causar corrosão, danificando os sistemas de água. Branco e Rocha (1977), destacam que o Water Quality Criteria recomenda que o total de sólidos dissolvidos não exceda 500mg/L, nos locais em que existam mananciais disponíveis com teores menores que esse. Em trabalho realizado por Souza (2001), também encontra-se referências em relação ao total de sólidos dissolvidos, dizendo que concentrações maiores que 400 mg/L de sais tornam a água imprópria para o consumo e que para a água ter sabor agradável não deve exceder 500 mg/L.

## **2.4 Sensoriamento Remoto**

O Sensoriamento Remoto pode ser definido como a utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos e fenômenos sem que

haja contato físico entre eles. As informações sobre o objeto, neste caso, são derivadas a partir da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam. Os dados do objeto são transferidos para o sensor através de energia, principalmente, a energia ou radiação eletromagnética. Esses dados adquiridos pelos sensores são registrados e assim torna-se possível a extração de informações sobre o ambiente terrestre (Novo, 1998). Na Figura 3 pode-se observar os caminhos e os elementos envolvidos na fase de aquisição dos dados de sensoriamento remoto.

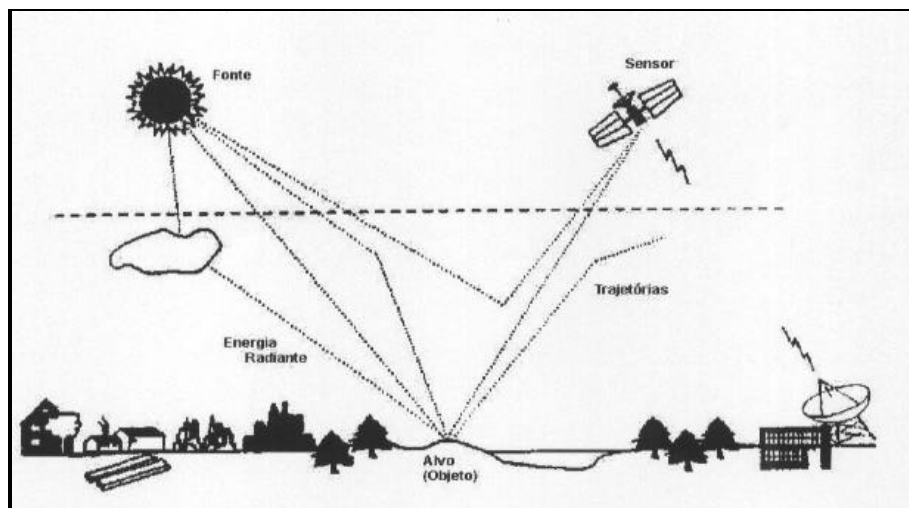


FIGURA 3: Elementos envolvidos na fase de aquisição de dados  
Fonte: INPE, 2001

Portanto, as características de cada alvo/objeto são detectadas de diferentes formas possibilitando a descrição e obtenção de informações referentes aos diferentes objetos detectados. Nesse sentido, “a interação da radiação eletromagnética com os alvos da superfície da Terra e com o próprio solo depende, sobretudo das características de cada um dos alvos e do meio ambiente que os cerca” (Moreira, 2003, p. 109), apresentando assim, diferentes quantidades de energia absorvida e refletida, o que possibilita a discriminação



de diferentes ocupações da superfície terrestre, pois cada alvo/objeto possui respostas espectrais diferenciadas.

A evolução do Sensoriamento Remoto tem proporcionado imagens com resoluções cada vez melhores e com periodicidade das imagens, as quais associadas as técnicas de extração de informações oriundas do processamento de imagens tem ampliado a sua utilização em diversas áreas do conhecimento e assim o homem tem observado, desde as primeiras imagens orbitais obtidas do planeta Terra, uma grande degradação do ambiente terrestre (Rocha, 1999).

Através destes conceitos nota-se que os dados de Sensoriamento Remoto são adquiridos através de sensores a bordo de satélites e aeronaves e permitem obter informações sobre objetos e fenômenos da superfície terrestre através de equipamentos para transmissão, recepção, armazenamento e processamento dos objetos imageados com objetivo de estudá-los nos domínios espacial, físico e temporal através da análise das interações registradas pelo sistema sensor entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra (Rocha, 2000).

O mesmo autor destaca, citando Novo (1999), que o sistema de aquisição de informações é formado por alguns subsistemas importantes: *sistemas sensores*- equipamentos que focalizam e registram a radiação eletromagnética proveniente de um objeto; *sistema de processamento de dados*- converte o dado bruto produzido pelo sensor em variável física possível de ser interpretada e convertida em informação; *sistemas de análise*- incluem todas as ferramentas, destacando-se os SIGs, que permitem integrar a informação derivada de Sensoriamento Remoto às outras fontes.

O uso do Sensoriamento Remoto pode ser metodologicamente dividido em duas fases: a de aquisição (processos de detecção e registro de informação) e a da análise (tratamento e interpretação dos dados orbitais) (Costa, 2000).

Dentre os sistemas de Sensoriamento Remoto disponíveis destaca-se para estudo de Recursos Naturais o satélite LANDSAT que possuía órbita

quase polar e recobria grande parte da totalidade da Terra. O satélite LANDSAT 7 foi lançado em 1999 com os sensores ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) e PAN (pancromático), operava com sete canais multiespectrais e um canal PAN. A resolução com o sistema ETM é de 30 metros e com o sistema PAN de 15 metros. A operação do satélite era administrada pela NASA<sup>2</sup> e permaneceu produzindo imagens até o ano de 2003. Cada banda representa resposta de uma faixa espectral. A imagem colorida é feita com três bandas de acordo com as características a serem realçadas (Rocha, 2000).

O mapeamento temático a partir das bandas do LANDSAT depende das características da região, época do ano e variações regionais. A combinação das bandas 3, 4 e 5 (RGB) mostra mais claramente os limites entre solo e água, com a vegetação mais discriminada (Rocha, 2000). Assim, a composição 3, 4, 5 (RGB) é a que representa melhor o conjunto de usos da terra, pois diferencia a resposta espectral dos alvos imageados. O Quadro 1 apresenta resumidamente as características e aplicações das bandas do LANDSAT.

Deste modo, é possível obter maior conhecimento da superfície terrestre através das imagens geradas pelo Sensoriamento Remoto e sua interpretação, ou seja, o Sensoriamento Remoto é uma ferramenta que auxilia a cartografia no conhecimento e localização dos fatos geográficos.

---

<sup>2</sup> National Agency and Space Administration

QUADRO 1 - Características das bandas espectrais do sistema LANDSAT

| Banda | Intervalo ( $\mu\text{m}$ ) | Principais características e aplicações  |
|-------|-----------------------------|--|
| 1     | (0.45-0.52)                 | Apresenta grande penetração em corpos d'água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos.<br>Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares.<br>Apresenta sensibilidade a nuvens de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial.  |
| 2     | (0.52-0.60)                 | Apresenta grande sensibilidade a presença de sedimentos em suspensão.<br>Boa penetração em corpos d'água.  |
| 3     | (0.63-0.69)                 | Permite bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação (exemplo: solo exposto, estradas, áreas urbanas).<br>Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura florestal.<br>Permite o mapeamento de drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal.<br>É a banda mais utilizada para identificar manchas urbanas.<br>Permite a identificação de áreas agrícolas. |
| 4     | (0.76-0.90)                 | Permite o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos d'água.<br>A vegetação verde, densa e uniforme reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem mais clara nas imagens.<br>Permite a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.<br>Permite a visualização de áreas ocupadas por macrófitas aquáticas (exemplo: aguapé).<br>Permite a identificação de áreas agrícolas.  |
| 5     | (1.55-1.75)                 | Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse hídrico na vegetação.<br>Sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.   |
| 6     | (10.4-12.5)                 | Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.   |
| 7     | (2.08-2.35)                 | Apresenta sensibilidade a morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.<br>Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.   |

Fonte: Adaptado de Rocha (2000)

## 2.5 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas

Com o avanço técnico científico e a preocupação cada vez maior do conhecimento do espaço geográfico e a necessidade de informações sobre o mesmo, o homem busca rapidez na obtenção das informações utilizando sistemas dinâmicos e de fácil comunicação para armazenamento dos dados. Assim o Geoprocessamento apresenta um grande potencial influenciando as

áreas de cartografia, análise de recursos naturais, planejamento urbano/rural e regional e comunicações.

O termo “Sistemas de Geoprocessamento engloba todos os sistemas computacionais capazes de processar dados georreferenciados ... principalmente os SIG” (Lisboa Filho, 2002, p.111). O mesmo autor descreve que quatro aspectos caracterizam um dado georreferenciado: a descrição do fenômeno geográfico; sua posição (ou localização) geográfica; relacionamentos espaciais com outros fenômenos geográficos; e, instante ou intervalo de tempo em que o fenômeno existe ou é válido.

Em um sistema de geoprocessamento os dados estão sempre georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre através de uma projeção cartográfica e que o seu principal objetivo é fornecer ferramentas computacionais para que as evoluções espacial e temporal e as interrelações dos fenômenos geográficos possam ser determinadas e analisadas. Os instrumentos computacionais do geoprocessamento são conhecidos como SIGs e permitem a realização de análises complexas integrando dados de diversas fontes e criando banco de dados georreferenciados (Câmara e Medeiros, 1998; Burrough, P. A. e McDonnel, 1998). Diante disso Lisboa Filho (2002, p.110), complementa dizendo que os “Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são sistemas computacionais que permitem a captura, armazenamento, manipulação, recuperação, análise e apresentação dos dados referenciados geograficamente”.

Para Câmara e Medeiros (1998), os sistemas de informações geográficas efetuam o tratamento computacional de dados geográficos, armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados. Como os SIGs apresentam uma ampla gama de aplicações como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes, os autores definem que há pelos menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- Como ferramenta para produção de mapas;
- Como suporte para análise espacial de fenômenos;

- Como um banco de dados geográficos, com função de armazenamento e recuperação da informação espacial e sua atualização no tempo.

Devido a multiplicidade de usos e visões, a tecnologia dos SIGs, de acordo com Câmara e Medeiros (1998), apresentam como características principais:

- Integrar, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numérico do terreno (MNT);
- Oferecer 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.

Os mesmos autores descrevem ainda que nos SIGs identificam-se os seguintes componentes: interface com o usuário; entrada e integração de dados; consulta, análise espacial e processamento de imagens; visualização e plotagem; e, armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos). Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. O nível mais próximo ao usuário possui a interface homem-máquina que define como o sistema é operado e controlado. O nível intermediário compreende os mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). O nível mais interno do sistema é um sistema de gerenciamento dos banco de dados geográficos, controla o armazenamento e a recuperação de dados espaciais e seus atributos.

Para Felgueiras e Guaraci (1988) *apud* Trentin (2003, p.7), os SIGs permitem “integrar em uma única base de dados, informações provenientes de diversas fontes tais como: mapas temáticos, MNTs (mapas de contorno, declividades), imagem de satélite, dados tabulares na forma não gráfica”.

Dessa forma observa-se que o geoprocessamento e os SIGs auxiliam na compreensão da distribuição dos fenômenos espaciais, pois oferecem baixo custo e interfaces amigáveis, permitindo a visualização espacial de variáveis através de um banco de dados e de uma base geográfica, cujos resultados

podem ser apresentados em mapas de fácil interpretação e localização espacial dos diferentes padrões apresentados por um dado fenômeno, como por exemplo, o uso da terra de uma bacia hidrográfica. Além de permitirem a rápida atualização das informações devido a rapidez da manipulação de dados e obtenção de soluções, proporcionando uma visão precisa do ambiente de trabalho (Trentin, 2003).

Devido a estas vantagens o número de problemas onde os SIGs são empregados aumenta a cada dia. Estes sistemas tem sido utilizados em instituições públicas, empresas de prestação de serviços de utilidade (ex.: companhias de luz, água, telefone), na área de segurança militar e em diversas empresas privadas.

Para Lisboa Filho (2002), as áreas de aplicação de SIG podem ser divididas em cinco grupos principais:

*Ocupação Humana:* redes de infra-estrutura; planejamento e supervisão de limpeza urbana; cadastramento territorial urbano; mapeamento eleitoral; rede hospitalar; rede de ensino; controle epidemiológico; roteamento de veículos; sistemas de informações turísticas, controle de tráfego aéreo; sistema de cartografia náutica; serviços de atendimentos emergenciais.

*Uso da Terra:* planejamento agropecuário; estocagem e escoamento da produção agrícola; classificação de solos; gerenciamento de bacias hidrográficas; planejamento de barragens; cadastramento de propriedades rurais; levantamento topográfico e planimétrico; mapeamento do uso da terra.

*Uso dos Recursos Naturais:* controle do extrativismo vegetal e mineral; classificação de poços petrolíferos; planejamento de gasodutos e oleodutos; distribuição de energia elétrica; identificação de mananciais; gerenciamento costeiro e marítimo.

*Meio Ambiente:* controle de queimadas; estudos de modificações climáticas; acompanhamento de emissão e ação de poluentes; gerenciamento florestal de desmatamento e reflorestamento.

*Atividades Econômicas:* planejamento de *marketing*; pesquisas sócio-econômicas; distribuição de produtos e serviços; transporte de matéria prima.

Assim, Câmara e Medeiros (1998), descreveram que os principais tipos de dados de um SIG são: mapas temáticos, mapas cadastrais, redes, imagens de sensoriamento remoto e modelos numérico do terreno (MNT).

A representação computacional de mapas, de acordo com Câmara e Medeiros (1998), pode ser realizada através de duas grandes classes de representação: a vetorial e a matricial (Figura 4). Na representação vetorial, a representação de um elemento ou objeto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exatamente possível. Considera-se três elementos gráficos: ponto, linha e área ou polígono delineados por um conjunto de coordenadas. As linhas, arcos ou elementos lineares são um conjunto de pontos conectados que além das coordenadas que compõem a linha devem armazenar informações quanto ao atributo que ela está associada. Na representação matricial, o espaço é representado por uma matriz  $P(m,n)$ , composta de  $m$  colunas e  $n$  linhas, onde cada célula possui um número de linha e um número de coluna e um valor  $z$  correspondente ao atributo estudado. Cada célula pode ser acessada individualmente pelas suas coordenadas, ou seja, cada célula é associada a uma porção do terreno. A maioria dos SIGs permitem a integração destas duas representações.

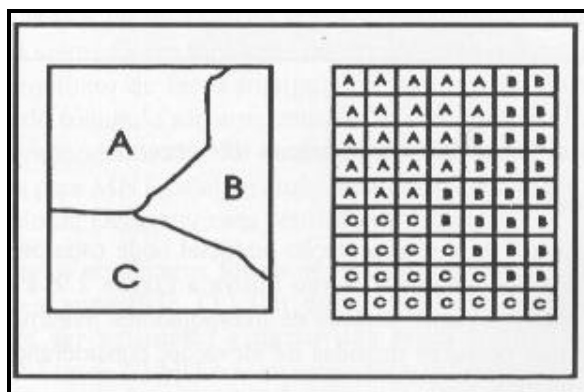


FIGURA 4: Representação vetorial e matricial de um mapa temático  
Fonte: Câmara e Medeiros (1998), pg. 23

Para trabalhar com um SIG, a aquisição e entrada dos dados geralmente ocorre de quatro formas: digitalização em mesa, digitalização ótica, entrada de

dados via caderneta de campo e leitura na forma digital, que inclui a importação de dados em outro formato, ou seja, é preciso digitalizar os dados cartográficos necessários para o mapeamento digital e projetos de SIG. Esta digitalização pode ser feita na forma vetorial usando um cursor ligado a mesa digitalizadora ou no formato matricial através de mapa ou imagem na tela do computador, digitaliza-se os segmentos lineares na forma vetorial, utilizando um cursor “mouse” (Raffaelli, 2002).

Para organizar as informações (mapas), inicialmente cria-se um banco de dados geográficos ao qual são inseridos projetos e planos de informações (PIs) para a melhor organização dos diferentes tipos de informações que variam em número, tipos de formatos e de temas (Figura 5).

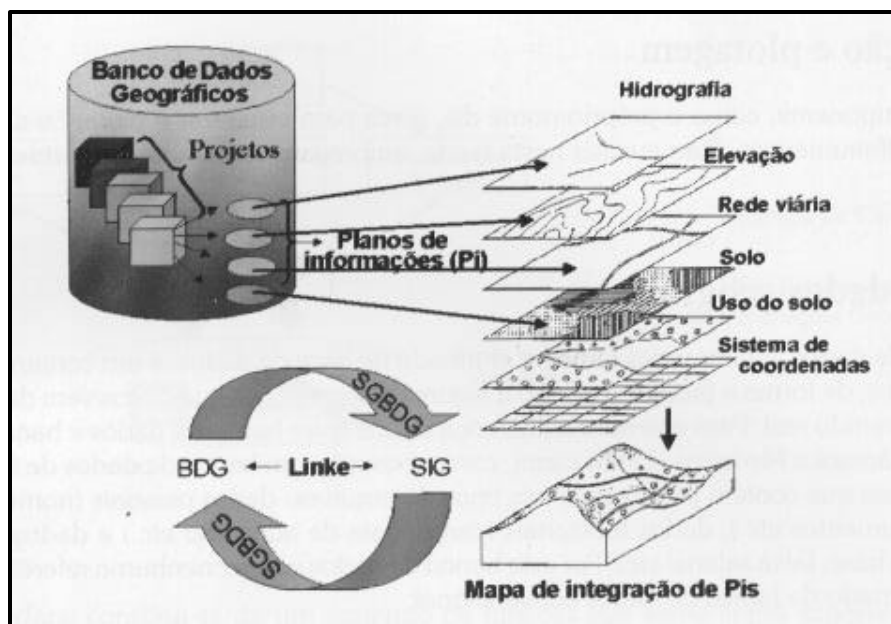


FIGURA 5: Estrutura e organização de um banco de dados geográfico  
Fonte: Moreira (2003), pg. 256

Na edição final dos PIs os produtos resultantes possuem escala, sistema de coordenadas e representação de diferentes atributos. Com a organização em forma de PIs, o banco de dados espacial possibilita ainda a integração e cruzamento de diversas informações que podem ser adquiridas em diferentes



escalas: espaciais (cartas topográficas, imagens de satélite, mapas temáticos) e não espaciais (tabelas). Além disso, os SiGs geralmente apresentam algumas análises espaciais básicas como a medição (perímetro, área), busca, classificação e modelagem, distâncias, interpolação/extrapolação, padrão/dispersão, forma, auto-correlação espacial e MNT. Na edição final dos PIs os produtos resultantes possuem escala, sistema de coordenadas e representação de diferentes atributos (Câmara e Medeiros,1998).

Desta forma, pode-se dizer que o geoprocessamento, ao organizar computacionalmente os dados geográficos, modifica qualitativamente o tipo de análise possível (Câmara e Medeiros,1998).

O aumento da capacidade de processamento, a integração entre os sistemas, a redução dos custos dos equipamentos faz com que o uso dos SiGs seja crescente, principalmente na análise espacial de questões ambientais que estão em “voga” devido a grande degradação dos recursos naturais do nosso planeta.

## **2.6 Mapeamento Geomorfológico**

A Geografia em uma de suas interfaces oportuniza o estudo da geomorfologia como um importante componente da natureza, visto que permite analisar as formas que compõem a superfície da terra. As atividades humanas desenvolvidas em determinada área estão relacionadas com o relevo, deste modo, a relação sociedade-natureza vem despertando o interesse dos pesquisadores, bem como da sociedade de um modo geral.

A geomorfologia, de acordo com Casseti (1994), é a ciência que tem por objetivo analisar as formas de relevo, buscando compreender as relações processuais pretéritas e atuais. O estudo da crosta terrestre, incorporando o conhecimento do jogo de forças antagônicas, sintetizadas pelas atividades tectogênicas e mecanismos morfoclimáticos são responsáveis pelas formas de relevo resultantes (Ross, 1990).

A diversidade dos tipos de formas de relevo são variadas e manifestam-se ao longo do tempo e do espaço em função das interferências e combinações dos demais componentes do espaço geográfico, configurando assim, distintas paisagens (Ross, 1990). Os problemas ambientais que surgem em decorrência dos processos erosivos podem estar relacionados a modelagem natural do relevo, bem como com a aceleração da degradação ambiental causada pela intensa e inadequada utilização antrópica.

A caracterização geomorfológica de bacias hidrográficas se mostra como um caminho para analisar o quadro ambiental. A análise da geomorfologia pode ser realizada através da interpretação das cartas topográficas e imagens de satélite que servem como subsídio para interpretação das diferentes feições geomorfológicas.

As imagens de sensoriamento remoto como destaca Ross (1990) mostram-se como uma ferramenta para explicar os conceitos de morfoescultura e morfoestrutura e possibilitar o mapeamento geomorfológico taxonômico extraindo informações da morfologia. Já das cartas topográficas podem ser extraídas informações de altimetria e distâncias dos interflúvios.

Algumas experiências foram realizadas em diferentes áreas do território brasileiro com imagens de sensoriamento remoto aplicadas ao mapeamento geomorfológico, inspirados na concepção de morfoestrutura e morfoescultura de Meschrikov e na proposta dos níveis taxonômicos de Demek (Ross, 1990).

Salienta-se que nos estudos elaborados em escalas pequenas como 1:250 000 não é possível registrar marcas de processos denudacionais do terreno, tais como marcas de processos erosivos, deslizamentos e assoreamentos em função do alto grau de generalização. Deste modo, cartas geomorfológicas de pequena escala em função da natureza são orientadas para representar principalmente os fenômenos morfoestruturais que representam grandezas superiores a algumas dezenas de Km<sup>2</sup> (Ross, 1990).

O uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto possibilitam a extração de informações e interpretação dos dados das imagens de satélite auxiliando na localização dos fatos geográficos, neste caso, as diferentes

feições geomorfológicas, pois os dados armazenados em um sistema de geoprocessamento estão sempre georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre através de uma projeção cartográfica.

Assim, com o avanço técnico científico e a preocupação cada vez maior do conhecimento do espaço geográfico e a necessidade de informações sobre o mesmo, para que se possa melhor planejar o uso do meio ambiente natural o estudo de bacias hidrográficas utilizando-se do geoprocessamento encontra-se em crescente expansão.

## **2.7 Levantamento do Uso da Terra com Imagens Orbitais**

A evolução das tecnologias de sensoriamento remoto, geoprocessamento e sistemas de informações geográficas, principalmente a partir da década de 70, contribuiu para o aumento do uso de imagens orbitais como auxílio em pesquisas visando o uso racional dos recursos naturais e o seu planejamento, bem como se expandiu para diversas áreas do conhecimento como a cartografia, a geografia e a engenharia.

O homem em busca de riqueza tem utilizado a terra de forma intensiva e irracional, o que tem ocasionado inúmeros distúrbios locais, regionais e até globais. As alterações causadas pelo uso da terra de forma intensiva e inadequada são visíveis na maioria dos países, principalmente se levarmos em consideração a excessiva diminuição das áreas florestais que vêm sendo ocupadas para o desenvolvimento das mais diversas atividades econômicas.

O mapeamento dos diferentes usos da terra é muito importante, pois, com o crescimento da população, há a necessidade de expansão das áreas agrícolas para produção de alimentos e sabe-se que os recursos naturais são finitos e que seu uso intensivo e em lugares inadequados causam vários impactos ao espaço físico e tem conseqüências desastrosas como erosões, inundações, assoreamento dos rios (eleva seus leitos, diminui a capacidade de armazenamento de água e o potencial energético das barragens).

Na concepção de Venturieri e Santos (1998), o monitoramento da paisagem de uma dada região é fator primordial no planejamento racional de utilização da terra, face a velocidade de ocupação do espaço físico e ao pouco conhecimento dos recursos naturais nela existentes e consideram que os produtos do sensoriamento remoto orbital são importantes na aquisição de informações primárias e nos inventários e gerenciamento da paisagem.

A expressão uso da terra pode aqui ser definida como a forma cultural com que o espaço está sendo utilizado pelo homem. Novo (1998) reforça este conceito dizendo que o termo uso da terra refere-se a utilização cultural da terra e que o termo “cobertura da terra” se refere ao seu revestimento. A diferença entre os dois termos seria que no segundo embora a sua cobertura seja a mesma, por exemplo, florestas, pode ter diferentes usos como exploração de madeira e reservas biológicas.

Assim, o levantamento do uso da terra é mencionado como subsídio básico para o planejamento e identificação de diferentes paisagens geográficas e segundo Rocha (1978), consiste em mapear e avaliar quantitativamente os recursos naturais para facilitar a identificação de elementos que são convencionados a uma simbologia adequada.

Novo (1998) comenta ainda que os alvos naturais estão sujeitos a modificações constantes. A cobertura vegetal apresenta-se na natureza em diversas formas como florestas, campos, culturas e que esta diversidade faz com que possuam diferenças em sua estrutura das copas e estado fenológico e que estas diferenças é que permitem discriminar os diferentes tipos de cobertura vegetal através dos produtos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Considera ainda que o sensoriamento remoto tem função de classificação e de fornecimento de quadro de referência para organização e hierarquização das informações.

Comentando as alterações causadas na água através dos diferentes tipos de uso da terra Pereira Filho (2000), relata que os diferentes tipos cobertura vegetal da terra inundada e de sua área de captação proporcionam diferentes graus de eutrofização dos lagos, alterando significativamente as

características limnológicas da água o que vem a acarretar modificações na flora e na fauna tanto terrestre como aquática, destacando que os peixes são os que sofrem os maiores impactos, devido à alteração do seu ambiente.

Dentro desta perspectiva, para Werlang (1990), o uso das imagens LANDSAT, para o mapeamento dos recursos naturais tem sido utilizado em larga escala, pois permitem a coleta de dados em diferentes regiões do espectro eletromagnético que juntamente com técnicas de geoprocessamento permitem fazer avaliações das condições de cobertura da terra, que podem ser utilizadas para verificação das condições em que esta se encontra. Considera o monitoramento do uso da terra como o principal indicador dos processos de transformações regionais que ocorrem em determinada área através das mudanças das suas características de usos ao longo dos anos.

