UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS
MESTRADO EM GEOGRAFIA

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS RELAÇÕES ENTRE ECOSSISTEMAS TERRESTRE E AQUÁTICO: ESTUDO DE CASO DA BACIA DA UHE PASSO REAL DA REGIÃO SUL DO BRASIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Gisieli Kramer

Santa Maria, RS, Brasil
2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS RELAÇÕES ENTRE ECOSSISTEMAS TERRESTRE E AQUÁTICO: ESTUDO DE CASO DA BACIA DA UHE PASSO REAL DA REGIÃO SUL DO BRASIL

por

Gisieli Kramer

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências – Mestrado em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Geografia**

Orientador: Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

Santa Maria, RS, Brasil

2009

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

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

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS RELAÇÕES ENTRE OS ECOSSISTEMAS TERRESTRE E AQUÁTICO: ESTUDO DE CASO DA BACIA DA UHE PASSO REAL DA REGIÃO SUL DO BRASIL

elaborada por
Gisieli Kramer

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISÃO EXAMINADORA:

_____
Waterloo Pereira Filho, Dr.
(Presidente/Orientador)

_____
Maria de Lourdes Bueno Trindade Galo, Drª. (UNESP)

_____
Roberto Cassol, **Dr.** (UFSM)

Santa Maria, 16 de dezembro de 2009.

Dedico este trabalho,

especialmente, à minha família, à do meu marido, aos meus grandes amigos e a todos aqueles que acreditaram na minha capacidade de vencer

AGRADECIMENTOS

Á Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de cursar um ensino superior com qualidade de ensino

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia pelos conhecimentos adquiridos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa, a qual faz parte de um projeto maior, processo n° 484712/2007 – Caracterização espectral e limnológica de ambientes lênticos no Rio Grande do Sul, com abordagem espaço-temporal – e foi premiada no XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal – RN na categoria pôster melhor comunicação visual

Ao professor Waterloo Pereira Filho pela paciência e orientação deste trabalho

Á professora Maria de Lourdes Bueno Trindade Galo pela participação e sugestão como banca examinadora

Ao professor Roberto Cassol pelas críticas construtivas como banca examinadora

Á professora Maria Silvia Pardi Lacruz pela atenção e dedicação como banca examinadora

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela orientação e conhecimentos transmitidos

Aos funcionários do Departamento de Geociências pela colaboração e informações fornecidas ao longo do curso

Ao colega de profissão Fábio Breunig que muito contribuiu para a construção deste trabalho

Em especial,
aos colegas do Laboratório de Geotecnologias Aline Biasoli Trentin, Daniela Barbieri, Diego Prado, Flávio Wachholz, Rosana Corazza, pelo aprendizado, convivência, carinho e amizade

E principalmente,
à minha família pelo apoio, confiança e compreensão nos momentos de dificuldades

Enfim,
a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu aprendizado e aperfeiçoamento profissional...

...um muito OBRIGADA!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Geografia
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS RELAÇÕES ENTRE ECOSSISTEMAS TERRESTRE E AQUÁTICO: ESTUDO DE CASO DA BACIA DA UHE PASSO REAL DA REGIÃO SUL DO BRASIL

AUTORA: GISIELI KRAMER
ORIENTADOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 16 de dezembro de 2009.

O reservatório da UHE Passo Real, inaugurado em 1973 (capacidade 158 MW) e área inundada de 221 km^2 (CEEE, 2008) apresenta diferentes tipos de água e uma intensa exploração agrícola na área de captação. Os objetivos da pesquisa compreenderam a interpretação, análise e relação do uso e cobertura da terra em distintas bacias de captação e fases agrícolas com a concentração dos sólidos em suspensão (TSS) e a profundidade do Disco de Secchi (DS). Os mapas de uso da terra caracterizaram as três principais bacias de captação que deságuam no reservatório: Jacuí, Jacuí-Mirim e Ingaí. Esses mapas contemplaram a fase do desenvolvimento vegetativo das culturas agrícolas em março/2009 e a fase pós-colheita em maio com domínio de solo exposto. Imagens de satélite TM Landsat 543/RGB foram utilizadas para identificar as formas de uso da terra. As classes de uso foram assim definidas: áreas florestais, culturas, campo, solo exposto e água. A variável TSS (processada pelo método da filtragem) foi medida em 22 pontos (fevereiro, abril e junho/2009) separados em quatro grupos amostrais: grupo Jacuí, Jacuí Mirim, Ingaí e eixo principal do reservatório. Na classificação das imagens a classe cultura destacou-se nas três bacias em março: 61,46% Jacuí Mirim (área total da bacia=157.182,75 ha), 56,51% Ingaí (114.671,16 ha) e 49,55% Jacuí (423.430,47 ha). Em maio, a classe solo exposto sobressaiu-se com 75,55% na bacia do rio Jacuí Mirim, 68,78% no Ingaí e 65,77% no Jacuí. A maior média dos valores de TSS foi encontrada em junho (maior média de precipitações) para o grupo amostral Jacuí (Ma= 9,33 mg/L). Os valores baixos de TSS foram registrados, em geral, em fevereiro, a exemplo do grupo amostral Jacuí (Ma=4,33mg/L). Os dados dos grupos amostrais do DS apresentaram consistência com os dados do TSS uma vez que a transparência da água foi maior na medida em que a concentração de sedimentos foi menor. Observou-se que os usos e coberturas da terra na área de estudo são predominantemente rurais, principalmente pelo cultivo da soja e do milho em fevereiro e início do plantio das pastagens de inverno em maio. Embora as bacias dos rios Jacuí Mirim e Ingaí apresentaram maiores porcentagens de solo exposto em maio, na bacia do rio Jacuí registrou o maior efeito do sistema terrestre sobre o aquático com a ocorrência de maiores concentrações de TSS. Isto deve-se ao efeito de maior área de captação e menor volume do compartimento aquático de deságüe. Sobretudo, a dinâmica que ocorre no ambiente aquático do reservatório da UHE Passo Real está relacionado com a entrada de água das bacias de captação e sugerem distintos compartimentos aquáticos pelo modo mistura que resultam diferentes colorações na água.

Palavras-chave: uso da terra; variáveis limnológicas; compartimento aquático; sensoriamento remoto

ABSTRACT

Master Dissertation
Post-graduation Program in Geography
Federal University of Santa Maria

SPATIAL AND TEMPORAL EVALUATION OF THE RELATIONS BETWEEN SOIL AND AQUATIC ECOSYSTEMS: A CASE STUDY OF THE UHE PASSO REAL WATERSHED IN THE SOUTH OF BRAZIL

AUTHOR: GISIELI KRAMER
ADVISOR: WATERLOO PEREIRA FILHO
Date and Place of the Presentation: Santa Maria, December 16th, 2009.

The UHE Passo Real reservoir, founded in 1973 (158,0 MW capacity), with a flooded area of 221 km^2 (CEEE, 2008), presents different types of water and an intense agricultural exploitation in the uptake area. In this study, we aimed at interpreting, analyzing and correlating soil use and soil cover in distinct uptake watersheds and agricultural periods with TSS concentration and Secchi depth in different parts of the reservoir. The soil maps showed the three watersheds that flow into the reservoir: Jacuí, Jacuí-Mirim and Ingaí. In these maps there were the vegetative development period in March/2009 and the post-harvest period in May with exposed soil. TM Landsat 543/RGB images were used to identify the kinds of soil use. The categories of soil use were: forest areas, cultures, field, exposed soil and water. The TSS variable (using a filtering method) was measured in 22 points (February, April and June/2009) in four samples: Jacuí, Jacuí Mirim, Ingaí and the main reservoir axis. In the images classification, the culture category was higher in the three watersheds in March: Jacuí Mirim 61,46% (total area =157.182,75 ha), Ingaí 56,51% (114.671,16 ha) and Jacuí 49,55% (423.430,47 ha). In May, the category of exposed soil was higher: Jacuí Mirim 75,55%, Ingaí 68,78% and Jacuí 65,77%. The highest average TSS was found in June (higher precipitation) in the Jacuí sample (Ma= 9,33 mg/L). The low TSS values were frequently found in February, for example, Jacuí sample (Ma=4,33mg/L). The data from SD samples were coherent with TSS data considering that water transparency was higher when the sediments concentration was lower. It was found that soil use and soil cover in the studied area are predominantly rural, mainly due to soybean and corn crops in February and the beginning of winter pasture in May. Even if Jacuí Mirim and Ingaí watersheds presented a higher percentage of exposed soil in May, the Jacuí watershed presents higher TSS flush and TSS concentrations because of a larger uptake area and a lower aquatic flow volume. Overall, the aquatic dynamics at the UHE Passo Real is related to the water flow from the uptake watersheds and it suggests distinct aquatic compartments that result in different colors of water.

Keywords: soil use; limnological variables; aquatic compartment; remote sensing

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Localização da área de estudo (Landsat TM 5-Bandas 321/RGB de 20-07-2007) 17
FIGURA 2 – Composição colorida dos canais 3 (vermelho), 2 (verde) e 1 (azul) do sensor TM/LANDSAT 5, mostrando o reservatório Passo Real e a localização dos quinze pontos de amostragem. 18
FIGURA 3 – Localização da bacia hidrográfica do Alto Jacuí no centro do Rio Grande do Sul. 19
FIGURA 4 – Perfil topográfico do alto curso Jacuí 20
FIGURA 5 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa 38
FIGURA 6 – Mapa de distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jacuí/RS de 03-03-2009 44
FIGURA 7 – Distribuição das classes temáticas na BH Jacuí. 45
FIGURA 8 – Principais culturas da área no período de março 45
FIGURA 9 – A (A1) - floresta de araucárias, A (A2) - vegetação arbórea, B (B1) - capões isolados, B (B2) - pastagem de inverno 46
FIGURA 10 – Relevo íngreme com a presença de vegetação e campos 47
FIGURA 11 – Mapa de distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jacuí Mirim/RS de 03-03-2009 48
FIGURA 12 – Distribuição das classes temáticas na BH Jacuí Mirim. 49
FIGURA 13 – Relevo suavemente colinoso com o predomínio de práticas agrícolas 49
FIGURA 14 – Áreas florestais com floresta nativa e plantada. 50
FIGURA 15 – Mapa de distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Ingaí/RS de 03-03-2009 51
FIGURA 16 – Distribuição das classes temáticas na BH Ingaí. 52
FIGURA 17 – Culturas agrícolas predominantes na área da BH Ingaí. 52