Com o desenvolvimento de técnicas de processamento digital, a extração de informações dos produtos de sensoriamento remoto, principalmente as imagens orbitais multiespectrais, exploram os aspectos tonais (ou de cores), texturais, geométricos e contextuais das imagens. A classificação via computador é baseada em determinados parâmetros estatísticos, ou seja, a discriminação dos alvos são feitas sem a subjetividade da análise visual. As técnicas de classificação digital procuram extrair um máximo de informações temáticas das imagens num tempo computacional mínimo (Venturieri e Santos, 1998).

Complementando este pensamento, Richards (1993) e Mazza (1998) *apud* Raffaelli (2002) dizem que o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto está ligado ao reconhecimento de feições e padrões registrados na imagem, através do uso de programas computacionais e de uma série de técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens digitais.

Tendo em vista a facilidade de extração de informações das imagens através de processamento digital, Novo (1998) entende que a aplicação dessas técnicas aumenta a capacidade do analista extrair informações sobre alvos da superfície, a partir de dados de sensoriamento remoto, todavia ressalta que

estas técnicas devem ser utilizadas de forma consciente, ou seja, o usuário do sistema deve ter contato com o tipo de manipulação que vai submeter seus dados para poder interpretar os resultados de forma correta.

Algumas combinações de imagens coloridas de bandas do LANDSAT são recomendadas para aquisição de diferentes informações. A combinação das bandas 3, 4 e 5 mostram mais claramente os limites entre o solo e a água, com vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde-rosa. Portanto, de um modo geral, a combinação destas bandas é utilizada na classificação do uso da terra (Rocha, 2000).

## **2.8 Levantamento de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Conflitos Ambientais**

Os sistemas de informações geográficas facilitam a identificação de áreas de preservação permanente e áreas de conflitos ambientais de maneira rápida através de operações de análise espacial e de procedimentos matemáticos efetuados sobre a base de dados geográficos armazenados no sistema em forma de informações temáticas e tabelas.

Descrevendo sobre a importância da preservação das matas ciliares, COSTA (2000), diz que estas desempenham importantes funções hidrológicas e ambientais através das seguintes formas:

- estabilização das ribanceiras dos rios, que se constituem em áreas críticas, através do desenvolvimento e manutenção de um emaranhado radicular;
- como tampão e filtro entre os terrenos mais altos e o ecossistemas aquático, participando do controle do ciclo de nutrientes na bacia hidrográfica, através de ação tanto no escoamento superficial, quanto na absorção de nutrientes do escoamento superficial pela vegetação ciliar;
- pela diminuição e filtragem do escoamento superficial impedindo ou dificultando o carreamento de sedimentos para o sistema aquático,

contribuindo para a manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas;

- pela integração com a superfície da água, proporcionando cobertura e alimentação para peixes e outros componentes da fauna aquática;
- pela mesma razão, intercepta e absorve radiação solar, assim contribuindo para a estabilidade térmica dos pequenos cursos d'água.

O estudo do espaço geográfico deve ser feito de forma integrada, pois caso contrário podem ocorrer conflitos de uso da terra, os quais são os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamento de rios, barragens e açudes. A identificação dos conflitos resultantes dos diferentes tipos de uso da terra fornece subsídios para realização de planejamentos, pois possibilita identificar as melhores áreas para exploração antrópica e também aquelas áreas que necessitam de recuperação (Raffaelli, 2002).

Neste sentido, Rocha (1997) estipula que as Áreas de Preservação Permanente são áreas destinadas a manutenção intacta dos ecossistemas.

Deste modo, o Código Florestal Brasileiro Lei n.º 4.771 de 15 de setembro de 1965, prevê que são áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação naturais situadas:

- a) Ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:
  - 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura;
  - de 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
  - de 100 metros para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
  - de 200 metros para os cursos d'água que tenham de 200 a 500 metros de largura;
- b) Ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olho d'água, em qualquer que seja a situação topográfica, num raio de 50 metros de largura;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

- e) nas encostas ou parte desta com declive superior a  $45^\circ$ , equivalente a 100% da linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeção horizontal;
- h) em altitudes superiores a 1800 metros, qualquer que seja a vegetação.

Assim, observa-se que as áreas de preservação permanente relacionam-se, principalmente, com a preservação das matas ciliares e que as áreas de conflitos ambientais, neste sentido, são aquelas que não estão de acordo com as leis de preservação ambiental acima descritas.



### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Definição e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo do presente trabalho corresponde à secção do reservatório da usina hidrelétrica Itá (rio Uruguai) e às bacias hidrográficas dos rios do Peixe e Pelotas (Figura 6). Dadas as dimensões do reservatório e as condições de logística de campo, os dados da água foram obtidos no setor montante do lago, próximo a cidade de Marcelino Ramos (RS), onde se localiza a confluência do rio Pelotas e do rio do Peixe, dando início a formação do rio Uruguai, ou seja, o alagamento tem início nos rios do Peixe e Pelotas e, portanto, as coletas dos dados da água foram todas realizadas nos ambientes lênticos dos três rios. Além desses três rios, o lago da usina hidrelétrica Itá recebe água de vários outros rios afluentes do rio Uruguai. Portanto a área de estudo é constituída pelo reservatório de Itá, no setor formado pelos rios do Peixe, Pelotas e Uruguai.

O reservatório da UHE Itá apresenta-se como uma área de recente passagem do ecossistema lótico para lêntico, o início das operações da usina foi em junho de 2000 e a sua inauguração deu-se em outubro do mesmo ano, o que favorece a caracterização de sua nova limnologia.

Considerando-se que as características limnológicas estão diretamente relacionadas com as atividades antrópicas desenvolvidas na área de captação, optou-se por realizar o levantamento do uso da terra das bacias hidrográficas dos rios do Peixe e Pelotas, visto que a confluência destes dois rios, de acordo com a ANA (Agência Nacional de Águas)<sup>3</sup>, forma o rio Uruguai.

---

<sup>3</sup> Disponível em: <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)> Acesso em: janeiro de 2003

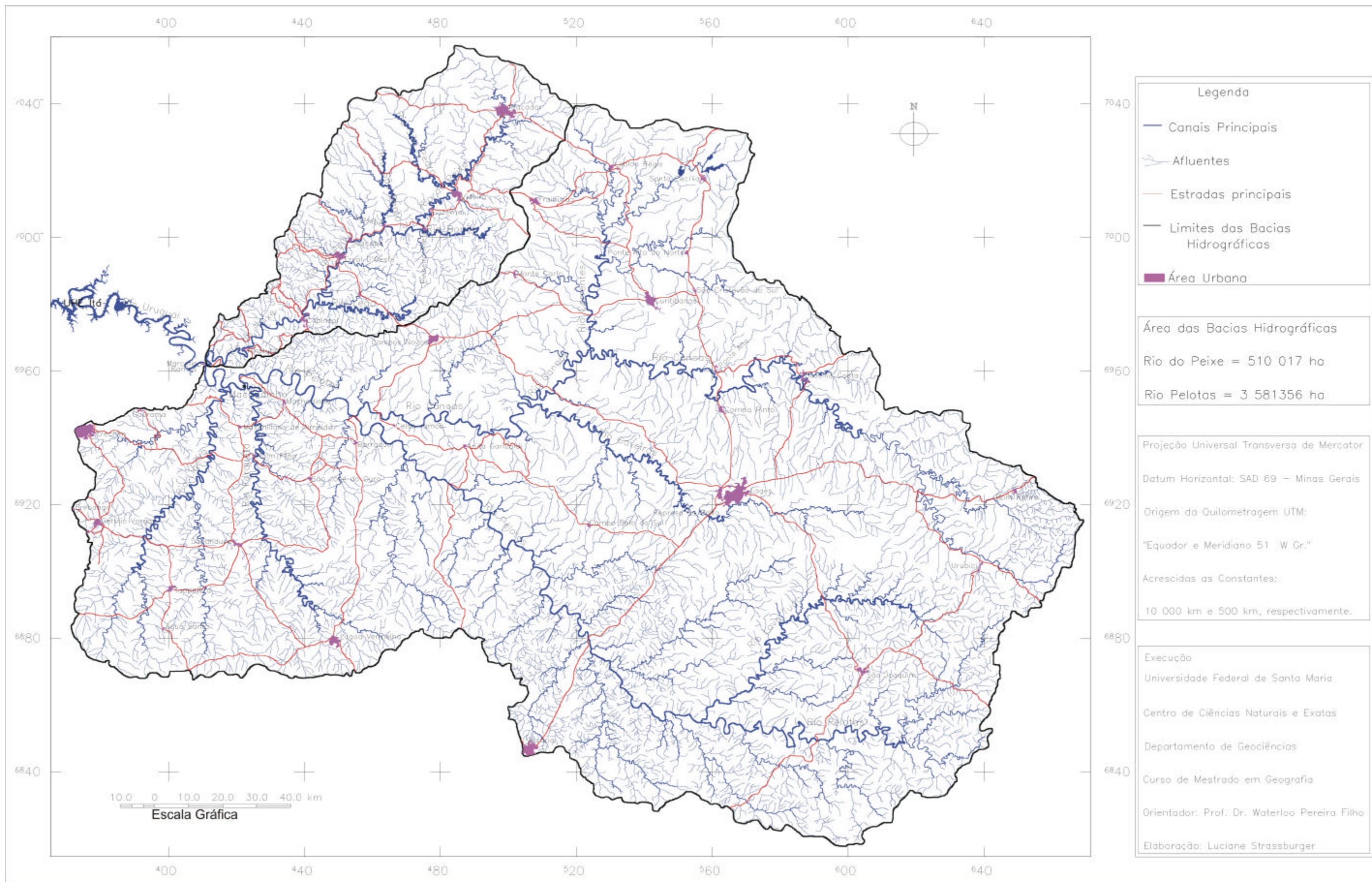


FIGURA 6: Mapa-Base da Área de Estudo – Reservatório de Itá, Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe (SC) e do Rio Pelotas (RS/SC)



A escolha dos três compartimentos (bacias hidrográficas do rio de Peixe e Pelotas e o reservatório no rio Uruguai) está relacionada com a formação do reservatório e a diferente cor da água encontrada para o rio do Peixe, o qual apresenta cor da água marrom, enquanto que os rios Pelotas e Uruguai apresentam marrom esverdeada, conforme constatado em campo (Pereira Filho et al, 2003; Strassburger, 2003). Nas imagens de satélite a cor da água também apresenta-se diferenciada, ou seja, no rio do Peixe os valores dos “pixels” são mais elevados, o que representaria um caso típico de maior presença de sedimentos. Estas características da cor da água despertaram interesse a respeito das características limnológicas destes compartimentos, bem como da ocupação das suas áreas de captação.

A metodologia utilizada na pesquisa seguiu uma seqüência composta de diversas etapas para posterior análise sistêmica dos dados. A Figura 7 apresenta de forma sintética a metodologia aplicada no desenvolvimento da presente pesquisa.

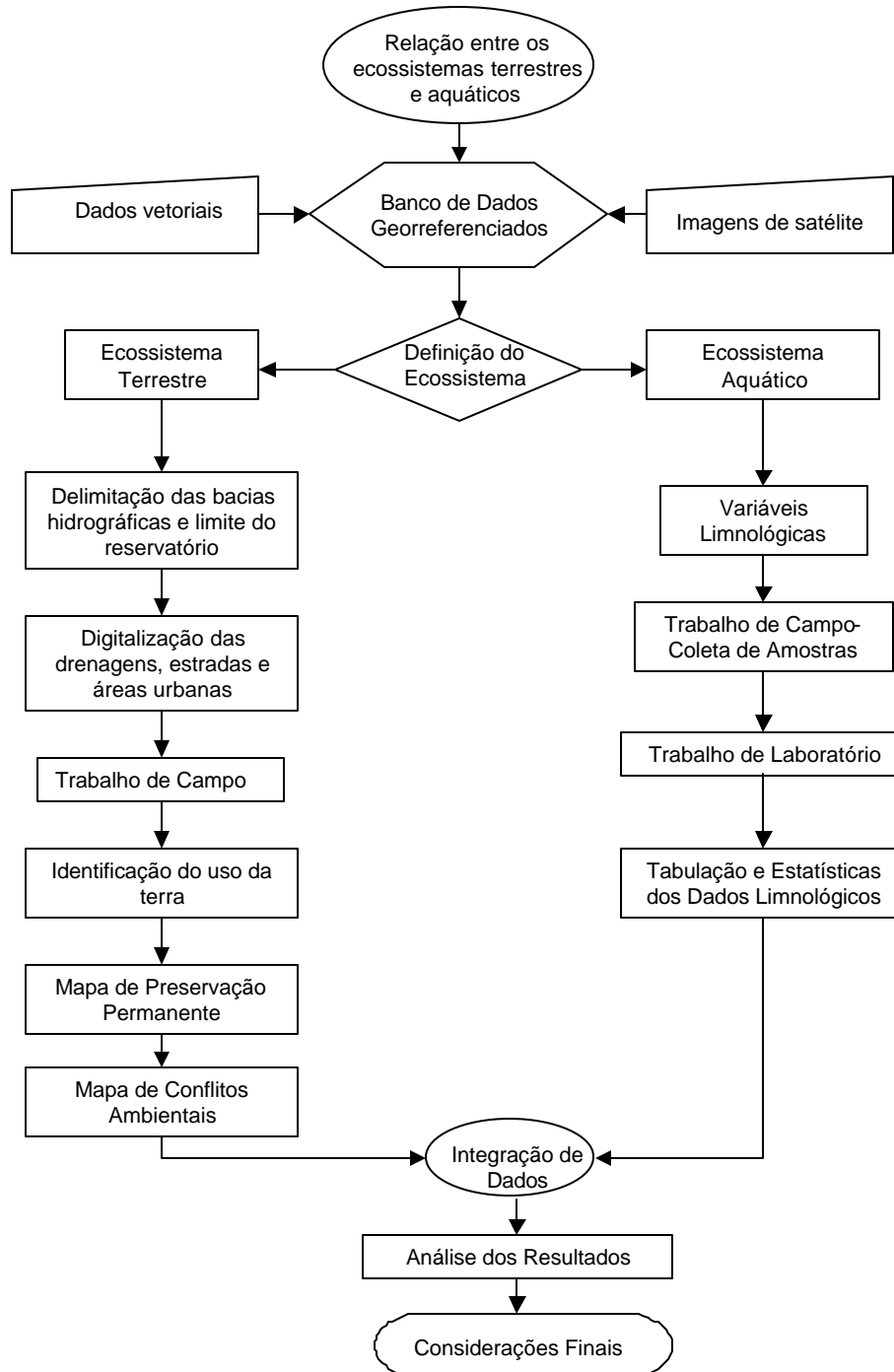


FIGURA 7: Fluxograma do Procedimento Metodológico

### 3.1.1 Reservatório da Usina Hidrelétrica Itá

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá foi construído no trecho do rio Uruguai (divisa dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina), margeado pelos municípios de Itá (SC) e Aratiba (RS) à montante de uma extensa curva do rio denominada de “Volta do Uvã” (Figura 08), aproveitando um desnível de 105m de queda existente entre a foz do rio Apuãe e a foz do rio Uvã (AMULBI, 2000b).



FIGURA 8: Vista parcial da “Volta do Uvã” e da obra da UHE Itá  
FONTE: <http://www.eletrosul.gov.br/html/info6.htm>

O reservatório da usina hidrelétrica de Itá (141km<sup>2</sup>), é constituída pelas águas de diversos rios afluentes do rio Uruguai, o qual tem sua origem na confluência dos rios do Peixe (SC) e Pelotas (RS/SC), conforme figuras 1 e 6. A usina foi inaugurada em outubro do ano 2000 e possui capacidade instalada de 1450 MW, colocando um ponto final ao risco de “blecaute”, em curto prazo, e racionamento de energia em grande parte do Brasil e em especial nos estados de Santa Catarina (produz cerca de 61% da necessidade catarinense) e Rio Grande do Sul (Horostecki, 2000).

Durante a construção deste empreendimento, que começou em 1996, cerca de 3560 famílias tiveram que abandonar suas residências e propriedades rurais. Destas 2733 foram indenizadas para que pudessem adquirir terrenos e casas e 827 foram reassentadas. Durante a implantação da usina foram realizadas outras obras como: 711 km de redes elétricas, 16 km de ferrovias, 565 km de rodovias e 1956 metros de pontes (Horostecki, 2000).

No total foram 13 municípios atingidos pelo barramento das águas do reservatório da UHE Itá, sendo 5 municípios do estado do Rio Grande do Sul (Aratiba, Mariano Moro, Marcelino Ramos, Severiano de Almeida e Três Arroios) e 8 municípios do estado de Santa Catarina (Alto Bela Vista, Concórdia, Ipira, Itá, Peritiba, Piratuba, Arabutã e Seara). A área atingida no estado de Santa Catarina perfaz 52,4 km<sup>2</sup> e no Rio Grande do Sul 50,2 km<sup>2</sup> (AMULBI,2002b).

Deste total de 13 municípios, 12 perderam área em suas zonas rurais e apenas o município de Itá perdeu sua zona urbana, ou seja, esta foi totalmente deslocada 6 km de seu local de origem (restando apenas as torres da antiga igreja (Figura 9), as quais tomaram-se uma das atrações turísticas do lago (AMULBI,2000a).

Os municípios atingidos, com exceção de Concórdia (SC), possuem pequena extensão de área. Quanto a densidade demográfica destacam-se os municípios de Seara (SC) e Concórdia (SC) com 52,16 e 78,23 hab./Km<sup>2</sup>, respectivamente, nos demais municípios a densidade demográfica é menor.

A colonização dos municípios atingidos pela barragem de Itá deu-se basicamente por colonizadores alemães e italianos, oriundos das antigas colônias de imigração do Rio Grande do Sul e da própria Europa, principalmente porque esta região, ou seja, o Alto Uruguai apresentava muita semelhança com as paisagens européias (AMULBI, 2000a).

Os municípios atingidos pela barragem de Ita têm sua economia baseada no setor primário. O setor secundário (industrial) e o terciário (comércio e prestação de serviços), são poucos expressivos. Com a construção do reservatório aumentou a exploração turística da região, sendo construídas

áreas de lazer às margens do lago, sendo estas geralmente de propriedade privada.

A principal fonte geradora de renda para os municípios, portanto, é a agropecuária. Assim, na pecuária destacam-se a apicultura, avicultura, bovinocultura e suinocultura e na agricultura os principais produtos são: cana-de-açúcar, erva mate, feijão, laranja, mandioca, milho, soja e trigo (Lopes, J. A., 2003).

Dentre os municípios atingidos pela barragem da UHE Itá, constatou-se que os municípios de Mariano Moro, Severiano de Almeida e Três Arroios são os mais vulneráveis a problemas ambientais decorrentes de perdas de solo, já que apresentam as maiores porcentagens de área agrícolas e com isso mais vulneráveis a eutrofização e perda de solos (Lopes, J. A., 2003).



FIGURA 9: Ruínas das torres da Igreja de São Pedro da cidade velha  
FONTE: <http://nutep.adm.ufrgs.br/fostosmuni/fotossantacatarina.htm>

### 3.1.2 Bacias Hidrográficas dos Rios do Peixe e Pelotas

#### 3.1.2.1 Aspectos Físicos

A área de estudo pertence a bacia hidrográfica do rio Uruguai, a qual faz parte da Bacia Platina, que compreende os rios Uruguai, Paraná e Paraguai, e é uma das mais importantes da América do Sul, estendendo-se além da divisa política do Brasil. A região hidrográfica do rio Uruguai tem grande importância para o país em função das atividades agroindustriais desenvolvidas e pelo seu potencial hidrelétrico. O rio Uruguai é formado pela confluência dos rios do Peixe (SC) e Pelotas (RS/SC). O rio Pelotas, como acidente geográfico, serve de divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina<sup>4</sup>.

A bacia hidrográfica do rio do Peixe possui uma área de aproximadamente 5 100 Km<sup>2</sup> (conforme digitalização dos dados cartográficos realizados no presente estudo). Suas nascentes localizam-se na Serra do Espigão (município de Matos Costa). Possui uma extensão de 290 km até a sua desembocadura junto ao rio Uruguai e apresenta vazão média de 110 m<sup>3</sup>/s. (SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE, 1997).

Os principais afluentes da Bacia hidrográfica do Rio do Peixe são os rios Bonito, Leão, São Bento e São Pedro (Figuras 1 e 6).

A bacia hidrográfica do rio Pelotas apresenta maior expressão areal em relação à bacia hidrográfica do rio do Peixe, sua área perfaz aproximadamente 35 813 Km<sup>2</sup> (conforme digitalização dos dados cartográficos realizada no presente estudo). Deste total, cerca de 62% pertence ao Estado de Santa Catarina e 38% ao Estado do Rio Grande do Sul.

O sistema fluvial da bacia hidrográfica do rio Pelotas apresenta descarga mais acentuada no mês de setembro. No verão, as chuvas ocorrem com irregularidade e a evapotranspiração é alta. As vazantes mais acentuadas

---

<sup>4</sup> Disponível em: <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)> Acesso em: agosto de 2004



ocorrem no outono e os débitos mais fracos situam-se nos meses de março e abril, sendo significativas as amplitudes entre a máxima e a mínima, apresentando vazão média de 258 m<sup>3</sup>/s (SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE, 1997).

Os principais afluentes da Bacia hidrográfica do Rio Pelotas são os rios Canoas, Ligeiro, Forqueta, Lava Tudo, Correntes e Caveiras (Figuras 1 e 6).

Essas bacias hidrográficas estão assentadas numa área de derrames basálticos, ocorrido na era mesozóica, composto por rochas vulcânicas basálticas intercaladas por camadas de arenito eólico (Müller Filho, 1970). Essa área coberta por derrames basálticos constituiu um amplo planalto com escarpas e vales.

Conforme o Boletim Técnico N.º 2 do Ministério da Agricultura (1967): “Embora apresentando grande diferença entre as altitudes extremas, o Planalto não apresenta grande contraste, pois as cotas altimétricas vão gradativamente decrescendo de leste para oeste. Apenas nas proximidades dos rios que cortam a região encontra-se uma acidentação do terreno, tornando o relevo mais dissecado.” No Quadro 2, pode-se observar o relevo predominante, tipos e usos de solo presentes na área de estudo.

De acordo com as características geomorfológicas do terreno, torna-se de fundamental importância a presença de vegetação, pois sabe-se que nas áreas em que não há cobertura vegetal o impacto causado pelas águas das chuvas é muito acentuado diretamente no solo e, se o terreno for dissecado, a gravidade ajudará o processo erosivo. As raízes das árvores atuam como fixador de solos e a cobertura vegetal impede o impacto da água diretamente nos solos, evitando assim a ocorrência de desmoronamentos e carreamento do solo para os rios e áreas mais baixas (Penteado, 1983, Tucci, 1993; Rocha, 2000).

QUADRO 2: Relevo predominante, tipos e usos dos solos

| Bacia Hidrográfica | Relevo Predominante   | Tipos de Solos  | Uso dos Solos   |   |
|--------------------|---|---|---|---|
|                    |   |   | Atual   | Recomendado   |
| BH do Rio do Peixe | 71% forte-ondulado e montanhoso   | Medianamente profundos a rasos e pedregosos, com fertilidade média, de origem basáltica.  | Intensa utilização com lavouras, sem obediência a aptidão do uso, levando a um sério desgaste.                  | Lavoura de extensão limitada e culturas perenes ou reflorestamento. |
|                    | 27% ondulado e suavemente ondulado  | Mais profundos, pouca pedregosidade, com alta deficiência de nutrientes e elevada acidez, de origem basáltica                   | Pecuária e fruticultura, sendo assim o desgaste e a erosão dos solos pouco intensos                             |   |
| BH do Rio Pelotas  | 15% fortemente ondulado e montanhoso, com interrupções esporádicas de chapadões. Área localizada a leste da região. | Medianamente profundos e rasos, com pedregosidade, sendo pouco férteis e muito ácidos, de origem basáltica e também sedimentar. | Predominam a pecuária e culturas perenes. A pedregosidade limita o uso, sendo baixo o processo erosivo.         | Lavoura anual mecanizada nas áreas sem pedregosidade.               |
|                    | 60% forte-ondulado e ondulado.  | Profundos, medianamente profundos e rasos, com pedregosidade sub-superficial. De origem sedimentar, pouco férteis e ácidos.     |   |   |
|                    | 35% forte-ondulado, apresentando uma paisagem mais estável.   | Profundos, sem pedregosidade, apresentando baixa fertilidade, elevada acidez. São derivados do basalto.                         | Lavoura anual, pecuária, fruticultura e reflorestamento. A pedregosidade e subsuperficial limita seu uso. Baixo |   |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | proces<br>so<br>erosivo<br>.<br><br>Sem<br>limitaçã<br>o ao<br>uso<br>agrícol<br>a. É<br>ocupad<br>o com<br>lavoura<br>s e<br>pecuári<br>a. A<br>erosão,<br>mesmo<br>baixa<br>já é<br>evident<br>e. |  |
|--|--|---|--|

Fonte: Adaptado de Santa Catarina. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (1997)

Onde: BH= Bacia Hidrográfica

Já, na bacia hidrográfica do rio Pelotas, a cobertura vegetal era representada por duas regiões fitoecológicas: região da Savana (campos) e Região da Floresta Ombrófila Mista (floresta com pinheiro). A Savana encontra-se normalmente em altitudes superiores a 800 metros, havendo duas formações: Parque (com floresta-de-galeria) e Gramínea-Lenhosa (com floresta-de-galeria). A Floresta Ombrófila Mista ocupa quase metade da área da referida bacia hidrográfica e apresenta duas formações: a Floresta Montana (altitudes entre 500 e 1000 metros) e a Floresta Alto-Montana (em altitudes acima de 1000 metros). Atualmente, a cobertura vegetal nativa encontra-se grandemente degradada, com poucas áreas remanescentes. A exploração indiscriminada dos pinhais causou mudanças substanciais na fitofisionomia da região. Deste modo, a vegetação primária e secundária apresenta-se na ordem de 15% a 20% da área (SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE, 1997).

O desmatamento ocorreu desde a chegada dos colonizadores. Ainda hoje, em muitas colônias são utilizadas as primeiras casas que foram feitas de

madeira, visto que nesta região falta areia e cal, que são trazidos principalmente da região da Depressão Central Rio-grandense, ocasionando grandes custos nas construções. Além da construção das casas, o desmatamento foi ainda facilitado devido ao baixo custo e facilidade de preparação da madeira, em especial do pinheiro, sendo uma das principais fontes de renda da época da colonização. Além disso, sua derrubada ocorria também para a construção de povoações, estradas e para o desenvolvimento da agropecuária (RAMBO, 1956).