FIGURA 18 – Paisagem com a presença de áreas florestais 53
FIGURA 19 – Mapa de distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jacuí/RS de 22-05-2009.....54
FIGURA 20 – Distribuição das classes temáticas na BH Jacuí.....55
FIGURA 21 – Solo exposto com dessecante. 55
FIGURA 22 – Pastagem de inverno (azevém) na fase de desenvolvimento inicial. 56
FIGURA 23 – C- capões isolados de vegetação; D(D1) - Campo característico de solo exposto e a presença de gado. 56
FIGURA 24 – Cultura de inverno (azevém) com desenvolvimento de médio porte em solos profundos. 57
FIGURA 25 – Mapa de distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jacuí Mirim/RS de 22-05-2009 58
FIGURA 26 – Distribuição das classes temáticas na BH Jacuí Mirim.....59
FIGURA 27 – Mapa de distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Ingaí/RS de 22-05-2009.....60
FIGURA 28 – Distribuição das classes temáticas na BH Ingaí.....61
FIGURA 29 – Contraste do solo exposto e pastagem consorciada (azevém e nabo pequeno porte); ao fundo, floresta plantada de eucaliptos.....61
FIGURA 30 – Terra em pousio e a presença de talos de milho e pivô central.....61
FIGURA 31 – E (E1) – plantação de nabo forrageiro; F (F-1) – plantação de nabo e azevém.....62
QUADRO 1 – Dristribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra nas bacias 62
FIGURA 32 – Diferentes tipos de água da UHE Passo Real (Imagem Landsat TM 5 – Bandas 321-RGB, de 20-07-2007).....65
FIGURA 33 – Grupos amostrais de dados limnológicos na UHE Passo Real 66
QUADRO 2 – Valores de TSS do grupo amostral Jacuí.....67
FIGURA 34 – Média de precipitações dos municípios da Bacia do rio Jacuí em junho (3° coleta).....67
FIGURA 35 – Média de precipitações dos municípios da Bacia do rio Jacuí em fevereiro (1° coleta) 68
FIGURA 36 – Variação do TSS no grupo amostral Jacuí.....69
QUADRO 3 – Valores da profundidade de Secchi do grupo amostral Jacuí 69
FIGURA 37 – Variação da profundidade de Secchi no grupo amostral Jacuí.....70

QUADRO 4 – Valores de TSS do grupo amostral Jacuí Mirim 70
FIGURA 38 – Média de precipitações dos municípios da Bacia do rio Jacuí Mirim em junho (3° coleta) 71
FIGURA 39 – Variação do TSS no grupo amostral Jacuí Mirim 71
QUADRO 5 – Valores da profundidade de Secchi do grupo amostral Jacuí Mirim 72
FIGURA 40 – Variação da profundidade de Secchi no grupo amostral Jacuí Mirim 72
QUADRO 6 – Valores de TSS do grupo amostral Ingaí 73
FIGURA 41 – Média de precipitações dos municípios da bacia do rio Ingaí em junho 73
FIGURA 42 – Variação do TSS no grupo amostral Ingaí 74
QUADRO 7 – Valores da profundidade de Secchi do grupo amostral Ingaí 75
FIGURA 43 – Variação da profundidade de Secchi no grupo amostral Ingaí..... 75
QUADRO 8 – Valores de TSS do grupo amostral do eixo principal 76
FIGURA 44 – Variação do TSS no grupo amostral do eixo principal 76
QUADRO 9 – Valores da profundidade Secchi do grupo amostral do eixo principal ... 77
FIGURA 45 – Variação da profundidade Secchi no grupo amostral do eixo principal . 77
FIGURA 46 – Variação da média da concentração do TSS no deságüe das principais bacias de captação 78
FIGURA 47 – Variação da média da concentração da profundidade de Secchi no deságüe das principais bacias de captação 79
FIGURA 48 – Distribuição da classe solo exposto nas áreas de captação das bacias ... 80

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – População, área e densidade demográfica dos municípios da bacia hidrográfica Jacuí 22
TABELA 2 – População, área e densidade demográfica dos municípios da bacia hidrográfica Ingaí 23
TABELA 3 – População, área e densidade demográfica dos municípios da bacia hidrográfica Jacuí Mirim 24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BH – Bacia hidrográfica

DS – Transparência do Disco de Secchi

FEPAN – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

GPS – Global Positioning System

ha – hectares

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto nacional de pesquisas espaciais

Km – Kilômetros

L – Litros

LANDSAT – Land Satellite

m – metros

mm – milímetros de precipitação pluviométrica

Ma – Média aritmética

Maxver – Máxima Verossimilhança

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

TSS – Total de Sedimentos em Suspensão

TM – Thematic Mapper

UHE – Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **14**
1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS **17**
1.1 Localização **17**
1.2 Aspectos físicos e econômicos **19**
1.2.1 Bacia hidrográfica do rio Jacuí 21
1.2.2 Bacia hidrográfica do rio Ingaí 22
1.2.3 Bacia hidrográfica do rio Jacuí Mirim 23
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **25**
2.1 Bacias hidrográficas **25**
2.2 Reservatório **26**
2.2.1 Integração com o ambiente terrestre 26
2.2.2 Ação antrópica 29
2.3 Compartimentos aquáticos **31**
2.3.1 Efeitos da variação dos parâmetros limnológicos na qualidade da água. 31
2.3.2 Variáveis limnológias 32
2.4 Geoprocessamento e sensoriamento remoto **34**
2.4.1 Levantamento do uso e cobertura da terra com imagens orbitais 35
3 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS **37**
3.1 1ª fase – pré-campo: elaboração do banco de dados e identificação dos ambientes **37**
3.2 2ª fase – trabalhos de campo: inspeção terrestre e coleta de variáveis limnológicas **39**
3.3 3ª fase – processamentos de laboratório: confecção dos mapas e gráficos **40**
3.4 4ª fase – avaliação dos resultados: interpretação, análise e integração dos dados: relação entre os ambientes **41**
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES **42**
4.1 Caracterização do uso e cobertura da terra **42**

4.1.1 Interpretação das imagens de satélite do dia 03-03-2009 42
4.1.2 Interpretação das imagens de satélite do dia 22-05-2009 53
4.2 Análise do uso e cobertura da terra entre as três unidades de estudo 62
4.3 Características limnológicas do reservatório da UHE Passo Real 64
4.3.1 Análise do TSS e da transparência da água na UHE Passo Real 66
4.4 Análise integrada : relação entre os ambientes terrestre e aquático 78
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 82
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 85

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grandes riquezas naturais como minérios, petróleo e a água. A água doce é cada vez mais valorizada em todo o mundo – Oriente Médio, China, Europa (Agência Nacional de Águas, 2008 e Rebouças, 2006). Considerado um país com abundância de água doce, o Brasil apresenta 12% do total mundial. Entretanto, suas fontes e reservas estão distribuídas de forma desigual no país. Verifica-se que 80% da água doce está concentrada em três grandes bacias hidrográficas: Amazonas, São Francisco e Paraná (Rebouças, 2006).

Existem regiões do país em que o abastecimento é precário. Esse problema é agravado pela expansão desordenada dos processos de urbanização e o avanço da industrialização desde a década de 50. Na região da bacia amazônica, por exemplo, a água é abundante. Por outro lado, na região Nordeste, onde a concentração populacional é maior que na região amazônica, a escassez da água limita o abastecimento e o desenvolvimento sócio-econômico.

Historicamente a economia brasileira teve como base a agricultura e pecuária que, associada a busca pelo lucro imediato, desencadeou alterações na situação ambiental dos recursos hídricos. Essas alterações resultam dos despejos de esgotos e poluentes industriais nos mananciais, dos desmatamentos que, muitas vezes, resultam em processos erosivos do solo e no assoreamento dos canais dos rios.

No entanto, há estados como o Rio Grande do Sul, por exemplo, em que a gestão dos recursos hídricos vem alcançando importantes avanços com a instalação dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, rumo à definição de instrumentos de planejamento e gestão, a fim de promover a recuperação e conservação dos recursos hídricos (Cargnin *et al*, 2008).

Grande parte da qualidade e quantidade dos recursos hídricos está seriamente comprometida pela retirada da vegetação ciliar pela ação antrópica. O Rio Grande do Sul, que originalmente possuía uma cobertura florestal nativa de 40% de sua superfície total, apresenta apenas 5,6% da cobertura florestal. Com isso, o assoreamento dos rios e reservatórios é acentuado, a contaminação das águas é presente, e a compactação dos solos e aceleração dos processos erosivos em áreas agrícolas são intensificadas (Martinazzo *et al*, 2004).

Para o monitoramento de sistemas dinâmicos, a exemplo de um reservatório, torna-se necessário entender a evolução do sistema e como ele reage à diferentes estímulos e

intervenções (Tundisi, 1988). O conhecimento da intensidade e impacto desses estímulos e intervenções está nos registros e análises das características da água.

As alterações das características da água refletem o uso e cobertura da terra nas bacias que o abastecem (Branco, 1993). Práticas de uso adequadas são importantes para a preservação e manejo dos recursos hídricos. As matas ciliares e gramíneas, por exemplo, podem reduzir o carreamento de sedimentos para dentro do ambiente aquático (Simões, 2003). Estudos realizados na Carolina do Norte, Estados Unidos, por Cooper *et al* (1987 apud SIMÕES, 2003, p. 341) mostraram que 84% a 90% dos sedimentos provenientes de áreas agrícolas eram retidos pela mata ciliar.

Neste contexto, várias técnicas têm sido utilizadas para o monitoramento das alterações que podem ocorrer nas características da água. O geoprocessamento destaca-se por apresentar um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais. Além disso, foca no levantamento e análise de situações ambientais representadas por conjuntos de variáveis georreferenciadas e integradas em uma base de dados digitais (Xavier da Silva, 2001).

Conforme Leme *et al*, 2004, a utilização de sensores também merece destaque com o biomonitoramento de ambientes aquáticos. O estudo das respostas espectrais obtidas por sensores remotos podem identificar mudanças ambientais associadas às alterações limnológicas.

A partir dessas informações tem-se a possibilidade de criar sistemas de gestão integrados, que representam um recurso científico que serve de ponte entre os indicadores ambientais e as políticas de recursos hídricos.