Quanto ao clima, a região sul do Brasil, onde insere-se a área em estudo, é a única região do país que apresenta estação térmica fria. A área de estudo, conforme a classificação climática de Wilhelm Köppen corresponde ao Cfa, onde as letras "Cf" representam clima subtropical com chuvas durante o ano todo e a letra "a" representa verões quentes- temperatura do mês mais quente maior que 22°C (Vieira, 1984).

Já segundo a classificação climática de Arthur Strahler, que leva em consideração a dinâmica das massas de ar, as áreas situadas ao sul do país são controladas por massa de ar tropicais e polares. Considerando que a dinâmica das massas de ar tem ação decisiva na distribuição térmica e pluviométrica de uma região, assim o clima da região Sul do Brasil é classificado como clima Subtropical, caracterizando-se por baixas temperaturas no inverno e altas temperaturas no verão, que resultam em uma alta amplitude térmica anual (Vieira, 1984).

As baixas temperaturas que ocorrem no inverno devem-se à posição latitudinal da região, que determina maior inclinação dos raios solares em relação à superfície nesta época do ano e menor fotoperíodo, bem como a influência das massas de ar Tropical Atlântica, Polar Atlântica e Continental Tropical (AYOADE, 1983).

### 3.1.2.2 Aspectos sócio-econômicos

Em relação aos aspectos sócio-econômicos a área de estudo apresenta características relacionadas com a história da ocupação antrópica na região sul do país, a qual foi influenciada por características naturais, principalmente com relação a topografia, ao clima e à cobertura vegetal. O clima ameno da região favoreceu o desenvolvimento de culturas típicas européias e as matas, principalmente de araucárias, permitiram boa produção de madeira. O desenvolvimento da agricultura e da pecuária pelos imigrantes desde a primeira metade do séc. XIX propiciaram ainda o desenvolvimento da industrialização<sup>5</sup>.

A maioria dos municípios pertencentes as referidas bacias hidrográficas em estudo e os municípios de entorno do reservatório da UHE Itá foram povoados basicamente por colonizadores alemães e italianos, oriundos das antigas colônias do Rio Grande do Sul e da própria Europa. Pode-se citar como exemplo o município de Arabutã – SC (entorno do reservatório) destaca-se nesse sentido por possuir a maior concentração “per-capta” de descendentes germânicos no estado, chegando a 97% da população total do município (AMULBI, 2000a).

A área de estudo, no que se refere ao uso de seu território para atividade agrícola apresenta consideráveis limitações (especialmente na bacia hidrográfica do rio do Peixe), o relevo com muitas áreas íngremes, associado a áreas com pedregosidade e afloramento de rochas atua como fator limitante, o que faz com que o uso da terra sem restrições fique reduzido a pequenas áreas. Mesmo assim, a estrutura de produção familiar presente na grande maioria das propriedades rurais é responsável pela produção de alimentação básica. Portanto, a atividade agrícola, apesar de intensa, é pouco recomendável, pois em muitos casos não obedece a aptidão dos solos e se torna responsável pelas graves erosões nos solos da região (Quadro 3).

---

<sup>5</sup> Disponível em: <[www.terra-planejamento.com.br](http://www.terra-planejamento.com.br)> Acesso em: agosto de 2004

No que se refere às áreas de estudo pertencentes ao Estado de Santa Catarina, na bacia hidrográfica do rio Pelotas, na agricultura destaca-se com maior percentagem a produção de alho, seguida da maçã, da batata, da soja e do milho. Na pecuária destaca-se em primeiro lugar os bovinos, seguidos pelas vacas ordenhadas e produção de leite e ainda os suínos e aves. Na bacia hidrográfica do rio do Peixe, predomina a produção de maçã, seguida do milho, do feijão, da soja e do fumo. Na pecuária a maior produção é a avícola, seguida pelos suínos e bovina, destacando-se também a produção de leite (SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE, 1997).

Devido a grande produção de aves e suínos, surgiram várias empresas e cooperativas agroindustriais voltadas a produção e industrialização destes produtos, proporcionando assim o surgimento de outras indústrias através do sistema de integração, fornecendo insumos ora para as indústrias e ora para os produtores, deste modo, gerando empregos para população e dinamizando o setor econômico. Na região de Lages (bacia hidrográfica do rio Pelotas), e na bacia hidrográfica do rio do Peixe, de um modo geral, destacam-se ainda as indústrias madeireiras, do papel e papelão e imobiliárias, além da construção civil (SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE, 1997).

O uso inadequado das terras pelas atividades humanas introduz modificações consideráveis nas características das bacias hidrográficas, refletindo na qualidade da água e em outros fatores como, por exemplo, os problemas sociais causados devido às enchentes.

O comprometimento da qualidade da água através da poluição dos mananciais foi também levantado no estudo do diagnóstico geral das bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina, através do qual percebeu-se que as principais fontes poluidoras na bacia hidrográfica do Rio do Peixe são: urbano-industrial, atividades agropecuárias, frigoríficos/abatedouros e os principais tipos de poluição advindos dessas fontes foram: efluentes orgânicos e tóxicos, coliformes fecais por dejetos suínos, agrotóxicos e assoreamentos de rios. Na

bacia hidrográfica do Rio Pelotas as principais fontes poluidoras são: indústrias papelarias, lavoura e fruticultura e, urbano-industrial, sendo assim, os principais tipos de poluição geradas são: efluentes tóxicos, agrotóxicos e efluentes orgânicos e tóxicos.

De acordo com os estudos realizados verificou-se, portanto, a situação de poluição dos rios, na qual foi possível observar que na maior parte da bacia hidrográfica do rio do Peixe, os rios foram considerados pouco poluídos, poluídos e em algumas extensões menores intensamente poluídos. Na bacia hidrográfica do rio Pelotas, a maioria dos rios foram considerados sem poluição aparente (ex.: rio Pelotas), pouco poluído (ex.: rio Canoas) e alguns trechos menores foram considerados poluídos. (SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE, 1997).

Portanto, pode-se notar que a bacia hidrográfica do Rio do Peixe apresenta maiores índices de poluição do que a bacia hidrográfica do rio Pelotas, porém esta não se encontra livre de poluição, em algumas áreas notadamente próximo às indústrias de papel e celulose que descarregam efluentes tóxicos no leito do rio Canoas tem causado preocupações, bem como a poluição por esgotos domésticos e efluentes industriais nas áreas urbanas e agrotóxicos na área rural.

Todas as intervenções nas terras banhadas pelas águas de uma bacia hidrográfica influenciam de modo substancial nas características de sua limnologia, visto que são ambientes interligados e a interferência humana em um destes ambientes ocasionará alterações no outro.

### **3.2 Construção do Banco de Dados Georreferenciados**

Nesta fase utilizou-se do aplicativo SPRING<sup>6</sup> (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Utilizou-se como metodologia no Sistema de Informações Geográficas, a implementação da proposta de Burrough e

---

<sup>6</sup> Para maiores informações acesse: [www.dpi.inpe.br/spring](http://www.dpi.inpe.br/spring)

McDonnel (1998), a qual também é apresentada por Rocha (2000) e Câmara e Medeiros (1998), que consiste das seguintes etapas:

- Coleta, entrada e verificação dos dados;
- Armazenamento e gerenciamento dos dados;
- Processamento das informações;
- Visualização e apresentação dos resultados.

Os dados são coletados e armazenados num SIG e compostos de dois tipos de dados: dados geográficos (posicionais) – definem onde as feições ocorrem e; dados ou atributos descritivos – registram o que as feições cartográficas representam.

A criação da base de dados no aplicativo SPRING envolveu a codificação dos dados e o seu georreferenciamento. O georreferenciamento envolve a captura de pontos de controle, extraídos a partir da carta topográfica. Inicialmente foram georreferenciadas as cartas topográficas que foram utilizadas na etapa da coleta dos dados. As cartas topográficas foram armazenadas na categoria Imagem para que fossem posteriormente utilizadas para digitalização de seus atributos (redes de drenagens, estradas e os limites das bacias hidrográficas).

### **3.2.1 Registro Cartográfico das Cartas Topográficas e Inserção das Imagens de Satélite**

O georreferenciamento é de fundamental importância no uso de SIGs, pois os diferentes planos de informação devem possuir o mesmo sistema de referência para que possam ser sobrepostos.

O registro das cartas topográficas foi realizado no momento da importação das mesmas para banco de dados georreferenciado, através da aquisição de pontos de controle (coordenadas geográficas) nas mesmas.

As imagens de satélite já possuíam um sistema de georreferenciamento, sendo assim, foram inseridas diretamente no banco de dados, ou seja, não foi



realizado novo georreferenciamento para as mesmas. As bandas espectrais inseridas no banco de dados foram as dos canais 3, 4, 5, pois são os três canais necessários para realizar a composição RGB (red, green, blue) utilizadas na interpretação da imagem para a classificação do uso da terra.

As cartas topográficas e imagens de satélite utilizadas no presente trabalho estão descritas no Quadro 3.

QUADRO 3 – Descrição do material cartográfico necessário para realização do trabalho

| <b>Material cartográfico</b>   | <b>Elaboração</b>                              | <b>Identificação/Ano edição</b>   |
|--|--|---|
| Cartas Topográficas<br>(1:250 000)   | Diretoria Serviço Geográfico do Exército (DSG) | Erechim (SG.22-Y-D)- 1981<br>Passo Fundo (SH.22-V-B)- 1981<br>Vacaria (SH.22-X-A)- 1981<br>Lages (SG.22-Z-C)-1982<br>Mafra (SG.22-Z-A)- 1982<br>União da Vitória (SG.22-Y-B)- 1985<br>Florianópolis (SG.22-Z-D)- 1983<br>Criciúma (SH.22-X-B)- 1983 |
| Imagens de Satélite<br>LANDSAT 7 ETM+,<br>Formato Digital<br>(resolução 30mx30m) | INPE   | WRS 220_079 – 07/05/2000<br>WRS 220_080 - 07/05/2000<br>WRS 221_079 – 19/09/1999<br>WRS 221_080 – 17/09/1999<br>WRS 222_079 – 24/07/2000<br>WRS 222_080 - 24/09/1999  |

Elaboração: Strassburger, L. (2004)

### 3.2.2 Definição dos Limites das Bacias Hidrográficas e do Reservatório

Para a inserção da base de dados foram criadas categorias Temáticas. A entrada dos dados ocorreu através da digitalização dos referidos dados espaciais (via tela de computador) e dos dados não espaciais que são atributos descritivos. Estes dados foram digitalizados e armazenados na forma vetorial, a qual é composta por entidades geográficas denominadas de pontos, linhas e áreas ou polígonos que são interligados por nós e arcos e apresentam um relacionamento espacial topológico, ou seja, definidos por uma estrutura matemática.

As linhas divisórias de água (limites) das bacias hidrográficas foram introduzidas no banco de dados através da digitalização em tela de computador dos dados extraídos das cartas topográficas (Quadro 2). Estes dados foram introduzidos no banco de dados em forma de vetores, obtendo-se assim polígonos fechados que passaram a representar as bacias hidrográficas e serviram de base para o mapeamento do uso da terra e da geomorfologia de área. Nesta etapa foram ainda introduzidos no banco de dados, através da digitalização via tela de computador, os dados referentes a rede de drenagem e as estradas presentes nas cartas topográficas.

Para a definição dos limites do reservatório foi utilizada a imagem de satélite WRS<sup>7</sup> 222-079 do dia 26.09.2000. A delimitação dos limites terra-água, neste caso, foi realizado a partir da interpretação de imagem de satélite TM Landsat 7 devido ao fato de que as cartas topográficas utilizadas foram produzidas antes do enchimento do reservatório, portanto não contendo seu limite.

### **3.2.3 Mapa Geomorfológico**

O desenvolvimento desta pesquisa seguiu basicamente três etapas, de acordo com metodologia encontrada em Ross (1990):

1ª Etapa: Identificar áreas de texturas homogêneas nas imagens de satélite;

2ª Etapa: Verificar o entalhamento do terreno e as distâncias interfluviais através da realização de perfis topográficos;

3ª Etapa: Classificar áreas geomorfológicamente homogêneas.

Através da carta topográfica foram realizados perfis topográficos em cada padrão de textura do relevo identificado em imagem de satélite. O número de perfis realizados em cada área homogênea variou de acordo com a sua

---

<sup>7</sup> World Reference System – Sistema Mundial de Referência para localização de Imagens de Satélites, também chamado de Órbita -Ponto.

necessidade de representação. A partir destes perfis foi possível verificar a distância média dos interflúvios e a diferença altimétrica para posterior análise dos índices de dissecação das formas do relevo.

Assim, a classificação dos estratos foi realizada conforme a estrutura e análise dos perfis topográficos e, o mapa geomorfológico foi gerado de acordo com os níveis taxonômicos de Demek adaptados por Ross (1990), onde:

1° Táxon: corresponde as Unidades Morfoestruturais, é a maior divisão taxonômica.

2° Táxon: refere-se as Unidades Morfoesculturais, ou seja, os compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoestrutura.

3° Táxon: constitui as Unidades Geomorfológicas definidas por formas fisionomicamente semelhantes, subdivididas em formas de acumulação e formas de denudação, representadas pelas letras A e D, respectivamente.

4° Táxon: representa os conjuntos de formas semelhantes, correspondentes as tipologias do modelado. Nos relevos de denudação são classificados como formas aguçadas (a), convexas (c), tabulares (t) e aplanadas (p).

5° Táxon: corresponde a dimensão das formas (tamanho médio do interflúvios e grau de entalhamento dos canais), representado por uma combinação de dois números, conforme e Quadro 04.

QUADRO 4: Índices de dissecação das formas de denudação

| Intensidade de aprofundamento da drenagem | Ordem de grandeza da formas |                |                  |                   |                    |
|---|-----------------------------|----------------|------------------|-------------------|--------------------|
|   | 250m (1)                    | > 250m 750 (2) | > 750m 1750m (3) | > 1750m 3750m (4) | > 3750m 12750m (5) |
| Fraca (1)                                 | 11                          | 21             | 31               | 41                | 51                 |
| Média (2)                                 | 12                          | 22             | 32               | 42                | 52                 |
| Forte (3)                                 | 13                          | 23             | 33               | 43                | 53                 |

Fonte: Ross (1990)

Para identificação das classes de aprofundamento da drenagem foi considerado o valor das amplitudes altimétricas encontradas através dos perfis topográficos de cada estrato geomorfológico, sendo: 0-99m (fraca); 100-199m (média) e 200m (forte).

### **3.2.4 Mapa de Uso da Terra**

A classificação das imagens de satélite para extração dos temas de uso da terra foi realizada através do programa SPRING. A classificação pode ser definida como o processo de extração de informações em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos (áreas da superfície terrestre que apresentam um mesmo significado nas imagens). Na classificação da imagem os fenômenos ou objetos do mundo real são transformados de modo que as informações radiométricas contidas na imagem sejam mais facilmente discriminadas pelo analista (Moreira 2003).

O mesmo autor explica que durante a classificação dos dados digitais, os alvos do universo real recebem a denominação de classes ou classes temáticas, o que significa que cada pixel da imagem é rotulado segundo a ocupação da terra. A categorização dos valores dos níveis de cinza é feita utilizando algoritmos estatísticos de reconhecimento dos padrões espectrais. Dependendo do tipo de algoritmo utilizado na classificação, a classificação é dita supervisionada ou não supervisionada.

Na presente pesquisa utilizou-se o sistema de classificação supervisionada, o qual envolve basicamente duas fases: o treinamento e a classificação. O reconhecimento dos padrões espectrais na imagem se faz com base em amostras de área de treinamento, as quais são obtidas sobre a imagem colorida (bandas 3, 4 e 5 - RGB) para facilitar a identificação dos diferentes usos da terra. O algoritmo utilizado é o da máxima verossimilhança (MAXVER), o qual é um método de classificação "pixel-a-pixel" e considera a

ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, ou seja, o aplicativo atribui uma assinatura espectral (brilho do ponto nos tons de cinza) a cada pixel da imagem criada anteriormente que mais se parece com ele.

Para realizar as etapas de treinamento e classificação da imagem foi necessário inicialmente determinar as características (atributos) quantificáveis dos objetos que possam diferenciar as classes. Para isso foram estabelecidas as classes temáticas e as chaves de interpretação dos diferentes tipos de uso da terra, representados no Quadro 5.

QUADRO 5: Chave de interpretação dos tipos de uso da terra

| <i>Classes de uso da terra</i> | <i>Características</i>   | <i>Tonalidade</i>         | <i>Textura</i>  | <i>Forma</i>           | <i>Localização</i>   |
|--------------------------------|--|---------------------------|-----------------|------------------------|--|
| Floresta                       | Florestas nativas, plantadas, matas ciliares, capoeirões           | Verde escuro              | Rugosa          | Irregular              | Ao longo dos rios, encostas de morros e dispersas pela área. |
| Campo                          | Áreas com pastagens  | Verde amarelado           | Fina            | Irregular              | Disperso por toda área                                       |
| Agricultura                    | Áreas destinadas ao cultivo agrícola, incluindo as áreas em pousio | Amarelo Verde, Limão Rosa | Suave a áspera  | Irregular e geométrica | Disperso por toda área                                       |
| Lâmina d'água                  | Rios, açudes   | Azul                      | Lisa            | variadas               | Não considerada  |
| Área Urbana                    | Áreas com construções de forma aglomerada                          | Rosa, Lilás               | Rugosa a áspera | Irregular e geométrica | Não considerada  |

Elaboração: Strassburger, L. (2004)

### 3.2.5 Mapa das Áreas Preservação Permanente

O mapa de Preservação Permanente é elaborado tendo-se como base a rede de drenagem. Conforme o Código Florestal Federal de 15 de setembro de 1965 (em vigência), que prevê uma faixa de 30 metros de preservação da vegetação ao longo das drenagens de até 10 metros de largura, de 50 metros para drenagens de 10 a 50 metros de largura e 100 metros para as drenagens de 50 a 200 metros de largura. Diante disso foram elaborados três mapas de preservação permanente para as drenagens das bacias hidrográficas dos rios do Peixe e Pelotas e um no entorno do reservatório, conforme descritos abaixo:

- Nas drenagens de menores larguras foi elaborado um mapa de 30 metros de preservação permanente;
- Nas drenagens de 10 a 50 metros de largura, elaborou-se o mapa de 50 metros de preservação permanente;
- Nas drenagens maiores que 50 metros de largura foi elaborado o mapa de 100 metros de preservação permanente e;
- No entorno da barragem da usina hidrelétrica foi elaborado o mapa de 100 de preservação permanente;

Estes mapas no SPRING são denominados de mapas de distâncias e a sua elaboração envolve análise de proximidade (medida de distância entre os objetos) que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) pelo usuário em torno de um ou mais elementos do mapa.

### **3.2.6 Mapa de Conflitos Ambientais**

Para criar os mapas de conflitos ambientais seguiu-se os procedimentos descritos no SPRING.

Nesta fase os planos de informação na forma vetorial foram transformados para a representação matricial onde cada área foi transformada em um pixel com identificador numérico, tornando-se possível o cruzamento das informações contidas em cada mapa ou plano de informação.

Assim, esta etapa constituiu-se da sobreposição ou cruzamento dos mapas de uso da terra e de preservação permanente. Utiliza-se o programa LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) no qual são introduzidas todas as classes dos mapas a serem cruzados e obtêm-se automaticamente as áreas onde ocorre intersecção das classes. No Anexo 1 encontra-se um exemplo da Programação em LEGAL utilizada para elaboração do mapa de conflitos ambientais dos rios principais (mais de 50 metros de largura) da bacia hidrográfica do rio Pelotas.

A análise conjunta do resultado deste mapeamento e do Código Florestal Federal permite determinar as áreas em que estão ocorrendo conflitos ambientais.

### **3.3 Variáveis Limnológicas**

As variáveis limnológicas foram escolhidas em função da disponibilidade de aparelhagem para coleta e análise dos dados e devido ao fato de serem as variáveis limnológicas do ecossistema aquático lântico, que de um modo geral, apresentam relações intrínsecas com o ecossistema terrestre, pois seus valores são altamente influenciados de acordo com a área de captação e os materiais que advêm do ecossistema terrestre.

Para a obtenção dos dados e a coleta de água, é observado um distanciamento eqüidistante dos pontos amostrais, bem como onde ocorre confluência de tributários, com auxílio do GPS (Sistema de Posicionamento Global), obtendo-se através deste o georreferenciamento dos pontos de coleta. Identificando-se 30 amostras, sendo 10 no rio Pelotas, 10 correspondentes ao rio do Peixe e 10 no rio Uruguai (Figura 10), todas em ambiente lântico, já que o reservatório da UHE-Itá tem início nos rios do Peixe e Pelotas e os pontos de coleta dos dados limnológicos correspondem ao ambiente lântico dos referidos rios.

A obtenção dos dados foi realizada entre o horário das 09:00 às 16:00 horas, pois este é o horário mais aconselhável para obtenção de variáveis limnológicas devido aos raios solares serem mais perpendiculares dando maior clareza e segurança dos dados obtidos.

As saídas de campo para a coleta dos dados foram realizadas nos dias 17 de setembro de 2004 (final do inverno) e 03 de dezembro de 2004 (primavera), correspondentes ao período de preparo do solo.



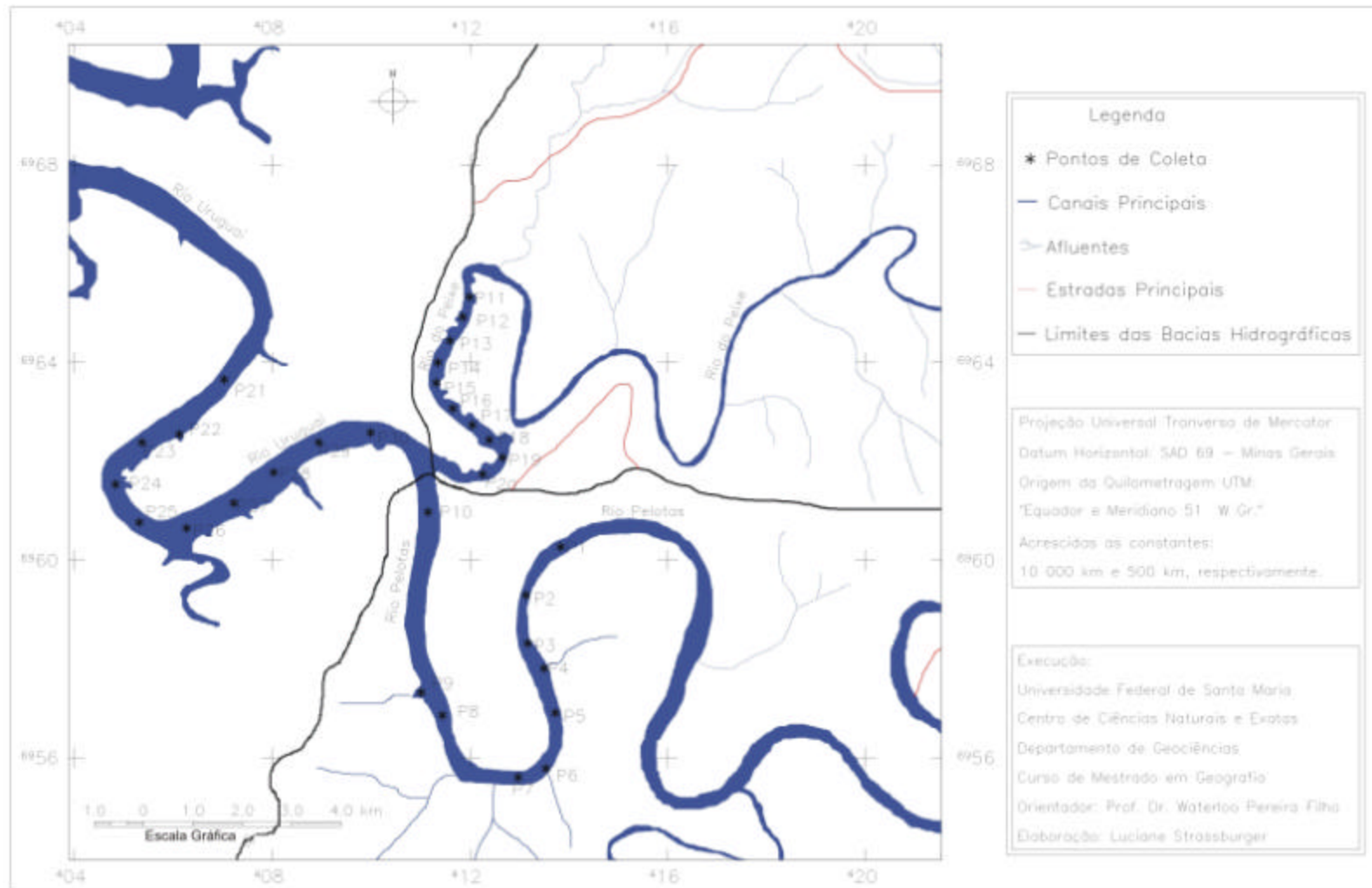


FIGURA 10: Mapa de Representação dos Pontos de Coleta dos Dados da Água

Em cada ponto amostral foi coletada água com a finalidade de determinar em laboratório o Total de Sedimentos em Suspensão (TSS), utilizando-se garrafas plásticas (lavadas com a própria água do reservatório), com capacidade de 01 (um) litro de água. A determinação do TSS é realizada no laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria – CCNE / UFSM, conforme metodologia especificada no Anexo 2.

As variáveis foram coletadas na sub-superfície, ou seja, mais ou menos 20 cm de profundidade. Em cada um dos 30 pontos amostrais foram observadas as condições do tempo, a temperatura do ar, a presença de vento. Estas observação e os valores encontrados para cada variável encontram-se listados no Anexo 3.