Os elementos opticamente ativos como os constituintes orgânicos (clorofila *a* do fitoplâncton, por exemplo) e inorgânicos (minerais em suspensão na água, por exemplo) são os principais responsáveis pelas alterações da resposta espectral da água. Sistemas hídricos interiores ou costeiros podem transportar grandes cargas de sedimentos em suspensão causando espalhamento e reflexão do fluxo radiante de forma a gerar uma tonalidade mais clara da água na imagem (Jensen, 2009). O processamento digital dessas imagens e a análise espacial de dados limnológicos como a profundidade Secchi (Kirk, 1983) e sedimentos em suspensão (CETESB,1987) possibilitam a identificação de distintos compartimentos no ecossistema aquático. Os compartimentos aquáticos, definidos individualmente por massas de água com condições ambientais similares ao longo de sistema hídrico (Pereira Filho & Novo, 2002), apresentam-se dispostos horizontalmente no corpo d' água e com diferentes padrões de circulação/tempo de residência da água proporcionado pelos tributários (Tundisi, 1986). A

origem desses compartimentos pode estar associada à natureza física do próprio reservatório mas, muitas vezes, se deve à variações no uso e cobertura do solo das bacias hidrográficas que o abastecem.

Desta forma, os elementos ópticos que atuam como agentes espalhadores e absorvedores de radiação, ao estabelecer diferentes níveis de transmissão da radiação eletromagnética na água, respondem pelo nível trófico do ecossistema e, conseqüentemente, por distintos compartimentos aquáticos. Os estudos de medição e monitoramento pelo sensoriamento remoto são muito importantes para o estudo da distribuição espacial dos padrões de água. Quando a qualidade ambiental da água está em desequilíbrio, a vida útil do reservatório e dos mecanismos de controle de inundação podem ser comprometidos (Han et al, 1994 e Jensen, 2009).

A eficiência do sensoriamento remoto e de técnicas de coleta e medição de parâmetros limnológicos foi comprovada em estudos do ambiente aquático e terrestre desenvolvidos no reservatório da Usina hidrelétrica (UHE) de Ita (Strassburger, 2005) e no reservatório Costa e Silva (Wachholz, 2007). Desta forma, a abordagem sinótica das técnicas de sensoriamento remoto associada a dados limnológicos coletados *in situ* mostram ser adequados na identificação das relações homem-natureza concretizados no espaço geográfico, especialmente no contexto da análise dinâmica.

O reservatório da UHE Passo Real, localizada na região sul do Brasil, apresenta respostas espectrais da água distintas, facilmente identificadas pelo imageamento de sensores remotos multiespectrais. Um estudo realizado nesse reservatório por Pereira Filho e Galvão (1997) revelou a ocorrência de alterações nas características da água em cada compartimento aquático decorrentes da dinâmica da água e do ecossistema terrestre.

A partir disso, o objetivo geral da presente pesquisa foi investigar de forma integrada dados do ecossistema terrestre e aquático para compreender a formação de distintos compartimentos aquáticos do reservatório da UHE Passo Real – Rio Jacuí – RS. Os objetivos específicos foram: 1° - avaliar a distribuição espaço-temporal dos diferentes usos e cobertura da terra no contexto das três bacias hidrográficas que deságuam no reservatório: rios Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí; 2° - identificar e analisar as relações dos sistemas terrestre e aquático quanto as formas de uso da terra decorrentes de ações antrópicas; 3° - investigar as variações espaço-temporais das características limnológicas do reservatório e sua possível relação com as características das bacias de captação.

1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

1.1 Localização

O reservatório Passo Real (204,22km²) e as bacias hidrográficas Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí fazem parte da região hidrográfica do Alto Jacuí e localizam-se no centro do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil, conforme pode ser visto na Figura 1. A área estudada apresenta intensa exploração agrícola principalmente no setor montante. As distintas formas de uso e coberturas do solo induzem uma variabilidade nas características da água, conforme pode ser visto na água do reservatório. Desta forma, a área de estudo apresenta condições ideais para análises através e sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.