As variáveis determinadas “in locu” são:

- Profundidade do Disco de Secchi ou transparência da água (metros): esta variável obtém-se mergulhando um disco branco de 30 cm de diâmetro ao qual é acoplada um corda marcada e anota-se o valor em que ocorre o desaparecimento do disco (em centímetros ou metros).
- Temperatura da água (°C): a temperatura da água foi obtida através do aparelho PH MASTER da marca Sensoglass, o qual primeiramente deve ser estabilizado com solução de pH 4 e pH 7.
- Potencial hidrogeniônico (pH): esta variável também é obtida com o aparelho PH MASTER.
- Condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ): os dados desta variável são obtidos com o aparelho ORION.
- Total de Sólidos Dissolvidos/TDS (mg/L): para esta variável os valores são obtidos através do aparelho ORION.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tendo em vista que o presente estudo visa uma análise integrada dos ecossistemas terrestre e aquático e a interdependência entre ambos, optou-se por realizar alguns mapeamentos das bacias hidrográficas do rio do Peixe (SC) e do rio Pelotas (RS/SC), como o uso da terra e a geomorfologia, para assim ter subsídios para analisar as características da água que podem estar relacionadas a fatores advindos do tipo de relevo e uso antrópico.

Os mapeamentos foram realizados nestas duas bacias hidrográficas devido ao fato de que as mesmas dão início à formação do rio Uruguai (divisa dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina), apresentam características diferenciadas em sua limnologia, como por exemplo, a cor da água e o total de sedimentos em suspensão (Pereira Filho et al., 2003; Strassburger, 2003), e juntamente como o rio Uruguai são os principais formadores do reservatório da usina hidrelétrica de Itá (RS/SC). Deste modo, acredita-se que com o auxílio dos dados cartográficos seja possível obter respostas para as diferentes características limnológicas da água encontradas nos rios do Peixe, Pelotas e Uruguai (na porção que forma o reservatório da UHE Itá, próximo a cidade de Marcelino Ramos/RS).

### 4.1 Mapa Geomorfológico

A partir da elaboração do mapa geomorfológico da área de estudo constatou-se que a mesma encontra-se localizada no compartimento geomorfológico denominado de Planalto Meridional e quanto a morfologia verificou-se que a área de estudo apresenta relevos de modelados denudacionais (D).

Quanto aos conjuntos de formas semelhantes, a área de estudo, apresenta duas formas: formas aguçadas (a) e formas convexas (c).

Em relação a distância dos interflúvios observa-se, de acordo com o Quadro 04, que ambas as bacias apresentam a quarta ordem de grandeza/dimensão das formas, isto devido ao fato de que a média das distâncias dos interflúvios calculada através dos perfis topográficos das diferentes áreas homogêneas variou entre 1900m e 3500m.

Com a aplicação dos níveis taxonômicos e dos padrões de dissecação do relevo, tendo-se como referência o Quadro 04, foi possível classificar as áreas das bacias hidrográficas dos rios do Peixe e Pelotas em cinco classes de áreas homogêneas.

Como apresentado na Figura 11, dentre as cinco áreas homogêneas encontradas na área, somente a classe Da42, que representa forma de denudação com topos aguçados, não foi encontrada para a bacia do rio do Peixe, já as demais classes (Dc41, Dc42, Dc43, Da43), encontram-se presentes nas duas bacias hidrográficas. Deste modo, observa-se que três classes de áreas homogêneas representam relevos de denudação com topos convexos e duas classes com topos aguçados.

Os relevos de topos aguçados encontram-se próximos às drenagens dos rios principais constituindo-se em formas de relevos mais dissecados. Os relevos de denudação de topos convexos representam a maior percentagem de área e encontram-se preenchendo as demais áreas das bacias hidrográficas, portando, representam as áreas de entorno do relevo aguçado e são as áreas onde se encontram as nascentes das drenagens (Figura 11).

Observa-se na Figura 11, que considerando as duas bacias hidrográficas, ocorre o predomínio da área homogênea classificada na classe Dc42, ou seja, representa uma área homogênea, onde as formas de relevo apresentam-se convexas e de acordo com a amplitude altimétrica possuem médio aprofundamento da drenagem. Na Figura 12ab, pode-se observar que esta classe predomina na bacia hidrográfica do rio Pelotas, enquanto que na bacia hidrográfica do rio do Peixe há predomínio da classe Dc43, portanto, nesta última há maior amplitude, classificando-se em áreas com forte dissecação do relevo.

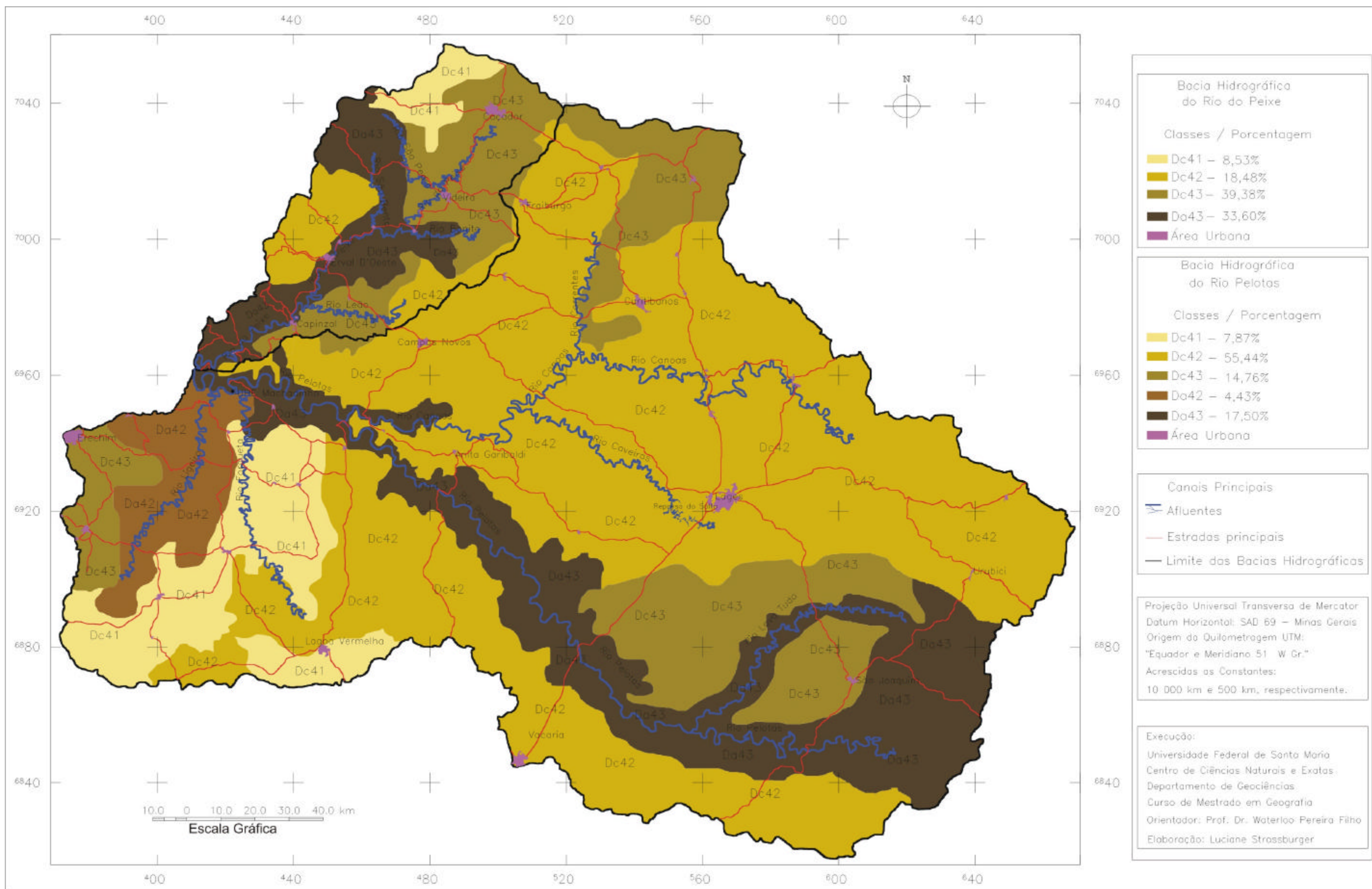


FIGURA 11: Mapa Geomorfológico das Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe (SC) e do Rio Pelotas (RS/SC)

Somando as classes Dc43 e Da43 da bacia hidrográfica do rio do Peixe, observa-se que praticamente 3/4 da área apresenta relevo com forte grau de entalhamento, ou seja, relevo dissecado, portanto, estas áreas apresentam maiores restrições em relação ao uso da terra.

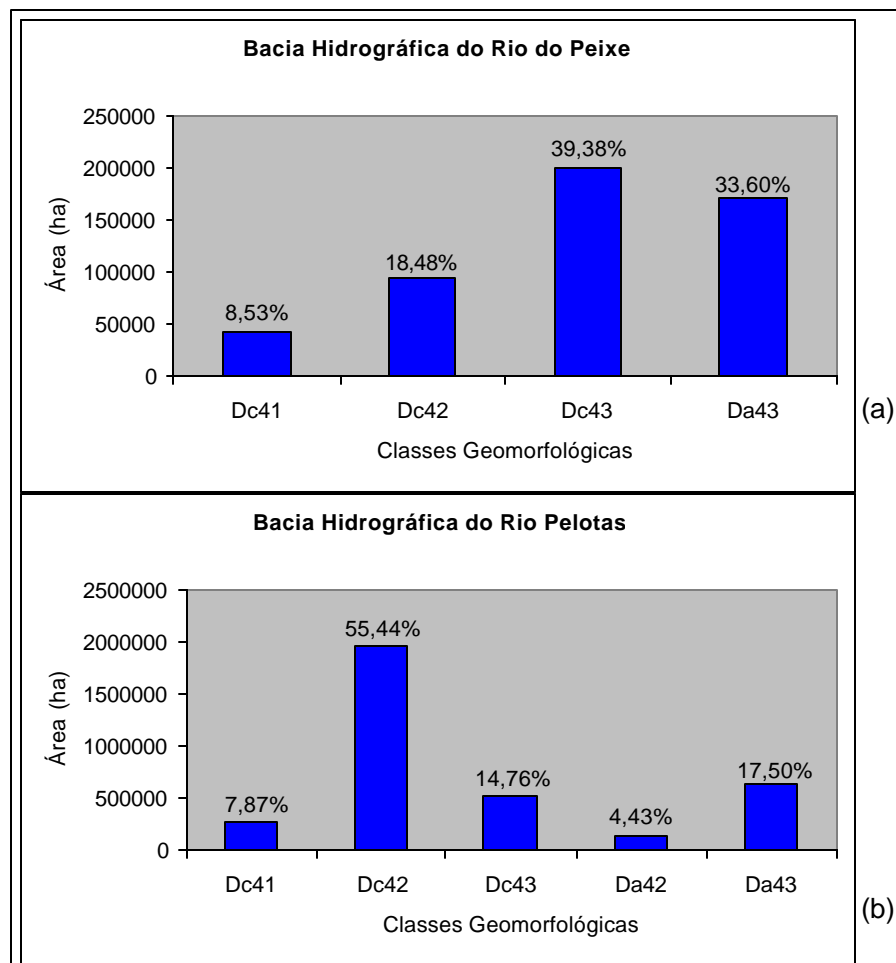


FIGURA 12: Quantificação das classes geomorfológicas das bacias hidrográficas do rio do Peixe (a) e do rio Pelotas (b)

Na bacia hidrográfica do rio Pelotas observou-se que a soma das classes Dc43 e Da43 contabilizam em torno de 1/3 da área total, representando, portanto, uma percentagem menor do que a encontrada na bacia hidrográfica do Rio do Peixe, assim pode-se inferir que a bacia hidrográfica do rio Pelotas

apresenta menos restrições ambientais quanto ao uso da terra em relação à bacia hidrográfica do Rio do Peixe, pois apresenta menor percentagem de área com relevo dissecado.

Em algumas áreas homogêneas do rio Pelotas inseridas nas classes Dc42 e Dc43 encontram-se altas variações de altimetria. Apesar de não serem áreas muito dissecadas, este fato talvez esteja relacionado com a grande dimensão dessas áreas homogêneas, ou seja, as curvas de nível apresentam-se mais afastadas, caracterizando, portanto, menores declividades do terreno, o que pôde ser visualizado através dos perfis topográficos que nestas áreas homogêneas foram construídos em maior número buscando a melhor representação da área.

Nas áreas homogêneas classificadas nas classes Da42 e Da43, as curvas de nível encontram-se próximas e as áreas são menores, caracterizam-se como áreas com maior dissecação do relevo, possuindo vales mais profundos e estreitos em relação às demais classes.

Comparando-se as áreas homogêneas das duas bacias hidrográficas nota-se que a classe Da43 apresenta-se em maior percentagem na bacia hidrográfica do rio do Peixe (Figura 12ab), do que na do rio Pelotas, o que pressupõe que a referida bacia hidrográfica encontra-se de um modo geral mais dissecada e devido a este fato pode-se inferir que as atividades nelas desenvolvidas devem ser mais restritas, pois podem causar sérios danos ambientais.

Em trabalho realizado por Pereira Filho *et al.* (2003), nas referidas bacias hidrográficas, foi constatado maior concentração de sedimentos em suspensão e verificado que a cor da água na bacia do Peixe era marrom enquanto que na bacia do rio Pelotas a cor da água era marrom esverdeada. Quanto aos espectros de refletância da água, os autores verificaram que nas águas do rio do Peixe ocorreu maior refletância eletromagnética, principalmente nas faixas do verde e vermelho em relação aos espectros de refletância obtidos no rio Pelotas.

Relacionando-se o mapa geomorfológico com as características de limnologia e de refletância da água pode-se inferir que a bacia hidrográfica do rio do Peixe, dada as suas características de maior dissecação geomorfológica, proporciona maiores problemas ambientais do que a bacia hidrográfica do rio Pelotas. Os maiores valores de concentração de sedimentos em suspensão e de refletância certamente estão relacionados com o uso da terra presentes na bacia do rio do Peixe.

Na bacia hidrográfica do rio Pelotas as áreas de relevo dissecado representam menor percentagem e, portanto, menores restrições quanto ao uso da terra, pois os processos de erosão são menos susceptíveis nestas áreas.

#### **4.2 Mapa de Uso da Terra**

A classificação do uso da terra foi realizado com base nas bandas 3, 4, 5 das imagens do satélite Landsat-7. As imagens orbitais foram processadas de forma que pudessem melhor representar as características necessárias para definição dos diferentes tipos de uso da terra a serem classificados. Deste modo, foram realizadas as combinações de bandas ou composições coloridas falsa cor, onde combinou-se as bandas 3, 4 e 5 aos canais RGB (vermelho, verde e azul), visto que esta combinação apresenta maior capacidade de separação dos diferentes alvos, ou seja, dos diferentes tipos de uso da terra. Assim, a banda três foi associada ao canal da cor azul, onde a água por apresentar maior refletância se apresenta com a cor azul, a banda quatro foi associada ao canal da cor verde, já que nesta banda a vegetação apresenta maior refletância, sendo representada na imagem em tons de verde e a banda cinco foi associada ao canal da cor vermelha, apresentando o solo em tons avermelhados, uma vez que na banda cinco os solos possuem maior refletância.



Com base nesta combinação das bandas e canais do satélite Landsat-7 foram determinadas as cinco classes de uso da terra, conforme visto no Quadro 5, a partir das quais foi possível selecionar polígonos homogêneos nas imagens, classificar e mapear o uso da terra nas bacias hidrográficas do rio do Peixe e do rio Pelotas.

A quantificação do uso da terra nas bacias hidrográficas do rio do Peixe e do rio Pelotas, de um modo geral, demonstrou que estas não possuem diferenças muito expressivas quanto às porcentagens dos tipos de uso da terra (Figura 13ab), predominando o campo, a agricultura e a floresta, respectivamente, em ambas as bacias hidrográficas. A espacialização dos diferentes tipos de uso da terra pode ser visualizada na Figura 14.

Analisando a distribuição espacial das classes de uso da terra na bacia hidrográfica do rio do Peixe (Figura 14) e a quantificação dos dados na Figura 13a, percebe-se que há o predomínio da classe denominada de campo, ocupando aproximadamente 220.347 ha, correspondendo a 41,54% do total da área. Esta classe representa áreas cobertas por vegetação herbácea e subarbustiva, usadas para pastagens e distribui-se por toda a bacia hidrográfica. A classe campo representa uma importante base para a economia dos municípios pertencentes à referida bacia hidrográfica, visto que a pecuária destaca-se através da produção avícola, seguida pelos suínos e bovinos.

Esta mesma classe (campo) também predomina na bacia hidrográfica do rio Pelotas ocupando 1.553.877 ha ou 43,39% do total da área (Figura 13b). Destacando nesta bacia hidrográfica o rebanho de bovinos, seguidos pelas vacas ordenhadas e produção de leite e ainda os suínos e aves.

Em segundo lugar, em termos percentuais, aparece a classe denominada de agricultura, correspondendo a 155 827 ha e representando 30,55% da área total na bacia hidrográfica do rio do Peixe (Figura 13a) e, 1 239 709 ha ou 34,62% na bacia hidrográfica do rio Pelotas (Figura 13b). Nesta classe estão incluídas todas as áreas destinadas ao cultivo agrícola, incluindo as áreas em pousio e a agricultura irrigada, apresentando distribuição espacial abrangente em toda área das duas bacias hidrográficas (Figura 14). Nesta bacia

hidrográfica do rio do Peixe segundo dados da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Santa Catarina, predominam as culturas de maçã, seguida do milho, do feijão, da soja e do fumo, já que são culturas que podem ser cultivadas em áreas de relevo mais dissecado, apesar das dificuldades e dos danos causados ao meio ambiente. Já na bacia hidrográfica do rio Pelotas destacam-se a produção de alho, seguida da maçã, da batata, da soja e do milho.

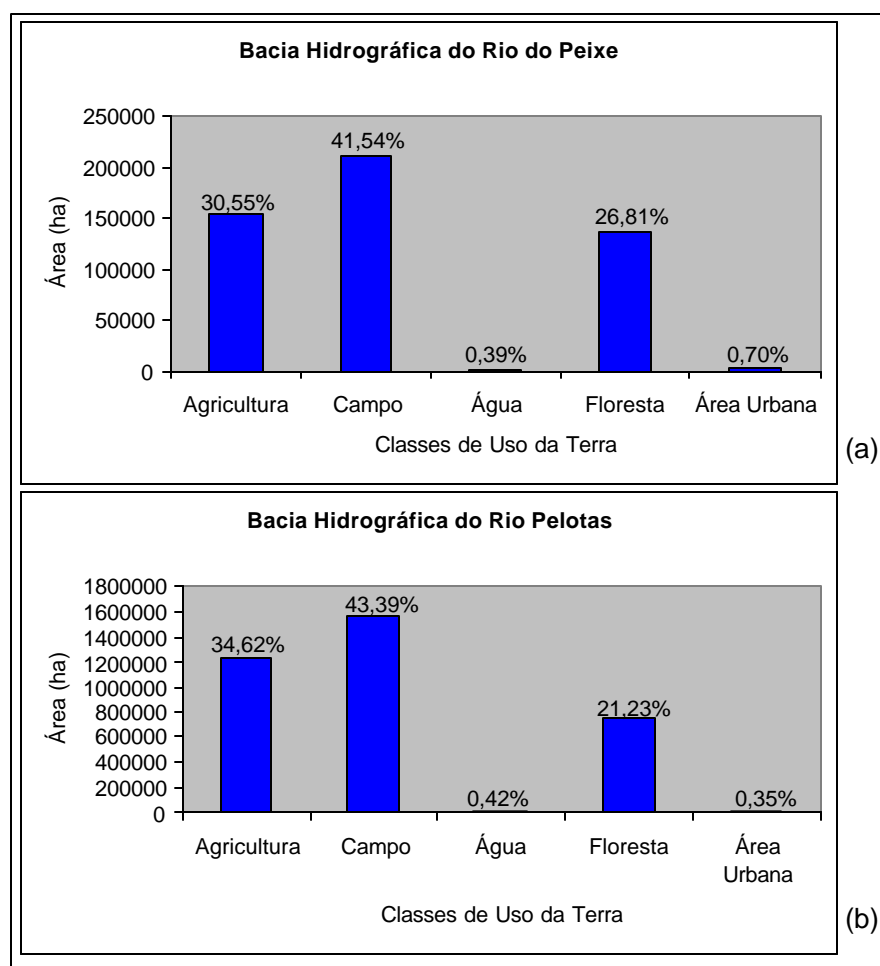


FIGURA 13: Quantificação das classes de uso da terra das bacias hidrográficas do rio do Peixe (a) e do rio Pelotas (b)



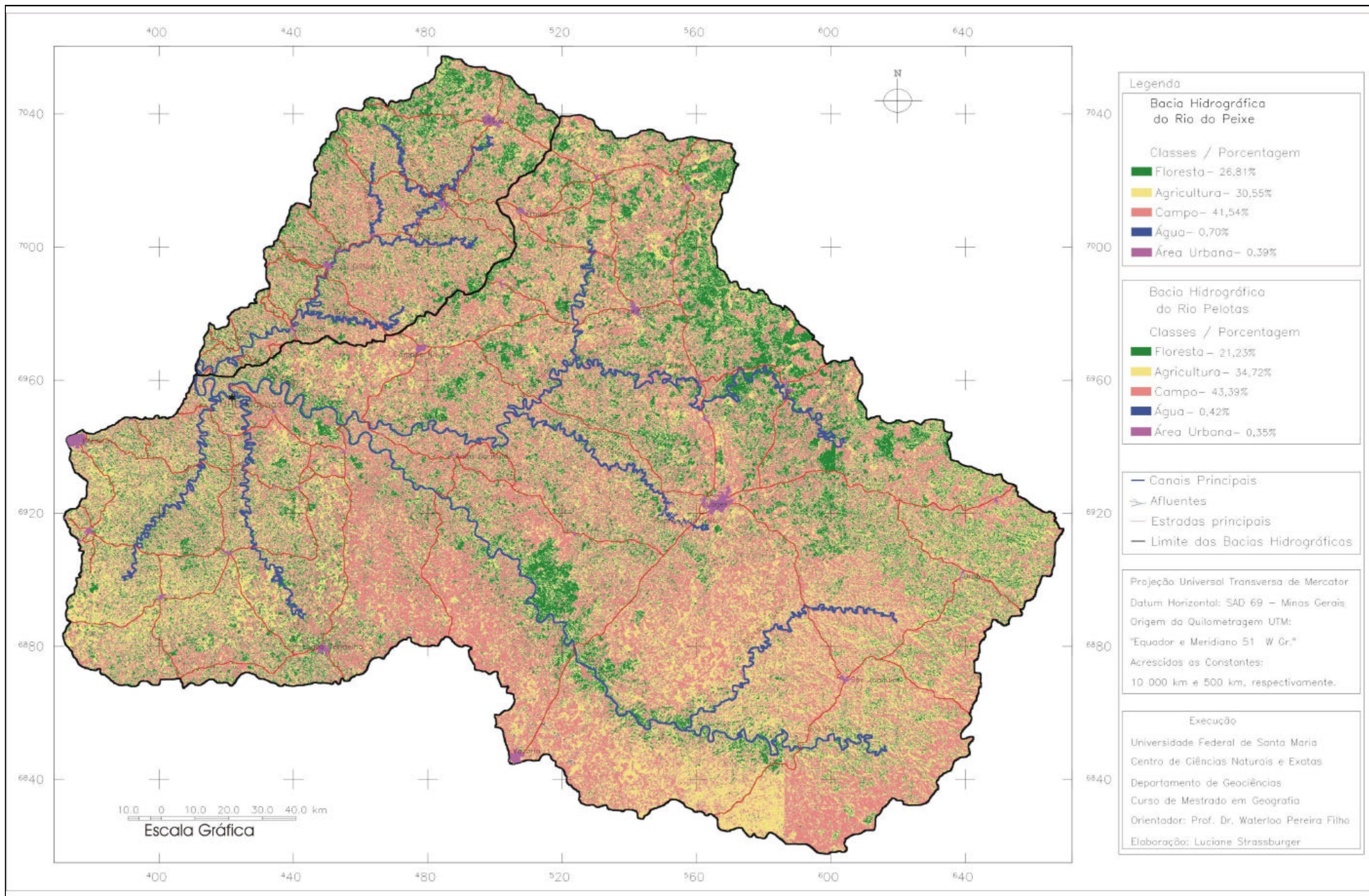


FIGURA 14- Mapa de Uso da Terra das Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe (SC) e do Rio Pelotas (RS/SC)



Para a classificação da classe de florestas considerou-se que estas equivalem a todos os tipos de vegetação encontradas na área, ou seja, florestas nativas, áreas de reflorestamento, matas ciliares e capoeirões. Na bacia hidrográfica do rio do Peixe, o percentual de área de floresta corresponde a 26,81% ou 136.740 ha do total da área (Figura 13a), sendo que as maiores concentrações localizam-se na porção norte (Figura 14). Na bacia hidrográfica do rio Pelotas esta classe corresponde a 760 256 ha ou 21,23% (Figura 13b) do total da área e as maiores concentrações de área florestais encontram-se na porção norte, destacando-se ainda algumas áreas na porção central, próximo ao rio Pelotas (Figura 14).

Ressalta-se que o percentual de área florestal encontrada neste estudo assemelha-se ao total encontrado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Santa Catarina no ano de 1997, a qual obteve que a área com vegetação primária e secundária na bacia hidrográfica do rio Pelotas representa entre 21 % e 23% e a área com reflorestamento 6%, ou seja, somando-se 21% e 6%, chega-se ao percentual de 27% e no presente estudo a área com floresta (que integra floresta nativa e plantada) encontrada na referida bacia hidrográfica representa 26,81% de sua área total.

Na bacia hidrográfica do rio Pelotas, segundo dados da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Santa Catarina no ano de 1997, as áreas com vegetação primária e secundária encontram-se fortemente degradadas representando em torno de 15% a 20% da área total da bacia na porção pertencente ao estado de Santa Catarina. No presente estudo encontrou-se um percentual de 21,23% da área total na classe de florestas, ressaltando-se que este percentual refere-se a bacia do rio Pelotas como um todo, ou seja, as áreas pertencentes aos dois estados (Rio Grande do Sul e Santa Catarina).

As classes com menor percentual de área foram a lâmina d'água e a área urbana. Na bacia hidrográfica do rio do Peixe obteve-se 0,70% e 0,39% da área total para as classes lâmina d'água e áreas urbanas, respectivamente

(Figura 13a). Na bacia hidrográfica do rio Pelotas as classes de lâmina d'água e área urbana representam 0,42% e 0,35% (Figura13b) da área total da bacia, respectivamente. A lâmina d'água está representada principalmente pelos rios de maior extensão, visto que na área encontram-se poucos açudes e os rios com menos de 30 metros de largura não foram quantificados devido a resolução da imagem de satélite que é de 30m x 30m. A classe que representa as áreas urbanas compõe-se de áreas com construções de forma aglomerada, ou seja, as sedes dos municípios localizadas nas imagens de satélite e nas cartas topográficas.

#### **4.3 Mapa das Áreas de Preservação Permanente**

O mapa de preservação permanente é um mapa de distâncias ao longo da rede de drenagens, onde estipulou-se as áreas marginais ao longo de 30 metros, 50 metros e 100 metros para as drenagens de até 10m metros de largura, de 10 a 50 metros de largura e de 50 a 200 metros de largura, respectivamente, de acordo com o Código Florestal Federal de 1965.

Estas áreas de preservação permanente de vegetação são de suma importância para a preservação dos mananciais d'água, pois ajudam a evitar o assoreamento dos cursos fluviais, portanto, nos casos onde esta vegetação encontra-se ausente é recomendável o reflorestamento conforme a largura mínima citada acima.

Na área de estudo, estas áreas representam 26 710 ha, ou seja, 5,24% da bacia hidrográfica do rio do Peixe e; 151 699 ha , ou seja, 4,24% da bacia hidrográfica do rio Pelotas. No entorno da barragem a área de preservação permanente corresponde a 5 569 ha. Na Figura 15 visualiza-se a espacialização das áreas de preservação permanente ao longo das drenagens, na área de confluência dos rios do Peixe e Pelotas e no rio Uruguai, ou seja, no entorno do ambiente lântico dos três principais rios formadores do reservatório da UHE Itá. Esta figura representa apenas a área de confluência

devido a escala utilizada no mapa, pois em uma escala menor estes dados não poderiam ser visualizados.

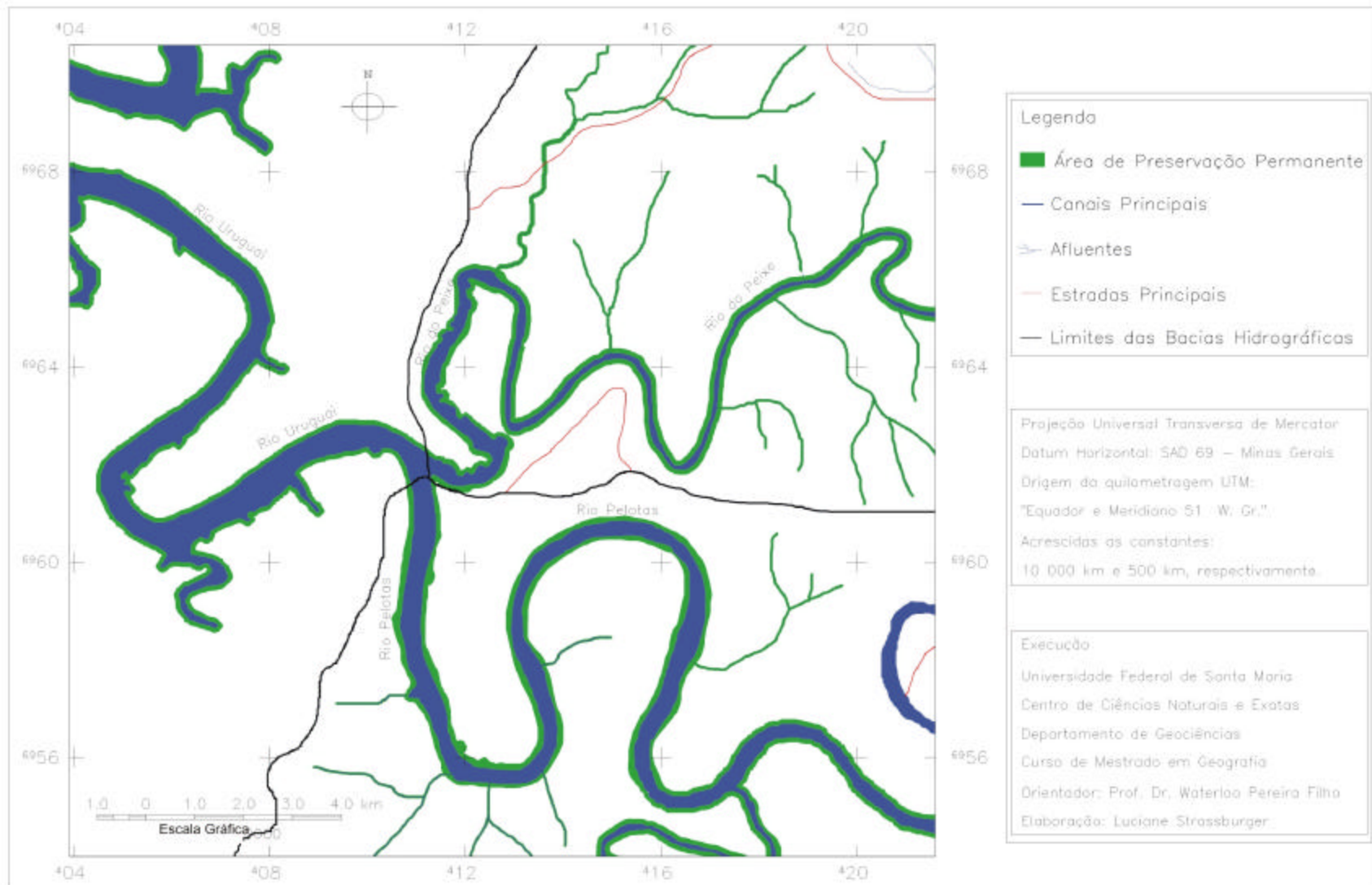


FIGURA 15: Mapa das Áreas de Preservação Permanente

#### 4.4 Mapa de Conflitos Ambientais

Os campos e as atividades agrícolas localizadas nas áreas de preservação permanente representam conflitos ambientais, pois as áreas de florestas foram inicialmente desmatadas para realização de atividades agropecuárias. As áreas com agricultura representam graves conflitos ambientais, pois as áreas de entorno das drenagens são bastante suscetíveis a erosão e perda de fertilidade dos solos, assoreando facilmente os cursos d'água devido a baixa capacidade de infiltração da água em áreas cobertas por campos e agricultura.

O mapa de conflitos ambientais foi elaborado através de um Programa em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do Aplicativo Spring, onde efetuou-se a intersecção do mapa de preservação permanente ou mapa de distâncias e o mapa de uso da terra, assim pode-se estabelecer os conflitos ambientais que ocorrem no entorno das drenagens das bacias hidrográficas do rio do Peixe e do rio Pelotas e no entorno do reservatório. A representação espacial dos conflitos ambientais pode ser visualizada na Figura 16, a qual em função da escala representa apenas a área de confluência das bacias hidrográficas e parte do reservatório.

A quantificação dos resultados desta intersecção pode ser visualizada na Tabela 1. Considerando-se que as áreas de preservação permanente necessitam de cobertura florestal ou vegetação nativa, atividades antrópicas, como atividades agrícolas ou pastagens nas áreas de preservação permanente constituem -se como conflitos ambientais perante a legislação ambiental.



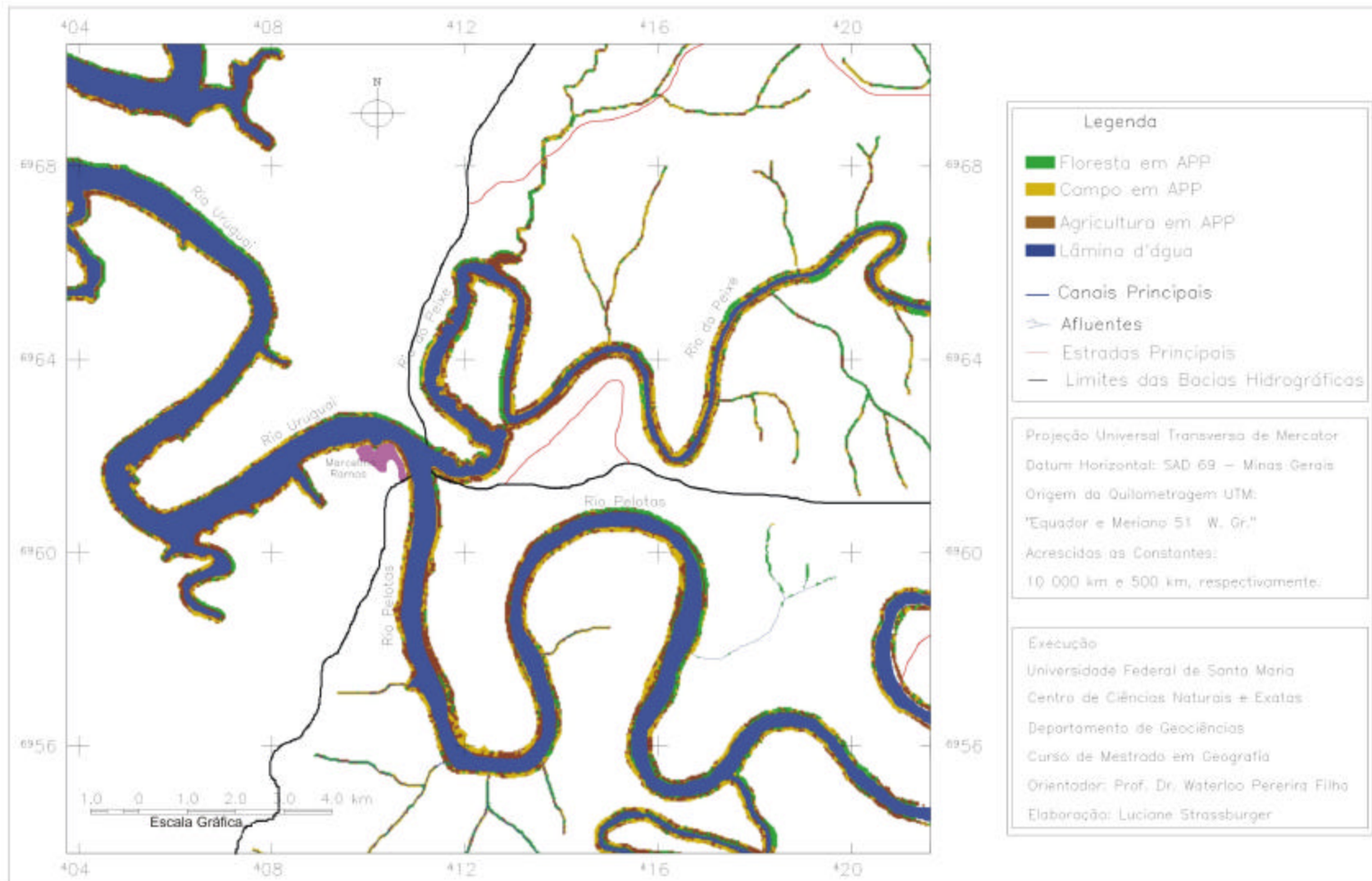


FIGURA 16- Mapa de Conflitos Ambientais

TABELA 1- Quantificação das áreas de conflitos ambientais

| <i>Tipo de Uso da Terra</i> | <i>BH rio do Peixe</i> | <i>BH rio Pelotas</i> | <i>Entorno Reservatório (ro Uruguai)</i> |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|--|
| Agricultura                 | 40,0%                  | 44,4%                 | 42,9%                                    |
| Campo                       | 34,5%                  | 32,5%                 | 36,0%                                    |
| Floresta *                  | 27,5%                  | 23,1%                 | 21,1%                                    |
| <b>Total</b>                | <b>100</b>             | <b>100</b>            | <b>100</b>                               |

Onde: BH = bacia hidrográfica

\* Áreas que não representam conflitos ambientais perante a Legislação Ambiental

Na bacia hidrográfica do rio do Peixe o percentual de área de preservação permanente mantido com áreas florestais é de 27,5% do total (Tabela 1), ou seja, 72,5% da área que deveria ser mantida com formações florestais estão sendo ocupadas com atividades antrópicas, sendo 40% com agricultura e 34,5% com áreas de campo, representando, portanto, 72,5% de áreas de conflitos ambientais no entorno de suas drenagens. Na Figura 17, pode-se visualizar esta situação, ou seja, área de conflitos ambientais devido a presença de áreas agrícolas na área de preservação permanente.



FIGURA 17- Área de Preservação Permanente com presença de áreas agrícolas (solo em preparo)

Na bacia hidrográfica do rio Pelotas a situação encontrada não é muito diferente. A área de preservação permanente respeitada, ou seja, a que apresenta formações florestais perfaz 23,1% do total, a agricultura e a área de campo representam 44,4% e 32,5%, respectivamente (Tabela 1). Portanto, nesta bacia hidrográfica 76,9% da área que deveria ser de preservação permanente encontra-se em conflitos ambientais, conforme a legislação ambiental, como podemos ver na Figura 18, onde ocorrem áreas agrícolas e de campo com presença de moradia nas margens do rio Pelotas.



FIGURA 18- Áreas de agricultura e campo nas margens do rio Pelotas

Na área de entorno do reservatório da UHE Itá, apenas 21,16% da área de preservação permanente apresenta-se com áreas florestais, ou seja, 78,9% da área de entorno do reservatório apresenta-se com conflitos ambientais em relação ao uso da terra, sendo que 42,9% apresenta-se com agricultura e 36% com a classe campo. Portanto, no entorno do reservatório das 5 569 ha que deveriam ser conservadas com formações florestais, 4 395 ha encontram-se em conflitos ambientais apresentando-se com campo e agricultura, conforme ilustra a Figura 19.



FIGURA 19- Áreas de agricultura e campo nas margens do rio Uruguai

#### 4.5 Análise do Uso da Terra em Função da Geomorfologia

Para a geração desses dados foi realizado, através do Programa em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do Aplicativo Spring, a intersecção do mapa de uso da terra e do mapa geomorfológico, este procedimento permitiu visualizar espacialmente e quantificar as classes de uso da terra (agricultura, floresta e campo) sobre as diferentes classes geomorfológicas. O resultado desta sobreposição e sua quantificação podem ser visualizados na Tabela 2.

Para que a visualização das informações se mostrasse com maior clareza, optou-se por representar no mapa apenas o cruzamento das classes de uso da terra com a classe geomorfológica Da43, a qual representa relevo mais dissecado, visto que o mapa resultante deste mapeamento se constituiria em 15 diferentes classes e tornaria confusa a visualização dos dados. Devido a

este fator todos os dados obtidos através deste mapeamento foram representados na Tabela 2.

TABELA 2- Quantificação das Classes de Uso da Terra em função das Classes Geomorfológicas

| Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe |          |       |             | Bacia Hidrográfica do Rio Pelotas |          |       |             |
|------------------------------------|----------|-------|-------------|-----------------------------------|----------|-------|-------------|
| Classes                            | Floresta | Campo | Agricultura | Classes                           | Floresta | Campo | Agricultura |
| Dc41                               | 47,0%    | 24,6% | 28,4%       | Dc41                              | 22,6%    | 36,9% | 40,5%       |
| Dc42                               | 26,0%    | 45,5% | 28,5%       | Dc42                              | 22,0%    | 45,8% | 32,2%       |
| Dc43                               | 23,7%    | 44,5% | 31,8%       | Dc43                              | 14,8%    | 46,7% | 38,5%       |
| Da42                               | -        | -     | -           | Da42                              | 26,0%    | 34,9% | 39,1%       |
| Da43                               | 26,0%    | 40,6% | 33,4%       | Da43                              | 23,0%    | 38,9% | 38,1%       |

A classe geomorfológica Dc41 representa áreas mais planas e apresenta pequena percentagem nas bacias hidrográficas do rio do Peixe e do rio Pelotas (Figura 12ab), ou seja, nestas áreas o uso da terra não se constituiria em graves problemas ambientais. Esta classe encontra-se no noroeste na bacia hidrográfica do rio do Peixe (Figura 11), apresentando maior percentagem de uso da terra com florestas (47,0%), seguido da agricultura (28,4%) e dos campos (24,6%), conforme Tabela 2. Na bacia hidrográfica do Rio Pelotas, esta classe geomorfológica encontra-se na porção sudoeste e é ocupada em termos percentuais pela agricultura (40,5%), em segundo lugar está a classe campo (36,9%) e em terceiro a classe floresta (22,6%) (Tabela 2).

Na classe geomorfológica Dc42, a qual ocupa a maior porção da bacia hidrográfica do rio Pelotas e o terceiro lugar em termo percentuais na bacia hidrográfica do rio do Peixe (Figuras 11 e 12ab) é também uma classe que não apresenta grandes restrições quanto ao uso da terra, pois são áreas que apresentam menores declividades. Observando a Tabela 2, nota-se que nas duas bacias hidrográficas a maior percentagem desta classe encontra-se ocupada pela classe campo (45,5% e 45,8%), seguida pela classe de agricultura (28,5% e 32,2%) e a classe florestas com 26,0% e 22%, visto que são áreas mais apropriadas para as atividades agropecuárias.

De acordo com a Tabela 2, na classe de geomorfologia Dc43, que representa relevos de denudação de topos convexos, com maior dissecação em relação as classes Dc41 e Dc42, o uso da terra que predomina em ambas bacias hidrográficas é o campo, representando 44,5% e 46,7% para a bacia hidrográfica do rio do Peixe e Pelotas, respectivamente. Em seguida, encontra-se a classe de uso terra agricultura com 31,8% e 38,5%, seguida da floresta com 23,7% e 14,8%, nas bacias hidrográficas do rio do Peixe e Pelotas, respectivamente. Observa que nesta classe geomorfológica há uma excessiva ocupação antrópica e poucas áreas de florestas, principalmente na bacia hidrográfica do rio do Pelotas, a qual apresenta apenas 14,8% de áreas florestais para o total de área desta classe geomorfológica. Ressalta-se ainda que nesta classe geomorfológica são encontrados os menores percentuais de florestas para ambas as bacias hidrográficas (Tabela 2).

Conforme os dados apresentados na Tabela 2, pode-se observar que a classe geomorfológica Da42 que representa relevos de topos aguçados só é encontrada na bacia hidrográfica do rio Pelotas, estando espacialmente distribuída na porção da mesma, conforme Figura 11. Pode-se considerar que esta classe geomorfológica por possuir relevos mais dissecados apresente maiores restrições quanto ao uso da terra, porém as classes que predominam são a agricultura e o campo, os quais perfazem 74% da área total, restando 26% de áreas florestais (Tabela 2).

Já a classe geomorfológica Da43 está presente nas duas bacias hidrográficas e constitui-se nas formas de relevo mais dissecado presente na área de estudo e, espacialmente encontra-se distribuída próximo às drenagens dos rios principais (Figuras 11 e 20).





FIGURA 20- Classe geomorfológica Da43 nas margens do rio Pelotas

Haja vista que esta classe geomorfológica (Da 43) é a que apresenta maior dissecação do relevo e, portanto, a que apresenta maiores restrições quanto ao uso da terra dentre as cinco classes geomorfológicas encontradas na área de estudo, optou-se por representar espacialmente as classes de uso da terra presentes nesta classe geomorfológica (Figura 21).

Observando-se a Tabela 2, nota-se que o uso da terra predominante nesta classe geomorfológica (Da43) é o campo, representando 40,6% e 38,9%, seguido da agricultura com 33,4% e 38,1% e a classe de floresta apresenta os menores percentuais, ou seja, 26,0% e 23% na bacia hidrográfica do rio do Peixe e Pelotas, respectivamente. Na Figura 20 pode-se observar a distribuição espacial das classes de uso da terra na classe geomorfológica Da43. Como esta classe geomorfológica representa relevos mais dissecados pode-se inferir que esta área está sendo excessivamente utilizada pela ação antrópica podendo acarretar sérios problemas ambientais como, por exemplo, o assoreamento dos cursos d'água e a degradação do solo.



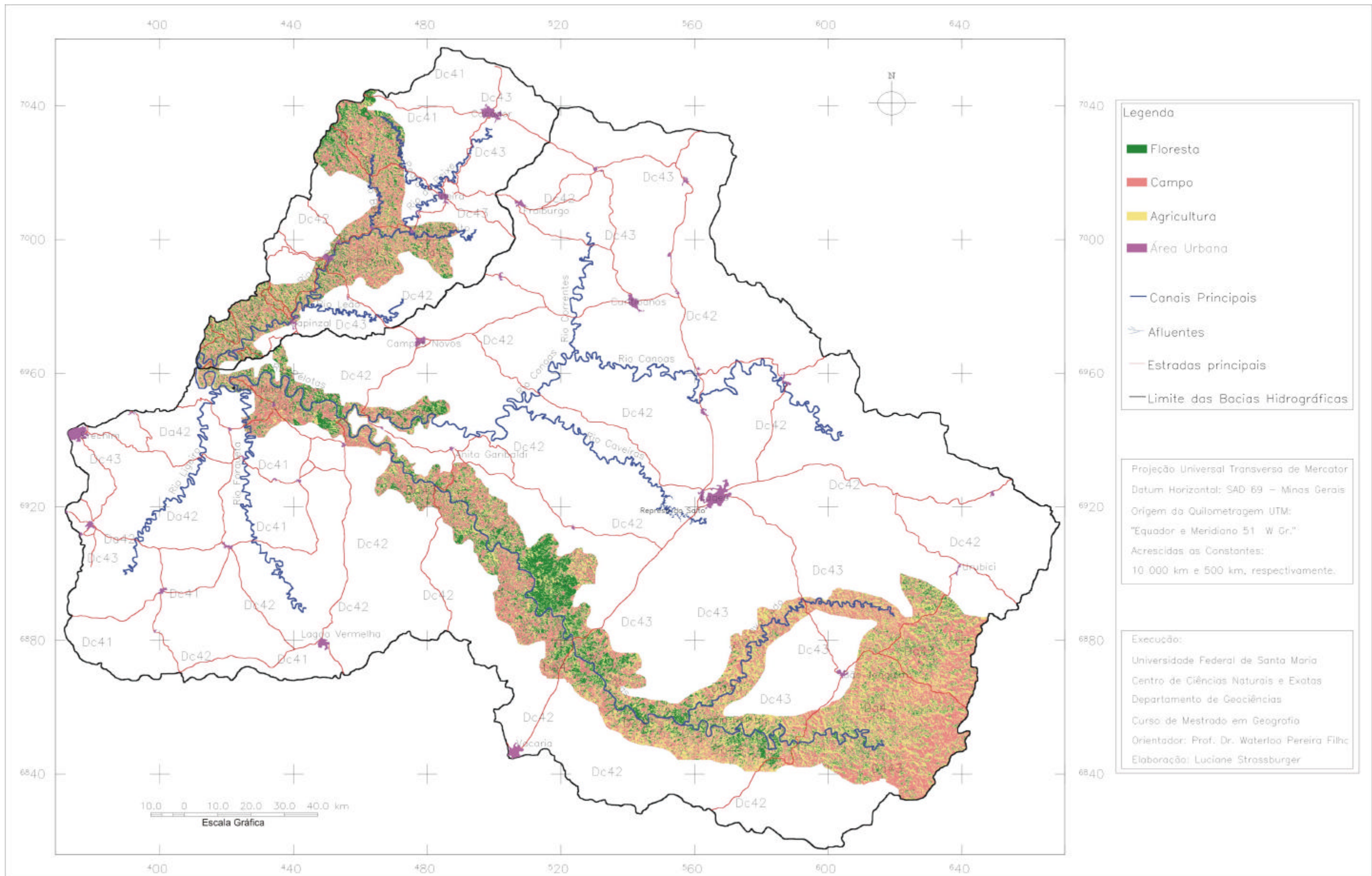


FIGURA 21- Mapa de Uso da Terra em Função da Classe Geomorfológica Da43, nas Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe e do Rio Pelotas (RS/SC)

Considerando a área total das bacias hidrográficas, a análise das classes do uso da terra em função da geomorfologia, forneceu dados importantes e com diferenças expressivas nas porcentagens que facilitaram a interpretação dos dados e possibilitaram a visualização das principais diferenças ambientais que ocorrem nas bacias hidrográficas, proporcionando assim, melhor entendimento das interações terra-água.

A quantificação do uso da terra em função da geomorfologia, considerando a área total das bacias hidrográficas, proporcionou visualizar que a bacia hidrográfica do rio do Peixe apresenta maiores porcentagens de áreas com agricultura e campo inseridos nas classes geomorfológicas de maior dissecação do relevo, enquanto que na bacia hidrográfica do rio Pelotas essas classes representam praticamente a metade dos valores proporcionais encontrados para a bacia hidrográfica do rio do Peixe, conforme pode ser visualizado na Tabela 3.

TABELA 3- Quantificação do Uso da Terra em função da Geomorfologia, considerando a área total das bacias hidrográficas

| Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe |          |       |             | Bacia Hidrográfica do Rio Pelotas |          |       |             |
|------------------------------------|----------|-------|-------------|-----------------------------------|----------|-------|-------------|
| Classes                            | Floresta | Campo | Agricultura | Classes                           | Floresta | Campo | Agricultura |
| Dc41                               | 4,0%     | 2,1%  | 2,4%        | Dc41                              | 1,9%     | 3,0%  | 3,4%        |
| Dc42                               | 4,8%     | 8,4%  | 5,3         | Dc42                              | 12,2%    | 25,2% | 17,8%       |
| Dc43                               | 9,5%     | 17,5% | 12,5        | Dc43                              | 2,2%     | 6,8%  | 5,7%        |
| Da42                               | -        | -     | -           | Da42                              | 1,2%     | 1,5%  | 1,8%        |
| Da43                               | 8,7%     | 13,5% | 11,2        | Da43                              | 4,0%     | 6,7%  | 6,5%        |

Inicialmente, observou-se que a classe geomorfológica Da43, que representa a forma de relevo mais dissecado presente na área de estudo, apresenta maiores porcentagens de floresta, campo e agricultura na bacia hidrográfica do rio do Peixe, ou seja, o dobro dos valores percentuais encontrados na bacia hidrográfica do rio Pelotas (Tabela 3). Assim, pode-se inferir que a bacia hidrográfica do rio do Peixe apresenta maiores problemas ambientais em relação bacia hidrográfica do rio Pelotas, pois nesta classe geomorfológica (Da43) em que deveria ser preservado maior percentual de

florestas ocorre o predomínio de campo e agricultura e, sobretudo porque esta classe geomorfológica apresenta percentual de área maior na bacia hidrográfica do rio do Peixe, representando, portanto, 33,60% da área total, enquanto que na bacia hidrográfica do rio Pelotas equivale a 17,50% (Figura 12).