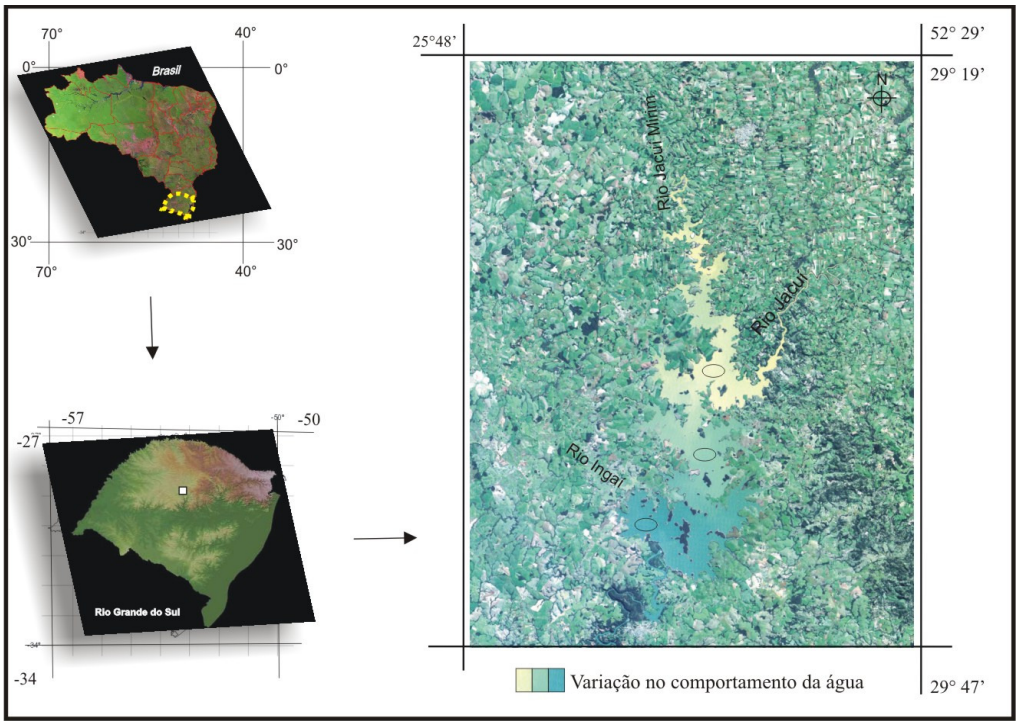

Figura 1: Localização da área de estudo (Landsat TM 5-Bandas 321/RGB de 20-07-2007)
Fonte: EMBRAPA-2007

O estudo realizado nesse reservatório pelos pesquisadores Pereira Filho e Galvão (1997) utilizou dados da concentração de sedimentos em suspensão com 15 amostras

coletadas *in situ* e relacionou-os com dados de reflectância obtidos por um espectrorradiômetro e extraídos a partir das imagens do sensor TM/LANDSAT 5. A conclusão principal do estudo mostrou variações anômalas na concentração dos sedimentos em suspensão (Figura 2 – pontos amostrais 1, 2 e 3 em relação a amostra 14, com a oscilação dos valores entre 3,5 e 21 mg/L) correspondente entre os dados obtidos em campo e os extraídos da imagem TM/LANDSAT. No entanto, os padrões espectrais obtidos pela pesquisa sofreram limitação pela ausência de dados relativos a presença de clorofila e de substância orgânica dissolvida na água.

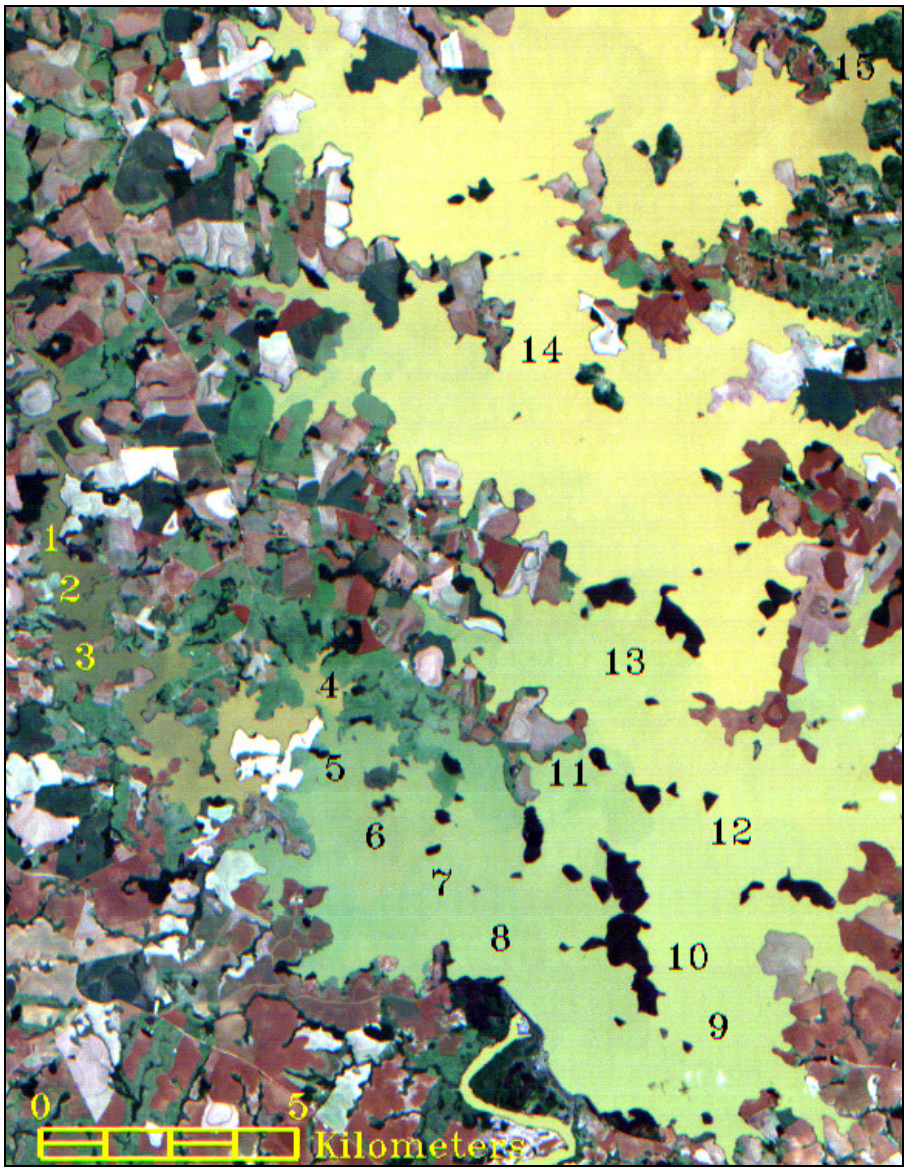

Figura 2: Composição colorida dos canais 3 (vermelho), 2 (verde) e 1 (azul) do sensor TM/LANDSAT 5, mostrando o reservatório Passo Real e a localização dos quinze pontos de amostragem.
Fonte: adaptado de Pereira Filho e Galvão, 1997.