Com a soma dos valores percentuais das classes geomorfológicas com maior dissecação do relevo (Dc43, Da42 e Da43), observou-se que na bacia hidrográfica do rio do Peixe a área de floresta representa 18,2%, o campo representa 31,1% e a classe de agricultura representa 23,7% da área total. Já na bacia hidrográfica do rio Pelotas as classes de floresta, campo e agricultura representam 7,4%, 15,0% e 14,1%, respectivamente.

Deste modo, notou-se que apesar da área de florestas ser maior na bacia hidrográfica do rio do Peixe, não representa que esteja mais protegido dos danos ambientais porque as áreas de campo e agricultura apresentam percentuais elevados, representando 54,8% da área total (Tabela 3).

Na bacia hidrográfica do rio Pelotas ocorre menor percentagem de área nas classes geomorfológicas com maior dissecação do relevo (Dc43, Da42 e Da43), sendo que o campo e a agricultura somados representam 29,1% da área total (Tabela 3), representando assim menores percentuais de uso da terra com problemas ambientais, pois nesta bacia hidrográfica predomina a classe Dc42, a qual não apresenta grandes restrições ambientais.

Notou-se ainda que as áreas de floresta encontram-se defasadas e mal distribuídas nas duas bacias hidrográficas em relação às classes geomorfológicas, pois representam um percentual baixo nas classes de maior dissecação do relevo, sendo que na bacia hidrográfica do rio Pelotas o percentual de florestas é ainda menor (Tabela 3).

Assim, foi possível observar que devido às classes de maior dissecação do relevo representarem maiores percentuais na bacia hidrográfica do rio do Peixe, estas apresentam também maiores valores percentuais de uso com campo e agricultura proporcionando maior degradação ambiental nesta bacia hidrográfica, o que acarreta maiores alterações nos ambientes terrestre e

aquático, como por exemplo, a degradação do solo e o aporte de sedimentos para os rios. Na bacia hidrográfica do rio Pelotas as maiores percentagens de área pertencem a formas de relevo menos dissecado (Figura 12), portanto, as áreas ocupadas pelas classes campo e agricultura são menores e representam menores problemas ambientais.

#### 4.6 Variáveis Limnológicas

As variáveis analisadas no presente estudo são: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), Total de Sólidos Dissolvidos (TDS), Condutividade Elétrica, Profundidade do Disco de Secchi e Total de Sedimentos em Suspensão (TSS).

As coletas foram realizadas no reservatório da UHE Itá, nos rios do Peixe, Pelotas e Uruguai, próximo à cidade de Marcelino Ramos/RS. Os dados foram coletados em duas datas: 17/09/04 (final do inverno) e 03/12/04 (final da primavera). Considerando-se que o comportamento das variáveis limnológicas está relacionado com o ambiente terrestre, as precipitações nos trinta dias antecedentes das coletas foram de 159 mm na primeira coleta e de 133 mm na segunda coleta<sup>8</sup>. Entretanto, na semana que antecedeu a primeira coleta a precipitação foi de 115 mm e na semana que antecedeu a segunda coleta a precipitação foi de apenas 6 mm. Quanto ao uso da terra, em setembro o solo encontrava-se em preparo para plantio (solo exposto) e em dezembro, as áreas estavam plantadas, especialmente com a cultura do milho.

Em uma análise preliminar pode-se dizer que as variáveis limnológicas, de um modo geral, tiveram aumento de seus valores médios na coleta realizada em dezembro, com exceção do TSS, o qual apresentou queda de seus valores médios (Tabela 4). Se compararmos os dados das duas coletas realizadas neste trabalho, nota-se que a diferença dos valores médios em relação aos três diferentes rios (Peixe, Pelotas e Uruguai) não são tão

<sup>8</sup> Informação obtida verbalmente através de funcionário da COTREL (Cooperativa Triticola Erechim Ltda), no mês de dezembro de 2004, referentes às precipitações do município de Marcelino Ramos (RS).

expressivas quanto as encontradas por Strassburger (2003) e Pereira Filho *et al* (2003). Porém, estas diferenças ainda existem e pode-se dizer que de acordo com as características limnológicas, o reservatório da UHE Itá possui três compartimentos diferenciados considerando-se os três rios onde foram realizadas as coletas: Peixe, Pelotas e Uruguai.

Notou-se que as características de cor da água observadas em 2002 (Pereira Filho *et al*, 2003), que eram bem distintas dentre os três rios, no ano de 2004 já não são tão expressivas, principalmente considerando-se os dados de dezembro (Anexo 3). Este aspecto também foi observado em outras variáveis, como por exemplo, a profundidade do disco de Secchi e o total de sedimentos em suspensão.

TABELA 4- Média e Desvio Padrão da 1ª e da 2ª coletas, para os rios/  
compartimentos do Peixe, Pelotas e Uruguai

| Variável/ Comp. Aq.           | Rio Pelotas |             | Rio do Peixe |             | Rio Uruguai |             |
|-------------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|                               | Média       | Desv. Padr. | Média        | Desv. Padr. | Média       | Desv. Padr. |
| <b>1ª Coleta (17.09.2004)</b> |             |             |              |             |             |             |
| Disco de Secchi (m)           | 0,65        | 0,10        | 0,26         | 0,01        | 0,57        | 0,08        |
| TSS (mg/L)                    | 11,20       | 1,00        | 16,70        | 4,10        | 11,60       | 1,40        |
| Temp. (°C)                    | 16,30       | 0,98        | 19,20        | 1,40        | 18,70       | 2,00        |
| pH                            | 6,89        | 0,11        | 07,29        | 0,10        | 06,97       | 0,10        |
| C.E. ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ) | 44,8        | 3,90        | 69,70        | 0,23        | 45,60       | 1,80        |
| TDS (mg/L)                    | 25,60       | 14,30       | 33,00        | 0,00        | 21,50       | 0,98        |
| <b>2ª Coleta (03.12.2004)</b> |             |             |              |             |             |             |
| Disco de Secchi (m)           | 1,18        | 0,08        | 01,13        | 0,13        | 01,08       | 0,11        |
| TSS (mg/L)                    | 9,90        | 1,40        | 10,70        | 1,40        | 09,70       | 1,60        |
| Temp. (°C)                    | 22,30       | 1,00        | 27,10        | 0,40        | 26,70       | 1,40        |
| pH                            | 6,70        | 0,10        | 07,30        | 0,10        | 07,30       | 0,18        |
| C.E. ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ) | 42,80       | 1,70        | 74,00        | 0,20        | 53,20       | 5,30        |
| TDS (mg/L)                    | 20,33       | 1,00        | 35,00        | 0,00        | 25,10       | 2,64        |

#### 4.6.1 Profundidade do Disco de Secchi

A profundidade do disco de Secchi é uma importante variável limnológica porque está intrinsecamente relacionada com a disponibilidade de luz na água, com a sua transparência e a quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos

influenciando no seu metabolismo (Kirk, 1996; Esteves, 1998; Pereira Filho, 2000).

Tendo em vista que a profundidade do disco de Secchi é inversamente proporcional a quantidade de sedimentos presentes na água, esta variável está fortemente vulnerável as condições do ecossistema terrestre. Deste modo, visualiza-se na Figura 22 que na primeira coleta, realizada em setembro, em que o índice de chuvas na semana antecedente à coleta foi de 115 mm, a profundidade do disco de Secchi foi menor nos três rios em relação a segunda coleta em que o índice de chuvas foi de 6 mm.

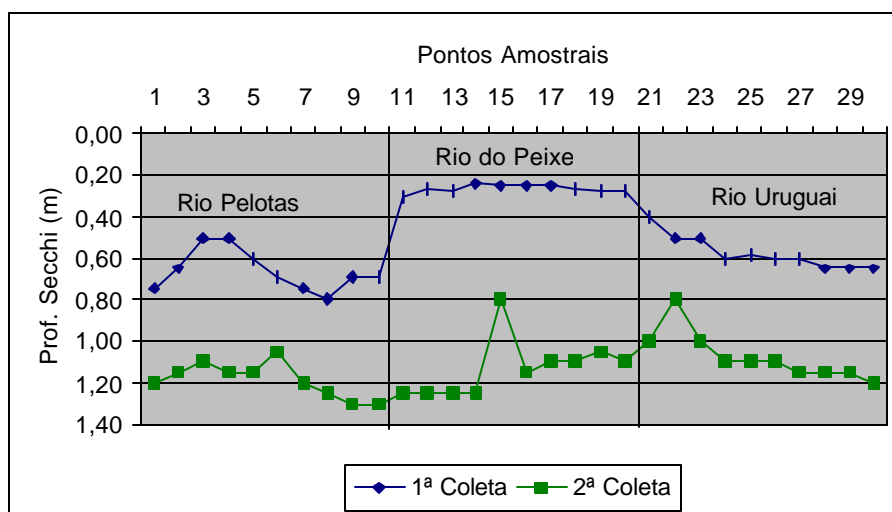


FIGURA 22: Variação da Profundidade do Disco de Secchi nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai

No rio Pelotas a profundidade do Disco de Secchi, foi menor em setembro com valores que oscilaram entre 0,50 m a 0,80 m (Figura 22). Em dezembro os valores oscilaram entre 1,05 m e 1,30 m, assim, a maior variância ocorreu na primeira coleta (Figura 22, Tabela 4). Nos pontos amostrais onde a coleta dos dados foi realizada nos tributários (2, 3, 4, 5, 6, 9), o valor do disco de Secchi foi menor em nas duas coletas, com exceção do ponto 9 que em dezembro apresentou profundidade mais elevada (Figura 10, Figura 22, Anexo 3). Nestes pontos a diferença na cor da água também pode ajudar a explicar as diferenças

na profundidade do disco de Secchi, haja vista que na primeira coleta a cor da água era marrom e na segunda coleta marrom esverdeada (Anexo 3).

A profundidade Secchi do rio do Peixe apresentou maiores oscilações na coleta de dezembro, principalmente no quinto ponto amostral (tributário), onde foi encontrado o menor valor 0,80 m, mesmo assim a variância é baixa (Figura 22, Tabela 4). Na primeira coleta esta variável apresentou valores mais homogêneos, os quais oscilaram entre 0,24 m e 0,30 m (Figura 22), sendo que a cor da água era marrom avermelhada enquanto que na segunda coleta a cor da água é marrom verde (assemelhando-se mais com os rios Pelotas e Uruguai), com exceção do ponto cinco, onde é marrom amarela (Anexo 3).

De acordo com a Figura 22 o rio Uruguai apresentou os menores valores da profundidade do disco de Secchi nos dois primeiros pontos amostrais (tributário) nas duas coletas. O valor médio da coleta de dezembro foi mais elevado (1,08 m) do que a de setembro (0,57 m), o mesmo aconteceu com a variância (Tabela 4). Nas duas coletas o valor do disco de Secchi tende a aumentar de jusante para montante (as coletas foram realizadas de jusante para montante – Figura 10), talvez porque a montante recebe maior influência das águas dos rios do Peixe e rio Pelotas, principalmente.

As características observadas na Figura 22 conjuntamente com os dados de chuva e o Anexo 3, ou seja, a avaliação da cor da água e o local de coleta das amostras (no meio da barragem ou em tributários), pode-se inferir que a água do reservatório tem suas características de transparência da água intrinsecamente relacionada com estes fatores, visto que as menores profundidades do disco de Secchi foram encontradas nos pontos amostrais dos tributários e onde a água se caracterizava com a cor marrom, além de que estes valores foram bem mais baixos na primeira coleta, quando a chuva antecedente ao dia da coleta foi bem mais elevada, além de que o solo estava exposto.

#### 4.6.2 Total de Sedimentos em Suspensão (TSS)

O TSS é outra variável limnológica que está intrinsecamente relacionada com o ambiente terrestre, pois o aporte de sedimentos é facilitado pelo desmatamento, pelas chuvas, ventos, bem como quando o solo está em preparo para o plantio.

Considerando-se que a variável profundidade do Disco de Secchi é inversamente proporcional ao TSS, os menores valores de TSS foram encontrados na segunda coleta. Em uma análise preliminar do TSS observa-se que a variância dos valores foi bem mais elevada na primeira coleta, nos três rios analisados (Figura 23).

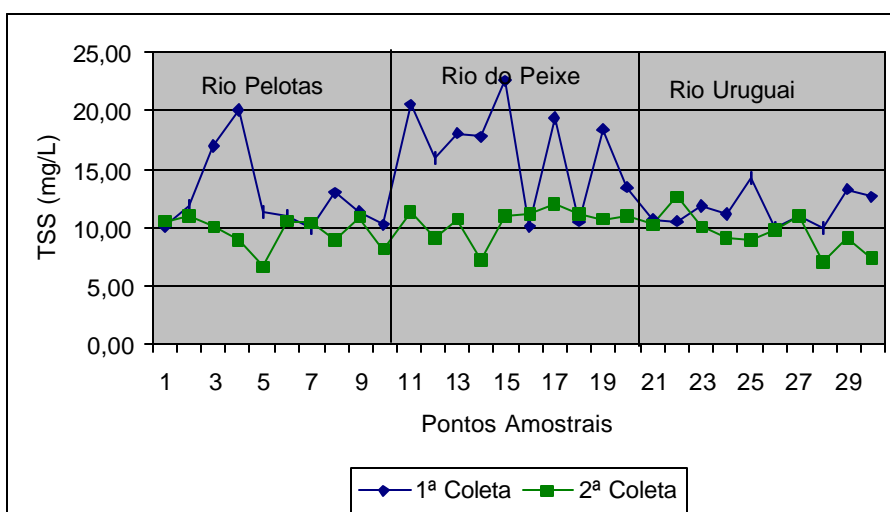


FIGURA 23: Variação do TSS nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai

Os valores de TSS no rio Pelotas atingiram a média de 11,40 mg/L e 9,90 mg/L, nas coletas realizadas em setembro e dezembro, respectivamente. A variância dos valores foi maior na primeira coleta (Tabela 4), enquanto que na segunda coleta os valores não foram tão oscilantes (Figura 22). Na primeira coleta os valores mais elevados foram nos pontos amostrais 3 e 4, nos quais as coletas foram feitas nos tributários, entretanto, nos demais pontos amostrais de tributários o valor de TSS não foi tão alto (Figura 22, Anexo 3).



No rio do Peixe, a média dos valores de TSS também foi maior na primeira coleta (16,70 mg/L), enquanto que na segunda coleta a média foi bem mais baixa (10,70 mg/L), conforme Tabela 4. Este mesmo comportamento foi verificado para variância, a qual foi bem maior na primeira coleta (4,10), sendo, portanto, a maior variância encontrada dentre os três rios para esta variável, o que pode ser visualizado na Figura 23 e observado na Tabela 4.

No rio Uruguai, os valores das médias do TSS se aproximam das encontradas para o rio Pelotas, ou seja, 11,6 mg/L e 9,70 mg/L (Tabela 4) na primeira e segunda coleta, respectivamente. Quanto a variância dos valores verificou-se que ao contrário dos outros dois rios, no rio Uruguai o valor foi maior na segunda coleta (Tabela 4). Na segunda coleta o maior valor encontrado foi no ponto dois (Figura 23), onde a cor da água era marrom amarela, enquanto que nos demais pontos amostrais a cor da água era marrom esverdeada, ou seja, este valor mais elevado pode estar relacionado com as características advindas da bacia de captação do rio tributário, já que este ponto de coleta é em um tributário (Figura 10, Anexo 3).

Assim, pode-se dizer que na coleta de setembro o valor médio do TSS foi bem mais elevado no rio do Peixe, enquanto que na coleta de dezembro o valor médio do TSS deste rio já se aproximou mais dos valores encontrados para os rios Pelotas e Uruguai. Portanto, na primeira coleta havia maiores diferenças nos valores médios de TSS do que na segunda coleta, fato que pode estar relacionado com a precipitação e com o tempo de residência da água, pois este fato foi observado também nas demais características limnológicas analisadas.

#### **4.6.3 Temperatura**

Tendo em vista que as coletas foram realizadas em sub-superfície, os dados de temperatura analisados pertencem a primeira camada (epilímnio), onde as temperaturas tendem a ser uniformes devido as ações externas (Tucci, 1993).

Ao analisar a temperatura da água notou-se que ocorreu aumento de seus valores de acordo com a hora do dia, ou seja, pela manhã as temperaturas foram mais baixas aumentando no decorrer do dia, tendo um leve decréscimo nos últimos pontos amostrais, fato observado principalmente em dezembro (Tabela 4). Pode-se observar também que em dezembro os valores médios da temperatura foram mais elevados, este fato está relacionado com o clima, já que a primeira coleta foi realizada no final do inverno e a segunda coleta realizou-se no final da primavera.

No rio Pelotas o valor médio da temperatura é o menor nas duas coletas, fato que pode estar relacionado com o período do dia, já que esta variável é influenciada por este fator, pois as coletas neste rio foram realizadas na parte da manhã, enquanto que nos rios do Peixe e Uruguai as coletas se realizaram no final da manhã e na parte da tarde, respectivamente (Anexo 3).

Em setembro o valor médio registrado para temperatura foi de 16,30°C, enquanto que em dezembro este valor foi bem mais elevado 22,30°C (o período do ano propicia este aumento do valor), porém a variância dos valores não foi muito diferenciada (Tabela 4), sendo que as maiores oscilações de temperatura ocorreram a partir da sexta amostra em setembro e da oitava amostra em dezembro (Figura 24).

O rio do Peixe apresenta os maiores valores médios de temperatura (Tabela 4), esta característica, além da influência das condições atmosféricas pode estar relacionada com a transparência (principalmente em setembro) que através do trabalho de campo foi constatado ser bem menor que nos outros dois ambientes (Tabela 4). Como a quantidade de sedimentos é maior, a radiação solar que penetra na água é menor.

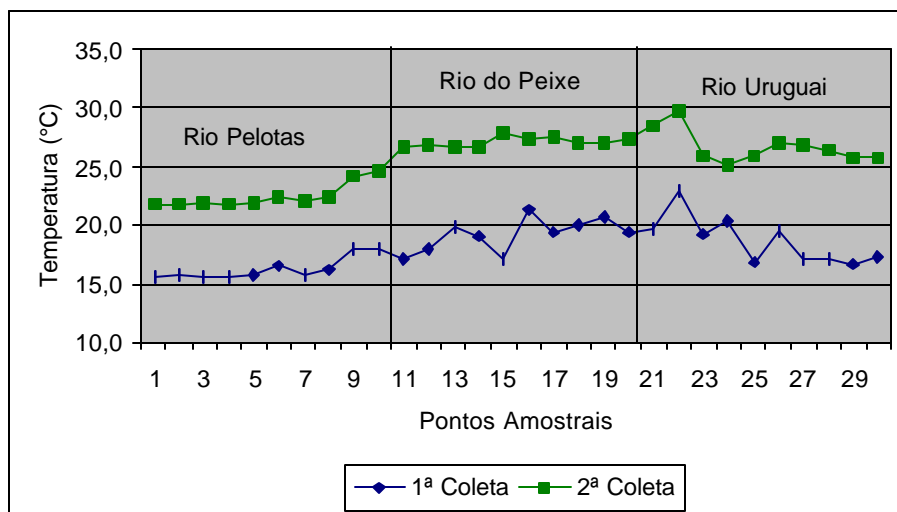


FIGURA 24: Variação da temperatura da água nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai

O valor médio em dezembro, no rio do Peixe, é bem mais elevado (27,10°C) do que em setembro (19,20°C), já a variância é bem maior em setembro (Tabela 4 e Figura 24). Este fator pode estar relacionado com o total de sedimentos em suspensão visto que nos pontos amostrais 1, 5, 7, 9 apresentam os menores valores de temperatura (Figura 24) e as maiores concentrações de sedimentos em suspensão na coleta de setembro (Figura 24).

O comportamento da temperatura no rio Uruguai, considerando-se os valores médios, apresenta um comportamento intermediário ao dos rios do Peixe e Pelotas, porém a variância é a maior dos três rios nas duas coletas (Tabela 4).

Como ocorreu nos outros dois rios, o rio Uruguai, em dezembro, apresentou maior homogeneidade dos valores de temperatura (Figura 24), enquanto que em setembro os valores foram bastante oscilantes, apresentando valores médios de 18,70°C e 26,70°C, em setembro e novembro, respectivamente. Sendo que as maiores temperaturas são as dos pontos amostrais mais à jusante, tendendo a uma homogeneização dos dados mais a

montante, já que as coletas no mesmo foram realizadas de jusante para montante, conforme pode ser visualizado na Figura 10.

Deste modo, pode-se inferir que a temperatura da água é fortemente influenciada pelos fatores climáticos, atmosféricos e de variação diária da temperatura, bem como de outras características da água como a transparência e o total de sedimentos em suspensão. Assim, constatou-se ainda que a temperatura em sub-superfície não apresentou-se uniforme, conforme colocado por Tucci, 1993 e sim que ocorreram variações significativas entre os pontos de coleta e os três rios analisados (Figura 24).

#### **4.6.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O pH é uma variável importante para a conservação da qualidade da água, visto que alterações nos seus valores podem acarretar alterações químicas e conseqüentemente a vida aquática e ainda causar problemas nas tubulações das usinas hidrelétricas ou das redes de distribuição de água.

Esta variável apresentou situação diferente das demais variáveis coletadas, ou seja, os valores médios dos rios do Peixe e Uruguai se aproximam mais apresentando valores de pH alcalino enquanto que o rio Pelotas apresentou pH ácido.

O pH do rio Pelotas foi ácido nas duas coletas com exceção do ponto nove que na coleta de setembro apresentou pH igual a 7,10, ou seja, levemente alcalino tendendo a básico, ressalta-se que este ponto localiza-se próximo a localidade de balneário e o valor mais elevado neste local pode estar relacionado com o lançamento de esgoto. Na coleta de setembro o pH variou entre 6,75 e 7,10 e na coleta de dezembro os valores oscilaram entre 6,45 e 6,82 (Figura 25).

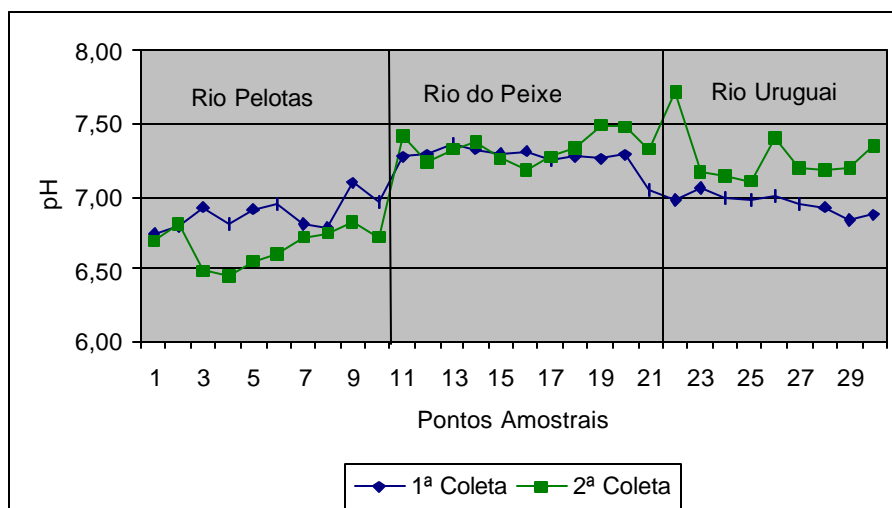


FIGURA 25: Variação do pH da água nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai

Os valores médios do pH no rio Pelotas foi o menor nas duas coletas dentre os três rios, já a variância é baixa e com valores bem próximos nos três rios em ambas coletas (Tabela 4).

O rio do Peixe apresentou pH alcalino nas duas coletas (Figura 25). Em setembro o valor médio encontrado foi de 7,29 e em dezembro 7,30 e a variância foi baixa 0,10 nas duas coletas (Tabela 4), aproximando-se mais dos valores encontrados para o rio Uruguai.

O rio Uruguai apresenta situação um pouco mais diferenciada já que em setembro o pH foi ácido em quatro pontos amostrais e alcalino em seis e, em dezembro todos os pontos amostrais apresentaram pH alcalino (Figura 25), porém a variância foi maior em dezembro (Tabela 4). O maior valor encontrado foi de 7,72 no segundo ponto amostral o qual localiza-se em um tributário, que apresentava área de pecuária em suas margens e cor da água marrom amarela, enquanto que nos demais pontos amostrais a cor da água era marrom esverdeada (Figura 10, Figura 25 e Anexo 3).

Apesar dos três rios apresentarem diferenças consideráveis nos valores de pH, constatou-se que em todos os pontos amostrais das duas coletas os valores estão dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA N° 20/86 que

estabelece a faixa de 6 a 9 para as águas doces e a portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde que estabelece o valor de pH variando entre de 6 a 9,5 para água de consumo humano.

#### 4.6.5 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é de grande importância no metabolismo dos ecossistemas aquáticos por estar relacionada com a capacidade de propagação de energia e com os elementos dissolvidos na água (Pereira Filho, 2000). Na Figura 26, pode-se observar que esta variável possui comportamento muito parecido com o comportamento do TDS (Figura 27).

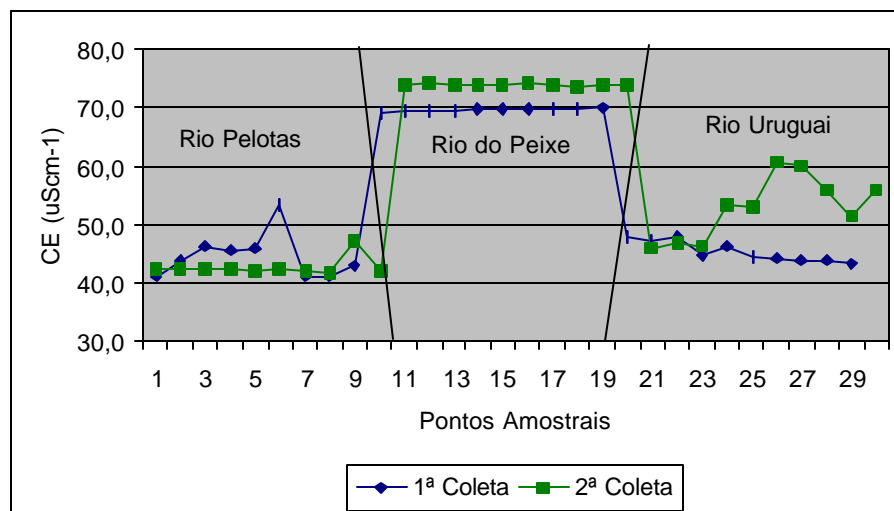


FIGURA 26: Variação da Condutividade Elétrica da água nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai

No rio Pelotas a maior variação ocorreu na coleta de setembro, enquanto que em dezembro os valores foram mais homogêneos, sendo que os valores médios foram de  $44,8 \mu\text{Scm}^{-1}$  e  $42,8 \mu\text{Scm}^{-1}$  (Tabela 4). Na coleta de dezembro, assim como ocorreu com o TDS, no ponto nove o valor da condutividade foi distinto ( $140 \mu\text{Scm}^{-1}$ ), por este motivo foi eliminada da média e não consta na Figura 26.

No rio do Peixe, a condutividade elétrica teve valores praticamente homogêneos considerando cada coleta em separado, ou seja, apresenta variância de 0,23 e 0,20 e valor médio de  $69,70 \mu\text{Scm}^{-1}$  e  $74,00 \mu\text{Scm}^{-1}$ , nas coletas de setembro e dezembro (Tabela 4), respectivamente. Este rio apresentou os maiores valores médios dentre os três rios analisados, sendo em torno de 50% maior que os dos rios Pelotas e Uruguai (Tabela 4 e Figura 26).

O rio Uruguai apresentou comportamento intermediário com valores médios de  $45,60 \mu\text{Scm}^{-1}$  (setembro) e  $53,20 \mu\text{Scm}^{-1}$  (dezembro), já a variância foi bem mais elevada na segunda coleta (5,30), sendo a maior dentre os três rios, sendo que seus valores assemelham-se mais aos do rio Pelotas (Figura 26).

#### **4.6.6 Total de Sólidos Dissolvidos (TDS)**

O total de sólidos dissolvidos apresentou maior estabilidade no rio do Peixe nas duas coletas, enquanto que no rio Pelotas ocorreu maior variância em setembro e no rio Uruguai em dezembro (Tabela 4). Analisando os valores de TDS nas duas coletas para os três rios percebe-se que os valores apresentam-se bem abaixo do máximo recomendado pela classificação mundial da água, que segundo Rebouças (1999), designa como água doce aquela que apresenta teor de sólidos totais dissolvidos inferior a 1000 mg/L.

No rio Pelotas o valor médio de TDS foi de 21,11 mg/L e 20,33 mg/L e a variância foi maior em setembro (Tabela 4). Na coleta de setembro o ponto nove (próximo ao balneário) apresentou valor distinto dos demais pontos amostrais (66 mg/L), por este motivo foi excluído do valor médio e da Figura 27. Em dezembro, o TDS apresentou valores bem mais homogêneos, sendo que o maior valor encontrado mais uma vez foi no ponto nove (Figura 27).

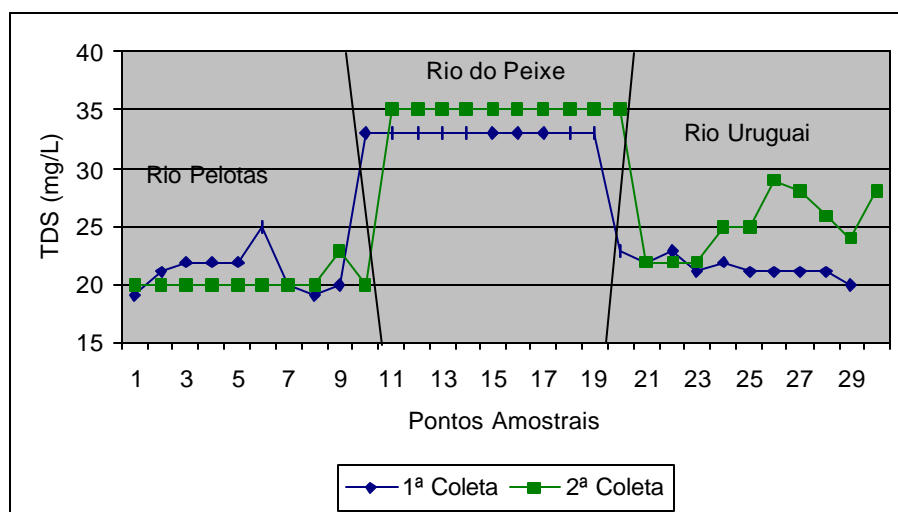


FIGURA 27: Variação do TDS da água nos rios Pelotas, Peixe e Uruguai

No rio do Peixe, os valores do TDS de cada coleta são homogêneos, havendo aumento de 2 mg/L em dezembro (Figura 26). Os valores foram de 33 e 35 mg/L para a primeira e segunda coleta, respectivamente. Porém observa-se que no rio do Peixe os valores de TDS são mais elevados do que nos rios do Peixe e Uruguai.

No rio Uruguai, o comportamento do TDS foi distinto entre as duas coletas, principalmente quanto a variância que na coleta de dezembro alcançou o maior valor dentre os três rios (2,64 mg/L), como observa-se na Tabela 4 e na Figura 27. Em relação aos valores médios houve aumento na coleta de dezembro (25,10 mg/L), enquanto que em setembro foi de 21,5 mg/L (Tabela 4 e Figura 27).

#### 4.7 Análise Integrada dos Meios Terrestre e Aquático

A análise dos dados do meio terrestre e do meio aquático conjuntamente, revelam algumas características importantes que ocorrem nas duas bacias hidrográficas e que conferem coerência entre os resultados encontrados nos



dois ambientes. Tendo-se em vista que as duas coletas dos dados da água foram realizadas em períodos distintos em relação ao uso da terra, as variáveis limnológicas que mostram-se consistentes em relação ao sistema terrestre foram: o total de sedimentos em suspensão, a profundidade do disco de Secchi e a cor da água.

Com o mapeamento e a quantificação do uso da terra verificou-se que as bacias hidrográficas do rio do Peixe e Pelotas não apresentavam grandes diferenças nos valores percentuais das classes de uso, predominando o campo, a agricultura e a floresta, respectivamente nas duas bacias hidrográficas (Figura 13). Assim, pôde-se inferir que não seria somente o tipo de uso da terra que estaria influenciando nas características limnológicas, já que estes dados apresentaram valores aproximados, mas também a distinção em função das características geomorfológicas.

A análise dos dados derivados do mapeamento e quantificação das classes geomorfológicas proporcionou a visualização das classes de relevo presentes na área de estudo. Assim, verificou-se que a bacia hidrográfica do rio do Peixe apresenta 3/4 de sua área com relevos dissecados enquanto que na bacia hidrográfica do rio Pelotas as áreas com relevo dissecado perfazem 1/3 da área total (Figura 12).

Assim, na bacia hidrográfica do rio do Peixe, o percentual de área com florestas deveria ser maior para que o meio terrestre ficasse maior protegido das ações antrópicas e intempéries da natureza, como a ação das chuvas e dos ventos, que acarretam no carreamento de solos até os mananciais de água e alteram as características da água, já que o seu relevo facilita essas ações. Deste modo, apesar de que os percentuais de uso da terra das duas bacias hidrográficas não apresentarem diferenças expressivas, observa-se que a facilidade de degradação ambiental (nos ambientes terrestre e aquático) é maior na bacia hidrográfica do rio do Peixe porque grande parte das áreas de relevo dissecado são ocupadas com campo e agricultura (Tabela 2), facilitando a degradação do meio terrestre e, conseqüentemente do meio aquático.

Na bacia hidrográfica do rio Pelotas predominam as classes geomorfológicas que representam relevo menos dissecado (Dc41 e Dc42), as quais perfazem 63,31% da área total (Figura 12), proporcionando, portanto, menores restrições quanto ao uso da terra por não apresentar grandes restrições ambientais em relação ao relevo, pois estas classes representam relevos mais planos, ou seja, o carreamento de materiais advindos do meio terrestre é menos facilitado nesta bacia hidrográfica em relação à bacia hidrográfica do rio do Peixe.

A partir desta constatação acredita-se que os processos e problemas ambientais sejam mais facilmente agravados na bacia hidrográfica do rio do Peixe, devido a maior susceptibilidade de erosões, bem como maior restrição em relação ao uso da terra que pode acarretar em alterações nas características da água, como por exemplo, os sedimentos em suspensão. Esta constatação é confirmada pela bibliografia, onde se encontra que uma das formas de perturbação criada pela ação antrópica que interfere na qualidade da água é desencadeada pelo transporte de sedimentos e de produtos químicos através dos processos de escoamento até os mananciais e de sua infiltração no solo, o que é favorecido com a retirada de florestas (Tucci, 1993; Rocha 1999).

O mapeamento das áreas de preservação permanente e, posteriormente, das áreas de conflitos ambientais proporcionaram observar que as duas bacias hidrográficas e reservatório de Itá não apresentaram diferenças expressivas quanto ao uso da terra no entorno dos rios (Tabela 1). As áreas de conflitos ambientais, ou seja, as áreas que apresentaram campo e agricultura no entorno dos rios, perfizeram 74,5%, 76,9% e 78,9% para a bacia hidrográfica do rio do Peixe, rio Pelotas e entorno do reservatório de Itá, respectivamente. Portanto, as áreas de conflitos ambientais, não estariam influenciando como um fator determinante nas diferenças encontradas nas características da água nos três rios (Peixe, Pelotas e Uruguai).

A partir da análise destes dados foi possível inferir que as diferenças que ocorrem nas características da água dos rios do Peixe, Pelotas e Uruguai

estejam principalmente relacionadas com as formas do relevo, o tipo de uso da terra presente na data da coleta e as precipitações ocorridas nos dias antecedentes à coleta, já que constatou-se que os percentuais do mapeamento do uso da terra e das áreas de conflitos ambientais não apresentaram diferenças expressivas entre as duas bacias hidrográficas e o entorno do reservatório.

O total de sólidos dissolvidos e a condutividade elétrica foram as duas variáveis limnológicas que mantiveram forte distinção entre os três rios nas duas coletas (Tabela 4), caracterizando três compartimentos: Peixe, Pelotas e Uruguai. Em relação a estas duas variáveis, total de sólidos dissolvidos e condutividade elétrica, observou-se que estas se relacionam entre si, quando uma aumenta provoca aumento na outra. Esta mesma constatação foi feita por Alberti (2004) que afirma: “a medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta” (Alberti, 2004, pg. 19).

A temperatura da água apresentou valores que podem estar relacionados, principalmente, com os fatores climáticos, atmosféricos e de variação diária da temperatura, visto que seus valores foram mais elevados em dezembro e no rio do Peixe (onde as coletas foram realizadas no período mais quente do dia – Anexo 3). O pH apresentou situação diferenciada, ou seja, enquanto que as demais variáveis limnológicas analisadas apresentaram situação distinta do rio do Peixe em relação aos rios Pelotas e Uruguai, o pH apresentou-se alcalino nos rios do Peixe e Uruguai e ácido no rio Pelotas, o que pode estar relacionado com os sedimentos em suspensão (quantidade de matéria orgânica e inorgânica) e ainda, com a interferência das águas advindas dos rios do Peixe e Pelotas e de suas áreas de captação.

No rio Pelotas o pH mais ácido deve estar relacionado com a maior concentração de matéria orgânica do que no rio do Peixe, visto que suas águas são mais esverdeadas. Situação semelhante a esta foi encontrada no rio Mamoré na Amazônia, onde segundo a classificação de Sioli e Klinge (1962), é de água branca, porém seus afluentes tem água preta pouco mineralizada,

mais transparentes e ácidas (pH médio = 6,9), ou seja, no rio Pelotas o valor médio de pH foi de 6,89 e 6,70, na primeira e segunda coletas, respectivamente e as médias de profundidade Secchi ou transparência da água foram maiores neste rio em relação aos rios do Peixe e Uruguai nas duas coletas (Tabela 4).

No rio do Peixe onde o pH é levemente básico é provável que a concentração de matéria inorgânica seja maior do que a de matéria orgânica já que a cor da água era marrom (principalmente na primeira coleta), ou seja, esta cor estaria mais relacionada com as partículas de solos presentes na água visto que o solo estava exposto, facilitando o escoamento através da água das precipitações e da influência do relevo dissecado que representa áreas maiores em relação à bacia hidrográfica do rio Pelotas.

O rio Uruguai apresentou situação semelhante ao rio do Peixe em relação ao pH, fator este que pode estar relacionado com a influência das águas e da área de captação da bacia hidrográfica do rio do Peixe. Na Amazônia esta situação foi constatada por Nóbrega, I. W. da (2002), onde as águas classificadas como pretas que apresentam pH mais elevado são influenciadas pelo fluxo de águas das chuvas e dos córregos de “terra firme” e pela interferência das águas brancas.

As variáveis limnológicas que apresentaram maiores variações nos seus valores médios entre as duas coletas foram o total de sedimentos em suspensão e a profundidade do disco de Secchi (Tabela 4), ou seja, características da água que estão intrinsecamente relacionadas com o meio terrestre e as atividades nele desenvolvidas. Além destas duas variáveis limnológicas, outra característica que apresentou variação expressiva e que se relaciona com o meio terrestre foi a cor da água, a qual na primeira coleta apresentava diferença expressiva no rio do Peixe em relação ao rio Pelotas e ao rio Uruguai, já na segunda coleta não houve distinção (Anexo 3).

O TSS apresentou valores médios e de variância mais elevados na primeira coleta (nos três rios analisados), sendo que no rio do Peixe o valor médio foi bem mais elevado (16,7 mg/L), enquanto que nos rios Pelotas e

Uruguai foram de 11,2 mg/L e 11,6 mg/L, respectivamente. Assim, considerando a coleta do mês de setembro pode-se dizer que o reservatório de Itá, no trecho analisado, rios do Peixe, Pelotas e Uruguai, possui compartimentos diferenciados quanto aos valores médios de TSS encontrados, e que o rio do Peixe apresenta situação distinta em relação aos rios Pelotas e Uruguai. Porém na segunda coleta, realizada em dezembro, os valores médios de TSS foram de 10,7 mg/L, 9,9 mg/L, e 9,7 mg/L (Tabela 4), para os rios do Peixe, Pelotas e Uruguai, respectivamente, ou seja, na segunda coleta os valores médios de TSS não apresentaram grande distinção entre os três rios como na primeira coleta.

Esta mesma situação ocorreu para a variável profundidade do disco de Secchi (Figura 22), a qual apresentava valores mais baixos no rio do Peixe na primeira coleta e na segunda coleta, os valores encontrados nos três rios foram aproximados, apresentando valores distintos apenas em alguns pontos de coletas localizados próximos aos tributários (Figura 10, Figura 22, Anexo 3).

A cor da água também apresentou situação semelhante, ou seja, foi distinta para os três rios na primeira coleta, apresentando-se marrom avermelhada, marrom e marrom esverdeada para os rios do Peixe, Pelotas e Uruguai, respectivamente (Anexo 3). Na segunda coleta não ocorreu essa distinção da cor da água, a qual apresentou-se marrom verde/ esverdeada nos três rios (Anexo 3).

Tendo em vista os resultados apresentados para as duas coletas, principalmente em relação as variáveis limnológicas TSS e profundidade do disco de Secchi, bem como a cor da água, observou-se que estas estão intrinsecamente relacionadas com o ambiente terrestre e com as alterações que ocorrem neste e propiciam alterações nestas variáveis, ou seja, as alterações identificadas estão relacionadas com as precipitações e o tipo de uso da terra presente nos períodos de coleta dos dados de água, bem como com o tipo de relevo predominante na bacia hidrográfica.

A precipitação que ocorreu na semana antecedente a primeira coleta foi de 115 mm e na segunda coleta foi de 6 mm, ou seja, pode-se presumir o

volume de precipitações está relacionado com a profundidade do disco de Secchi, o TSS e a cor da água, já que estas variáveis apresentaram grande variação de seus dados entre as coletas, conforme pode ser observado nas Figuras 22 e 23 e no Anexo 3. Sendo que, no rio do Peixe a média de TSS foi maior nas duas coletas em relação ao rio Pelotas, enquanto que a média da profundidade do disco de Secchi foi menor, visto que estas variáveis são inversamente proporcionais.

Assim, no rio do Peixe, observou-se que a média de TSS foi de 16,7 mg/L e 10,7 mg/L para a primeira e segunda coletas, respectivamente, fato que pode estar relacionado com a precipitação, bem como com o uso da terra e com as formas de relevo que nesta bacia hidrográfica apresenta-se com maior percentagem de área com forte dissecação do relevo, ou seja, a terra estava sendo preparada para o plantio, portanto, o solo estava exposto, aliado a precipitação e a dissecação do relevo que facilitam o carreamento do solo para os cursos d'água ocasionou quantidade maior de sedimentos nesta bacia e assim, a profundidade do disco de Secchi é menor e a cor da água apresentou-se marrom avermelhada devido a elevada presença de sedimentos na água. Na segunda coleta a precipitação foi menor, o solo estava coberto por culturas, portanto, neste caso, os sedimentos não estão tão propensos ao carreamento até os cursos d'água, o que proporcionou menor média de sedimentos e maior profundidade do disco de Secchi, bem como diferença na cor da água que apresentou-se marrom esverdeada.

Na bacia hidrográfica do rio Pelotas onde a maior percentagem de área apresenta-se com relevo menos dissecado, a facilidade de escoamento dos solos até os mananciais d'água não é tão facilitado proporcionando menores médias de TSS e maiores médias de profundidade do disco de Secchi, assim a água é mais límpida, ou seja, apresentou-se em tons verdes nas duas coletas.

Ainda pode-se dizer que as diferenças encontradas nestas variáveis recebem também a influência do tipo de uso da terra nas áreas de relevo mais dissecado, assim, tendo em vista que a bacia hidrográfica do rio do Peixe

apresenta percentual maior de relevo dissecado em relação a bacia hidrográfica do rio Pelotas, observou-se que nestas áreas de relevo mais dissecado (Dc43, Da42 e Da43), ocorre elevado percentual de campo e agricultura, os quais perfazem 54,8% da área total da bacia hidrográfica do rio do Peixe e 29,1% na bacia hidrográfica do rio Pelotas. Portanto, estes dados demonstram que o carreamento de materiais do meio terrestre para o meio aquático, principalmente os solos nos períodos de maior precipitação, é mais facilitado na bacia hidrográfica do rio do Peixe, o que proporciona maiores alterações em seu meio aquático em relação a bacia hidrográfica do rio Pelotas.

Além desses fatores, a menor média de TSS, a cor da água e a profundidade do disco de Secchi, bem como as demais variáveis limnológicas, no rio Pelotas, podem estar relacionadas com o fato de que a alguns quilômetros à montante tem-se o reservatório da usina hidrelétrica de Machadinho que pode estar retendo parte dos sedimentos, visto que na primeira e na segunda coletas as condições de precipitação, uso da terra e de geomorfologia eram as mesmas para os dois rios (Peixe e Pelotas) e as diferenças foram expressivas, ou seja, infere-se que na primeira coleta parte dos sedimentos do rio Pelotas estavam retidos no reservatório de Machadinho, proporcionando menor média de TSS, já que na segunda coleta os valores dos três rios (Peixe, Pelotas e Uruguai) foram mais aproximados e as condições eram praticamente as mesmas.

Ainda em relação a cor da água, pode dizer que inicialmente a curiosidade que levou ao estudo do reservatório de Itá, na confluência dos rios do Peixe e Pelotas (início da formação do rio Uruguai), foi a expressiva diferença da cor da água, principalmente do rio do Peixe em relação aos rios Pelotas e Uruguai e que, apesar da possibilidade deste fator poder estar relacionado com o reservatório de Machadinho, os estudos realizados em 2002 por Pereira Filho et al., 2003 e Strassburger, 2003, descreveram essa situação distinta, portanto, estas características estavam presentes na coleta realizada no reservatório de Itá em junho de 2002, período em que o enchimento do

reservatório de Machadinho já havia ocorrido, pois sua inauguração foi em janeiro de 2002.

A partir destas constatações pode-se inferir que as principais alterações encontradas para as variáveis TSS, profundidade do disco de Secchi e cor da água nas duas coletas realizadas no presente estudo estão mais relacionadas com o volume de precipitações antecedentes as coletas, o uso da terra presente no período de coleta e a geomorfologia predominante nas bacias hidrográficas.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando-se os dados de uso da terra das bacias hidrográficas do rio do Peixe (SC) e do rio Pelotas (SC), constatou-se que as mesmas não apresentam diferenças expressivas quanto às porcentagens dos tipos de uso da terra, predominando o campo, a agricultura e a floresta, respectivamente. Considerando-se os percentuais mínimos de presença de floresta em uma bacia hidrográfica constatou-se que a bacia hidrográfica do rio do Peixe corresponde a um percentual considerado satisfatório, entretanto, destaca-se que a sua distribuição espacial em função da geomorfologia e das áreas de preservação permanente, demonstram que há concentração desta classe em algumas áreas, deixando a descoberto outras áreas em que a presença de florestas é fator primordial como nas encostas íngremes e nas margens de rios e tributários. Já na bacia hidrográfica do rio Pelotas, além do percentual de florestas ser baixo, apresenta também o problema da concentração de florestas em algumas áreas, como por exemplo, ao norte, e o déficit em outras.

Em relação às áreas preservação permanente constatou-se que há um déficit muito grande de florestas nas duas bacias hidrográficas, bem como na área de entorno do reservatório, representando áreas de conflitos ambientais. Estas áreas de conflitos ambientais, representadas pelo campo e agricultura no entorno dos rios e do reservatório, apresenta maiores porcentagens de áreas no entorno do reservatório (rio Uruguai), na bacia hidrográfica do rio Pelotas e na bacia hidrográfica do rio do Peixe, respectivamente.

Além das áreas de preservação permanente no entorno dos rios não serem respeitadas, estas muitas vezes estão assentadas sobre áreas de forte dissecação do relevo, o que facilita ainda mais a degradação do meio ambiente.

Em relação as variáveis limnológicas estudadas pode-se dizer que estas apresentaram características diferenciadas entre as duas coletas. Na primeira coleta, realizada em setembro, o rio do Peixe destacava-se dos rios Pelotas e Uruguai, por apresentar valores distintos, como por exemplo, valores mais

baixos para a profundidade Secchi, mais elevados para o total de sedimentos em suspensão e diferença na cor da água. Deste modo, observou-se expressiva diferença entre os dados limnológicos do rio do Peixe em relação às demais áreas do reservatório, fato que se assemelha aos resultados obtidos em 2002, onde caracterizou três diferentes compartimentos aquáticos no reservatório da UHE Itá (Strassburger, 2003; Pereira Filho *et al.*, 2003).

Na segunda coleta, realizada em dezembro, os dados limnológicos coletados nos rios do Peixe, Pelotas e Uruguai se assemelham mais entre si, ou seja, os valores encontrados no rio do Peixe já não são tão distintos quanto os encontrados em 2002 e na primeira coleta de 2004. Um exemplo desta situação é apresentado pela profundidade do disco de Secchi que em 2002 e na coleta de setembro correspondia à aproximadamente a metade dos valores encontrados nos rios Pelotas e Uruguai. Apenas as variáveis total de sólidos dissolvidos e condutividade elétrica apresentaram situação distinta para o rio do Peixe nas duas coletas, visto que estas se relacionam entre si, ou seja, quando uma aumenta provoca aumento na outra.

O fato das variáveis limnológicas do rio do Peixe apresentarem valores aproximados aos valores encontrados para os rios Pelotas e Uruguai, na coleta de dezembro provavelmente esteja relacionado com a quantidade de precipitação antes das coletas bem como com o uso do solo. Haja vista que em setembro, as áreas agrícolas, encontravam-se com solo exposto e em dezembro estavam cultivadas.

Considerando-se o fato de que na coleta de setembro os solos estavam expostos, havia maior possibilidade do carreamento destes até o reservatório já que houve um volume bem maior de precipitação antes desta coleta do que antes da coleta realizada em dezembro. Tendo em vista este quadro pode-se inferir que o carreamento dos solos neste período seja maior na bacia hidrográfica do rio do Peixe do que na bacia hidrográfica do rio Pelotas, pois a primeira apresenta praticamente 3/4 da área com forte grau de entalhamento, ou seja, relevo dissecado, enquanto que na segunda apenas 1/3 da área total, apresenta esta configuração de relevo. Assim, pode-se inferir que o

escoamento superficial e o carreamento dos solos até os rios é mais facilitado na bacia hidrográfica do rio do Peixe, apesar de os usos da terra não apresentarem grandes diferenças percentuais entre as bacias hidrográficas nesta classe geomorfológica. Deste modo, acarretaria maior quantidade de sedimentos em suspensão e menor profundidade do disco de Secchi no rio do Peixe em relação ao rio Pelotas.

A interpretação e análise integrada dos meios terrestre e aquático, através dos produtos cartográficos e das variáveis limnológicas permitiram visualizar aspectos importantes que ocorrem nas duas bacias hidrográficas e no reservatório, ou seja, o uso inadequado da terra em função da geomorfologia e das áreas de preservação permanente levaram a alterações nas características limnológicas. Deste modo, constatou-se que as áreas consideradas como áreas de preservação permanente, referente ao entorno de rios e reservatórios, de acordo com o Código Florestal Federal não estão sendo respeitadas, ou seja, as áreas de entorno dos corpos d'água que deveriam ser mantidas com florestas estão sendo utilizadas com campo e agricultura, atividades que aliadas às precipitações e ao relevo, principalmente o relevo dissecado, levaram a alterações nas características limnológicas, destacando-se o total de sedimentos em suspensão, a profundidade do disco de Secchi e a cor da água. Deste modo, pode-se inferir que a vida útil do reservatório fique comprometida, já que o aporte de sedimentos para o lago pode levar a formação de bancos de sedimentação e diminuir sua vida útil.