A imagem TM/LANDSAT 5 utilizada na classificação para a alocação dos pontos amostrais de coleta dos dados foi do ano de 1987, o que evidencia já naquela época padrões de resposta espectral distintos da água, provavelmente relacionados com intensa exploração agrícola, sujeita as conseqüências provenientes da adubação, preparo do solo, tipos de uso e outras práticas de manejo rural.

A principal finalidade do reservatório é a geração de energia elétrica e o controle de cheias. O reservatório foi inaugurado em março de 1973, com capacidade de gerar de energia de 158,0 MW de energia com o uso de 2 turbinas e um total de 204,22 km^2 (CEEE, 2008).

1.2 Aspectos físicos e econômicos

No Rio Grande do Sul um grupo de água corre em direção ao Rio Uruguai e o outro, para o Atlântico (Figura 3). O reservatório Passo Real e as bacias de captação inserem-se na bacia do rio Jacuí (região do alto Jacuí – Figura 3) no centro do estado.

Figura 3: Localização da bacia hidrográfica do Alto Jacuí no centro do Rio Grande do Sul
Fonte: Adaptado do Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2009.

O trecho da bacia do rio Jacuí além de comportar o reservatório da UHE Passo Real para aproveitamento energético apresenta a sua montante o reservatório de Ernestina e a jusante os reservatórios Salto do Jacuí, Itaúba e Dona Francisca conforme mostra o perfil topográfico indicado na Figura 4. Desse modo, a série de reservatórios influencia diretamente na dinâmica da água, pela entrada de sedimentos e substâncias de outras bacias de captação.

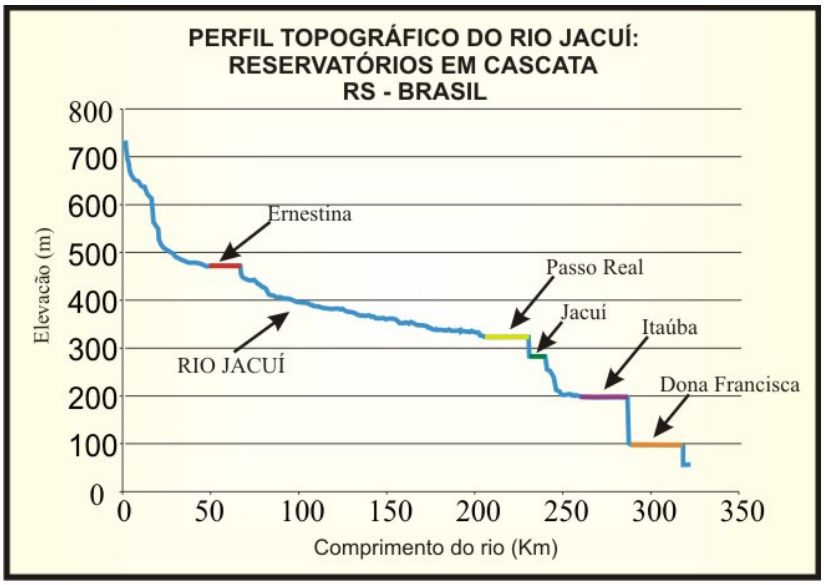

Figura 4: Perfil topográfico do alto curso Jacuí

De acordo com dados da Fepan (2009) a precipitação média anual na bacia é variável, atingindo 1.600 mm no seu valor mais alto, e no seu valor mais baixo, em torno de 1.200 mm anuais. Em termos de formações florestais naturais, podem ser encontradas Floresta Estacional Decidual, bem como algumas áreas de Floresta Ombrófila Mista, a qual constitui o limite inferior de sua ocorrência natural.

Geomorfologicamente, a região de estudo situa-se numa faixa de transição do planalto meridional do sul do Brasil (Planalto e rebordo) para a Depressão central (áreas rebaixadas) formados a partir de sucessivos derrames de lavas do vulcanismo fissural mesozóico da Bacia do Paraná (formação serra geral com rochas vulcânicas basálticas) intercaladas por camadas de arenitos eólicos. Na região do planalto há intensa esculturação do relevo pela densidade da rede hidrográfica (entalhamento facilitado pela freqüência das juntas que diaclasaram os basaltos). Na topografia ondulada com o aspecto de coxilhas, se encaixam os cursos da água com a formação de vales (Friedrich, 1993).

De acordo com dados do IBGE (2009) a área de estudo (reservatório da UHE Passo Real e suas bacias de capação) foi colonizada em sua maioria por imigrantes alemães e italianos, com o desenvolvimento da agricultura e da pecuária para a subsistência, marcada pelo desmatamento intenso da vegetação primária. Dentre a diversificada produção de alimentos destaca-se cultivares de arroz, feijão, fumo, mandioca, batatas, e especialmente, trigo, soja e milho. Suínos e aves também foram relevantes para a sobrevivência dos imigrantes. Além disso, teve um período marcado pela presença de pequenas indústrias, olarias, moinhos, engenhos, dentre outros.