Portanto, após a realização da quantificação e análise dos dados obtidos neste trabalho, constatou-se que o uso da terra em si, não é o principal fator para alterações nas variáveis limnológicas, porém, estes dados devem ser analisados conjuntamente com a geomorfologia, os dados de chuva e o período da coleta dos dados, pois, nos períodos em que os solos encontram-se expostos ou que ocorre maior precipitação, a vulnerabilidade e a interferência do meio terrestre sobre o meio aquático é maior devido a maior facilidade de escoamento dos organismos do meio terrestre para o meio aquático.

## 6. BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, A. A. & GOMES, L. C. (Org.). **Reservatório do Segredo: Bases ecológicas para o manejo.** Maringá: EDUEM, 1997.

ALBERTI, E. A. **Uso da terra e a influência em variáveis limnológicas na microbacia hidrográfica da Sanga Funda - São João do Polêsine/RS.** 2004. 95f. Monografia de Especialização (Especialização em Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004.

AMULBI – Associação dos Municípios Lindeiros à Barragem da Usina Hidrelétrica Itá . **Folder Turístico e mapa rodoviário.** Hidrelétrica Itá: um gigante de dois estados, gerando energia para o Brasil. Itá: Sinalplac, 2000a.

AMULBI – Associação dos Municípios Lindeiros à Barragem da Usina Hidrelétrica Itá .**Usina hidrelétrica Itá: Imagens do desenvolvimento.** (Folder turístico e mapa de localização). Itá: Equiplan, 2000b.

ANDRADE, M. C. de. **O desafio ecológico: utopia e realidade.** São Paulo: Hucitec, 1994.

ASSAD, E. D. & SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas- aplicações na agricultura.** 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1983.

BRANCO, S. M. & ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas.** São Paulo: Edgard Blücher, CETESB, 1977.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. 2ª ed. São Paulo: CETESB, 1978.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**. Lei N.º 4771 de 15 de setembro de 1965. Brasília, 1965. IBAMA. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>> Acesso em janeiro de 2004.

BURROUGH, P. A. & McDONNEL, R. A. **Principles of geographic information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas**- aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 3-11.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de. Mapas e suas representações computacionais. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas**- aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p.13-30.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de. Banco de dados e sistemas de informações geográficas. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas**- aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p.31-46.

CÂMARA, G. & MONTEIRO, A. M. V. Conceitos básicos e ciência da geoinformação. In: **Geoprocessamento**: teorias e aplicações. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1-35.

CAMARGO, A. F. M. et al. **Influence of phisiography and human activity on limnological characteristics of lotiic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brasil.** Acta Limnologica Brasiliensia. Vol. 8, 1996. p. 231-243.

CASSETI, W. **Elementos de geomorfologia.** Goiânia: Editora da UFG, 1994.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Disponível em: <[www.lei.adv.br/conama01.htm](http://www.lei.adv.br/conama01.htm)> Acesso em janeiro de 2004.

COSTA, F. A. da. **Aplicação de geoprocessamento na análise e modelagem ambiental na microbracia do arroio Passo do pilão: estudo de adequação do uso da terra relacioanado aos sistemas agrícolas.** 2000. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2000.

CURRAN, P. J. & NOVO, E. M. M. **The relationship between suspended sediment concentration an remotoly sensed spectral radiance: a review.** Journal of Coastal Research, Vol. 4, n.º 9. Charlottesville (Virgínia), 1988. p. 351-368.

ELETROSUL. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/html/info6.htm>>. Acesso em outubro de 2002.

**ENCICLOPÉDIA DO MUNDO CONTEMPORÂNEO/** [Tradução de Jones de Freitas, Japiassu Brício, Renato Aguiar]. 2ª ed. São Paulo: Publifolha; Rio de Janeiro: Editora Terceiro Milênio, 2000.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FIBGE. **Cidades**. Censo 2000. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidades/default>>. Acesso em novembro de 2002.

\_\_\_\_\_. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: Sergral-IBGE, 1977.

GUERRA, A. J. & CUNHA, S. B. da. Degradação ambiental. In: **Geomorfologia e meio ambiente**. GUERRA, A. J. & CUNHA, S. B. da. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996. p. 337-374.

HOROSTECKI, M. **A notícia**: Itá acaba com risco de Blecaute em SC. Joinville, 2000. Disponível em: <<http://www.na.com.br/2000/out./24/0eco.htm>>. Acesso em: 12 nov. 2002.

LOPES, J. A. **Atividades econômicas desenvolvidas pelos municípios atingidos pela barragem da usina hidrelétrica de Itá- RS/SC**. 2003. 62f. Trabalho de Graduação B (Bacharel em Geografia). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.

KELMAN, J. et al. Hidreletricidade. In: **Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação**. Rebouças, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 371-418.

KIRK, J. T. O. **Light & photosynthesis in aquatic ecosystems**. 2<sup>a</sup> ed. Cambridge University Press. 1996.

KLEEREKOPER, H. **Introdução ao estudo da limnologia**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1944.

LISBOA FILHO, J. **Projeto de banco de dados para sistemas de informações geográficas**. In: II ESCOLA DE INFORMÁTICA RJ/ES, 2., 2002, Vitória. **Anais...** Vitória: FAESA, 2002. p. 109-145.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Boletim Técnico N.º 2, 71-209. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. Rio de Janeiro, 1967.

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

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o estudo da geomorfologia do Rio Grande do Sul – Brasil**. Santa Maria: UFSM, 1970.

NÓBREGA, I. W. da. **Análise espectral de sistemas aquáticos da Amazônia para identificação de componentes opticamente ativos**. 2002. 79f. Dissertação (Sensoriamento Remoto)- Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2002.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1998.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.



PEREIRA FILHO, W. & GLAVÃO, L.S. **Relações entre reflectância espectral e concentração de sedimentos em suspensão no reservatório Passo Real, região Sul do Brasil.** [CD-ROM]. In: Simpósio Latino Americano de Percepção Remota, 8; Mérida – Venezuela, 1999. Anais Mérida: SELPER, 1997.

PEREIRA FILHO, W. **Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do reservatório de Tucuruí – Pará.** 2000 138f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PEREIRA FILHO, W.; STRASSBURGER, L. & BARBOSA, C. C. F. Caracterização espectral do reservatório de Itá- Sul do Brasil. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais ....** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2555-2559.

RAFFAELLI, J. A. **Geoprocessamento aplicado na análise do espaço geográfico do município de Santa Margarida do Sul-RS.** 2002. 121f. Dissertação (Engenharia Agrícola)- Universidade federal de Santa Maria. Santa Maria, 2002.

RAMBO, B. P. **A fisionomia do Rio Grande do Sul.** Selbach, 1956.

RAMOS, F. *et al.* **Engenharia hidráulica.** Rio de Janeiro: ed. da UFRJ, 1989.

REBOUÇAS, A. C. Águas doces no mundo e no Brasil. In: **Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação.** Rebouças, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 1-36.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** Juiz de Fora: ed. do Autor, 2000.

ROCHA, J. S. M. da. **Fotografias aéreas aplicadas ao planejamento físico rural**. Santa Maria, 1978.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997.

ROCHA, J. S. M. da. **Educação ambiental técnica para os ensinos fundamental, médio e superior**. 2ª ed. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1999.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico Geral**. Florianópolis: Governo de Santa Catarina, 1997.

SEMA. **Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul (2002)**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: jan.2002.

SIOLI, H. e KLINGE, H. **Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, avulsa, 1962.

STRASSBURGER, L. **Características de variáveis limnológicas do reservatório da usina hidrelétrica Itá- RS/SC**. 2003. 61f. Trabalho de Graduação A (Licenciatura em Geografia). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.

TRENTIN, M. A. **Mapeamento da paisagem com uso de geotecnologias no município de São Pedro das Missões/RS**. 2003. 91f. Monografia

(Especialização em Geociências)- Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.

THOMAZ et al. Limnologia do reservatório do Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: **Reservatório do Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Editado por AGOSTINO, A. A. & GOMES, L. C. MARINGÁ: EDUEM, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Vol. 4. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS//São Paulo: EDUSP:ABRH, 1993.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/Associação Brasileira dos Recursos Hídricos, 1998.

TUNDISI, J. C. et al. Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: **Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação**. Rebouças, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 195-225.

VENTURIERI, A. & SANTOS, J. R. dos. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas- aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 351-372.

VIEIRA, E. F. **Rio Grande do Sul: Geografia física e vegetação**. Porto Alegre: Sagra, 1984.

VILLELA, S. M. & MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Difel, 1978.

WERLANG, M. K. Uso da terra na porção ao norte da região metropolitana de Porto Alegre-RS (Rebordo do Planalto Meridional Brasileiro) no período 1975-1986. 1990. 40f. Monografia (Especialização em Imagens Orbitais e Sub-orbitais). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1990.

ZONIN, V. P. **Atingidos por barragens e a política do setor elétrico nacional: estudo dos casos Machadinho (RS) e Itá (SC).** 1994. 251f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1994.

**ANEXOS**

## ANEXO 1- Exemplo da Programação em LEGAL do SPRING

```
//Cruzamento entre uso da terra e APP
{
//Definindo as categorias
Tematico T1("uso"), T2("Distancia"), T3("APP");

// Recuperando planos
T1=Recupere (Nome = "uso-Pelotas");
T2=Recupere (Nome = "Pelotas_princ_dist");

//Criando novo plano
T3=Novo(Nome="APP_Pelotas_princ", ResX=30, ResY=30, Escala=100000);

//Definindo as relações entre classes
T3 = Atribua (CategoriaFim = "APP")
    {
        "APP100metros_Agricultura": (T1.Classe == "Agricultura" && T2.Classe == "100 m"),
        "APP100metros_Campo": (T1.Classe == "Campo" && T2.Classe == "100 m"),
        "APP100metros_Floresta": (T1.Classe == "Floresta" && T2.Classe == "100 m"),
        "APP100metros_Cidades": (T1.Classe == "Cidades" && T2.Classe == "100 m")
    };
}
```

## ANEXO 2: Procedimentos realizados para obtenção do Total de Sedimentos em Suspensão (TSS)

Para obtenção dos valores de TSS, procedeu-se a realização das etapas descritas a seguir.

Primeiramente os filtros de fibra de vidro, 47 mm de diâmetro, acondicionados em *Placa de Petri* de plástico, fabricado pela *Millipore*, foram calcinados a 480°C durante 1 hora, em uma Mufla. Após a secagem os filtros foram colocados no dessecador para baixar a temperatura.

Na segunda etapa fez-se a pesagem dos filtros para a determinação de seu peso inicial (PI), a qual foi realizada em balança de precisão Metter Toledo, modelo AG245, com precisão de cinco casas após o grama, etapa esta executada no Laboratório de Pesquisa de Espectrometria Atômica e Cromatografia do departamento de Química do CCNE/UFSM.

Na terceira etapa foi realizada a filtração da água coletada no reservatório para a avaliação do TSS, utilizando-se os filtros de fibra de vidro citados acima, os quais são fabricados por processos especiais, de maneira a possuir uma alta porosidade, possibilitando assim a determinação do TSS.

A utilização desses filtros requer um aparelho especial de filtração à vácuo, no caso foi utilizado um aparelho de filtração da marca Kontes, que consiste em um funil de vidro, em cuja abertura inferior, que tem aproximadamente o diâmetro da membrana, ajusta-se uma peça, também em forma de funil com a boca fechada por uma superfície de vidro poroso, sobre a qual se apóia o filtro. O tubo de saída desse segundo funil é ajustado à rolha de um frasco de Kitasato, ligado diretamente a uma trompa de água.

Filtrou-se através dos filtros citados acima, uma amostra de 0,100 L ou 100 mL, onde os filtros foram numerados seqüencialmente de acordo com o número da amostra da coleta da água. A garrafa de água foi agitada para homogeneizar a amostra e a medida da água foi feita com uma proveta.

A quarta etapa consistiu em secar novamente os filtros a uma temperatura de 60°C durante 24 horas na Estufa de Esterilização Universal (FABBE-PRIMAR). Após a secagem os filtros foram novamente acondicionados no dessecador para que esfriassem e ficassem protegidos da umidade e foram levados novamente até o laboratório de Pesquisa de Espectometria Atômica e Cromatografia para proceder-se a pesagem do filtro com a adição dos sedimentos, determinando assim seu peso final (PF).

Após a obtenção dos valores das pesagens, ou seja, peso do filtro inicial (PI) e peso do filtro final (PF), procedeu-se o cálculo para determinar o Total de Sedimento em Suspensão (TSS) para cada ponto amostral. A metodologia utilizada para o cálculo da determinação do TSS foi a seguinte: procedeu-se a subtração dos pesos dos filtros (peso final menos peso inicial). Este valor foi dividido pelo volume de água filtrado (0,1 L) e multiplicado por 1000, obtendo-se o valor em mg/L, através da seguinte fórmula:

$$\text{TSS} = \frac{\text{PF(g)} - \text{PI (g)}}{\text{Vol. (L)}} \times 1000 \quad \text{Eq.1}$$

Onde: TSS = Total de Sedimentos em Suspensão

PF = Peso Final

PI = Peso Inicial

Vol. = Volume de água filtrado (L)

Ressalta-se ainda que foi feita uma média da perda de peso dos filtros no processo de filtração. Para isso, foram pesados e filtrados dez filtros de fibra de vidro, obtendo-se um valor médio de 0,00091 mg/L, o qual foi somado ao valor obtido no peso final (PF) para que não houvesse interferência da perda de peso que ocorre nos dois processos citados e utilizados para determinação no valor do TSS.



## ANEXO 3- Dados coletados no reservatório da UHE Itá (rios Pelotas, do Peixe e Uruguai)

| Coordenadas UTM               |           | Rio     | Ponto | Hora  | Ph   | Prof. Secchi (m) | Temp. °C | CE ( $\mu\text{Scm}^1$ ) | TDS (mg/L) | TSS (mg/L) | Condições tempo | Cor água           |
|-------------------------------|-----------|---------|-------|-------|------|------------------|----------|--------------------------|------------|------------|-----------------|--------------------|
| Latitude                      | Longitude |         |       |       |      |                  |          |                          |            |            |                 |                    |
| <b>1ª Coleta (17/09/2004)</b> |           |         |       |       |      |                  |          |                          |            |            |                 |                    |
| 6960090                       | 413679    | Pelotas | 1     | 09:00 | 6,75 | 0,75             | 15,5     | 41,1                     | 19         | 10,2       | céu limpo       | marrom             |
| 6959050                       | 413181    | Pelotas | 2     | 09:20 | 6,80 | 0,65             | 15,7     | 44,1                     | 21         | 12,0       | céu limpo       | marrom             |
| 6958076                       | 413407    | Pelotas | 3     | 09:32 | 6,93 | 0,50             | 15,6     | 46,7                     | 22         | 17,1       | Sol, céu limpo  | marrom             |
| 6957622                       | 413668    | Pelotas | 4     | 09:50 | 6,82 | 0,50             | 15,5     | 46,0                     | 22         | 20,1       | Sol, céu limpo  | marrom             |
| 6956733                       | 413898    | Pelotas | 5     | 10:05 | 6,92 | 0,60             | 15,8     | 46,3                     | 22         | 11,4       | Sol, céu limpo  | marrom             |
| 6955455                       | 413507    | Pelotas | 6     | 10:20 | 6,95 | 0,70             | 16,6     | 53,5                     | 25         | 11,1       | Sol, céu limpo  | marrom             |
| 6955538                       | 413025    | Pelotas | 7     | 10:30 | 6,82 | 0,75             | 15,7     | 41,3                     | 20         | 10,0       | Sol, céu limpo  | marrom             |
| 6956723                       | 411505    | Pelotas | 8     | 10:42 | 6,79 | 0,80             | 16,2     | 41,3                     | 19         | 13,0       | Sol, céu limpo  | marrom             |
| 6957226                       | 410921    | Pelotas | 9     | 10:50 | 7,10 | 0,70             | 18,0     | 140,0                    | 66         | 11,5       | Sol, céu limpo  | marrom             |
| 6960731                       | 411126    | Pelotas | 10    | 11:30 | 6,97 | 0,70             | 18,0     | 43,2                     | 20         | 10,3       | Sol, céu limpo  | marrom             |
| 6965078                       | 411970    | Peixe   | 11    | 11:52 | 7,28 | 0,30             | 17,2     | 69,3                     | 33         | 20,5       | Sol, céu limpo  | marrom avermelhado |
| 6964640                       | 411870    | Peixe   | 12    | 12:00 | 7,29 | 0,27             | 18,0     | 69,6                     | 33         | 16,1       | Sol, céu limpo  | marrom avermelhado |
| 6964180                       | 411550    | Peixe   | 13    | 12:07 | 7,36 | 0,28             | 19,8     | 69,5                     | 33         | 18,1       | sol com nuvens  | marrom avermelhado |
| 6963703                       | 411301    | Peixe   | 14    | 12:14 | 7,32 | 0,24             | 19,1     | 69,5                     | 33         | 17,9       | sol com nuvens  | marrom amarelo     |
| 6963390                       | 411208    | Peixe   | 15    | 12:20 | 7,30 | 0,25             | 17,2     | 69,7                     | 33         | 22,6       | sol com nuvens  | marrom avermelhado |
| 6962925                       | 411676    | Peixe   | 16    | 12:27 | 7,31 | 0,25             | 21,3     | 69,7                     | 33         | 10,2       | sol com nuvens  | marrom avermelhado |
| 6962660                       | 412104    | Peixe   | 17    | 12:32 | 7,25 | 0,25             | 19,4     | 69,7                     | 33         | 19,5       | sol com nuvens  | marrom avermelhado |
| 6962413                       | 412441    | Peixe   | 18    | 12:38 | 7,28 | 0,27             | 20,0     | 69,9                     | 33         | 10,7       | sol com nuvens  | marrom avermelhado |
| 6961834                       | 412590    | Peixe   | 19    | 12:45 | 7,26 | 0,28             | 20,7     | 69,9                     | 33         | 18,5       | sol com nuvens  | marrom avermelhado |
| 6961609                       | 412012    | Peixe   | 20    | 12:50 | 7,29 | 0,28             | 19,4     | 70,1                     | 33         | 13,6       | sol com nuvens  | marrom avermelhado |
| 6963237                       | 407047    | Uruguai | 21    | 14:00 | 7,04 | 0,40             | 19,7     | 48,0                     | 23         | 10,9       | sol com nuvens  | marrom esverdeado  |
| 6962325                       | 406162    | Uruguai | 22    | 14:08 | 6,98 | 0,50             | 22,9     | 47,4                     | 22         | 10,7       | sol com nuvens  | marrom             |
| 6962138                       | 405152    | Uruguai | 23    | 14:15 | 7,06 | 0,50             | 19,2     | 48,3                     | 23         | 11,9       | sol com nuvens  | marrom esverdeado  |
| 6961316                       | 404850    | Uruguai | 24    | 14:23 | 7,00 | 0,60             | 20,3     | 44,9                     | 21         | 11,3       | sol com nuvens  | marrom esverdeado  |
| 6960699                       | 405389    | Uruguai | 25    | 14:30 | 6,98 | 0,58             | 16,9     | 46,5                     | 22         | 14,4       | sol com nuvens  | marrom avermelhado |
| 6960404                       | 406140    | Uruguai | 26    | 15:05 | 7,01 | 0,60             | 19,6     | 44,6                     | 21         | 12,8       | sol com nuvens  | marrom verde       |
| 6960990                       | 406972    | Uruguai | 27    | 15:10 | 6,95 | 0,60             | 17,2     | 44,3                     | 21         | 12,9       | sol com nuvens  | marrom verde       |
| 6961601                       | 407782    | Uruguai | 28    | 15:16 | 6,93 | 0,65             | 17,1     | 43,9                     | 21         | 10,0       | sol com nuvens  | marrom verde       |
| 6962216                       | 408741    | Uruguai | 29    | 15:25 | 6,84 | 0,65             | 16,7     | 44,1                     | 21         | 11,1       | sol com nuvens  | marrom verde       |
| 6962275                       | 409879    | Uruguai | 30    | 15:34 | 6,88 | 0,65             | 17,3     | 43,5                     | 20         | 10,0       | sol com nuvens  | marrom verde       |
| <b>2ª Coleta (03/12/2004)</b> |           |         |       |       |      |                  |          |                          |            |            |                 |                    |

|         |        |         |    |       |      |      |      |      |    |      |                 |                   |
|---------|--------|---------|----|-------|------|------|------|------|----|------|-----------------|-------------------|
| 6960090 | 413679 | Pelotas | 1  | 09:05 | 6,70 | 1,20 | 21,8 | 42,4 | 20 | 10,6 | Sol, céu limpo  | marrom esverdeado |
| 6959050 | 413181 | Pelotas | 2  | 09:29 | 6,82 | 1,15 | 21,8 | 42,4 | 20 | 11,1 | sol e céu limpo | marrom esverdeado |
| 6958076 | 413407 | Pelotas | 3  | 09:48 | 6,48 | 1,10 | 21,9 | 42,3 | 20 | 10,2 | sol e céu limpo | marrom esverdeado |
| 6957622 | 413668 | Pelotas | 4  | 10:00 | 6,45 | 1,15 | 21,8 | 42,4 | 20 | 9,1  | Sol, céu limpo  | marrom esverdeado |
| 6956733 | 413898 | Pelotas | 5  | 10:15 | 6,56 | 1,15 | 22,0 | 42,2 | 20 | 6,7  | Sol, céu limpo  | marrom esverdeado |
| 6955455 | 413507 | Pelotas | 6  | 10:35 | 6,61 | 1,05 | 22,5 | 42,3 | 20 | 10,7 | Sol, céu limpo  | marrom esverdeado |
| 6955538 | 413025 | Pelotas | 7  | 10:52 | 6,72 | 1,20 | 22,1 | 42,0 | 20 | 10,5 | Sol, céu limpo  | marrom esverdeado |
| 6956723 | 411505 | Pelotas | 8  | 11:04 | 6,75 | 1,25 | 22,5 | 41,9 | 20 | 9,0  | Sol, céu limpo  | marrom esverdeado |
| 6957226 | 410921 | Pelotas | 9  | 11:13 | 6,83 | 1,30 | 24,1 | 47,6 | 23 | 11,0 | Sol, céu limpo  | marrom amarelo    |
| 6960731 | 411126 | Pelotas | 10 | 11:34 | 6,72 | 1,30 | 24,6 | 42,1 | 20 | 8,3  | Sol, céu limpo  | marrom verde      |
| 6965078 | 411970 | Peixe   | 11 | 12:00 | 7,42 | 1,25 | 26,7 | 74,0 | 35 | 11,5 | Sol, céu limpo  | marrom verde      |
| 6964640 | 411870 | Peixe   | 12 | 12:05 | 7,24 | 1,25 | 26,8 | 74,3 | 35 | 9,3  | Sol, céu limpo  | marrom verde      |
| 6964180 | 411550 | Peixe   | 13 | 12:18 | 7,32 | 1,25 | 26,7 | 73,8 | 35 | 10,9 | Sol, céu limpo  | marrom verde      |
| 6963703 | 411301 | Peixe   | 14 | 12:24 | 7,37 | 1,25 | 26,7 | 74,1 | 35 | 7,3  | nublado         | marrom verde      |
| 6963390 | 411208 | Peixe   | 15 | 12:30 | 7,26 | 0,80 | 27,8 | 73,9 | 35 | 11,1 | nublado         | marrom amarelo    |
| 6962925 | 411676 | Peixe   | 16 | 12:39 | 7,18 | 1,15 | 27,3 | 74,2 | 35 | 11,3 | sol e céu limpo | marrom verde      |
| 6962660 | 412104 | Peixe   | 17 | 12:45 | 7,28 | 1,10 | 27,5 | 73,9 | 35 | 12,1 | Sol, céu limpo  | marrom verde      |
| 6962413 | 412441 | Peixe   | 18 | 12:50 | 7,34 | 1,10 | 27,1 | 73,6 | 35 | 11,3 | Sol, céu limpo  | marrom verde      |
| 6961834 | 412590 | Peixe   | 19 | 12:57 | 7,49 | 1,05 | 27,0 | 73,8 | 35 | 10,9 | Sol, céu limpo  | marrom verde      |
| 6961609 | 412012 | Peixe   | 20 | 13:03 | 7,48 | 1,10 | 27,3 | 74,0 | 35 | 11,2 | Sol, céu limpo  | marrom verde      |
| 6963237 | 407047 | Uruguai | 21 | 14:30 | 7,32 | 1,00 | 28,4 | 46,4 | 22 | 10,3 | nublado         | marrom amarela    |
| 6962325 | 406162 | Uruguai | 22 | 14:36 | 7,72 | 0,80 | 29,8 | 47,2 | 22 | 12,7 | Sol, céu limpo  | marrom amarela    |
| 6962138 | 405152 | Uruguai | 23 | 14:44 | 7,17 | 1,00 | 26,0 | 46,5 | 22 | 10,2 | Sol, céu limpo  | Marrom Verde      |
| 6961316 | 404850 | Uruguai | 24 | 14:50 | 7,15 | 1,10 | 25,1 | 53,7 | 25 | 9,3  | Sol, céu limpo  | Marrom Verde      |
| 6960699 | 405389 | Uruguai | 25 | 14:58 | 7,11 | 1,10 | 25,9 | 53,3 | 25 | 9,1  | Sol, céu limpo  | Marrom Verde      |
| 6960404 | 406140 | Uruguai | 26 | 15:08 | 7,40 | 1,10 | 27,0 | 61,0 | 29 | 9,9  | Sol, céu limpo  | Marrom Verde      |
| 6960990 | 406972 | Uruguai | 27 | 15:16 | 7,20 | 1,15 | 26,8 | 60,3 | 28 | 11,1 | Sol, céu limpo  | Marrom Verde      |
| 6961601 | 407782 | Uruguai | 28 | 15:24 | 7,18 | 1,15 | 26,4 | 56,1 | 26 | 7,2  | Sol, céu limpo  | Marrom Verde      |
| 6962216 | 408741 | Uruguai | 29 | 15:30 | 7,20 | 1,15 | 25,8 | 51,7 | 24 | 9,2  | Sol, céu limpo  | Marrom Verde      |
| 6962275 | 409879 | Uruguai | 30 | 15:35 | 7,35 | 1,20 | 25,8 | 56,2 | 28 | 7,5  | Sol, céu limpo  | Marrom Verde      |