No início no século XIX, o rio Jacuí não era aproveitado para a geração de energia elétrica. No entanto, apresentava-se como principal via de acesso para os colonizadores atingirem o interior do estado, bem como pela disponibilidade água, de áreas planas e solos férteis para o desenvolvimento das atividades agrícolas e de pecuária. Desta forma, a região foi condensando pequenas comunidades as margens do rio Jacuí, e mais tarde, por toda a região.

A região do alto Jacuí possui um Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica– Comitê ALTO JACUÍ – criado pelo Decreto Estadual Nº 40.882, de 11/06/2001. Tem como membros 34 entidades representativas dos usuários da água, representadas da população residente na bacia e dos órgãos da administração direta das esferas estadual e federal, relacionados com recursos hídricos, conforme os artigos 13 e 14 da Lei Estadual nº 10.350/9.

1.2.1 Bacia hidrográfica do rio Jacuí

A bacia do rio Jacuí abrange, considerando o canal do rio principal, os municípios de Ibirubá, Selbach,Tapera, Alto Alegre, Victor Graeff e principalmente, Espumoso (margeia o rio Jacuí); ao norte, destaca-se Não-me-toque e Carazinho; à noroeste o município de Saldanha Marinho e Colorado; à leste Ernestina e, ao sul, o município de Soledade. As cotas topográficas da bacia variam de 428 (ao norte) à 730 metros (ao sul) de altitude. Na Tabela 1 são apresentados aspectos demográficos dos municípios que fazem parte da região em estudo.

Municípios	População total	Área (km^2)	Dens. demográfica (hab./ km^2)
Alto Alegre	1.940	115	16,86
Saldanha Marinho	12.638	319	39,61
Ernestina	3.010	239	12,59
Victor Graeff	3.080	238	12,94
Campos Borges	3.564	237	15,03
Colorado	3.744	286	13,09
Selbach	4.773	177	26,96
Tapera	10.457	180	58,09
Espumoso	14.991	783	19,14
Não-Me_Toque	15.228	362	42,06
Ibirubá	18.690	612	30,53
Soledade	29.926	1.213	24,67
Carazinho	58.196	930	62,57
	Total: 180.237	Total: 5.691	Média: 37.414

Tabela 1 – População, área e densidade demográfica dos municípios da bacia hidrográfica Jacuí
Fonte: IBGE, censo de 2007.

Os municípios que se distribuem na região de estudo apresentam, em geral, baixa densidade demográfica (que variam de 12 a 30 habitantes por km²). Essa baixa densidade demográfica está associada à maior concentração da população no setor rural. Isto pelo fato de sua base econômica direcionar-se ao setor primário, com o cultivo principal da soja e do trigo em pequenas propriedades. Em 2006, a média de produção da soja e trigo dos municípios alcançou em torno de 25 mil toneladas e em 2008 passou para 28 mil toneladas (IBGE – censo 2006 e 2008) A pecuária, por sua vez, destaca-se em seguida, ocupando extensas áreas, inclusive com vastos campos de pastagens. (Farenzena, 2006).

1.2.2 Bacia hidrográfica do rio Ingaí

Dentre os municípios dessa bacia (Tabela 2), Cruz Alta é o mais populoso, localizado ao norte da bacia, enquanto que Boa Vista do Incra e Fortaleza dos Valos, mais ao Sul, apresentam menor população. As maiores cotas altimétricas estão registradas no setor noroeste da bacia com 472 m de altitude. Por outro lado, a menor cota (408 m de altitude) caracteriza o setor sul. A seguir, na Tabela 2 são apresentados os municípios que fazem parte da bacia do rio Ingaí:

Municípios	População total	Área (km^2)	Dens. demográfica (hab./ km^2)
Cruz Alta	63.450	1.360	46,65
Fortaleza dos Valos	4.597	650	7,07
Boa Vista do Incra	2.447	503	4,86
	Total: 70.494	Total: 2.513	Média: 19.526

Tabela 2 – População, área e densidade demográfica dos municípios da bacia hidrográfica Ingaí
Fonte: IBGE, censo de 2007.

A grande maioria dos habitantes desses municípios, num primeiro momento, caracterizava-se por índios guaranis e, mais tarde, por pequenos agricultores que os colonizaram. As famílias dos colonizadores que se instalavam nas novas terras (via reassentamento de outros municípios) aos poucos foram estruturando suas moradas, suas terras e a mais tarde, a produção de grãos, suínos, aves e a implementação de equipamentos agrícolas (IBGE, 2009).

Em síntese, de acordo com o IBGE (2009), atualmente os municípios da bacia do rio Ingaí são constituídos de imigrantes germânicos e italianos. A economia baseia-se, principalmente, no cultivo da soja e do trigo em grandes propriedades. A produtividade agrícola de ambas alcançou em 2006, aproximadamente, a média de 61 mil toneladas enquanto que em 2008 reduziu para 58 mil toneladas (média feita pelos municípios, IBGE – censo de 2006 e 2008). Por outro lado, o desenvolvimento da pecuária ainda segue, em extensos campos da área.

1.2.3 Bacia hidrográfica do rio Jacuí Mirim

Historicamente o município de Santa Bárbara do Sul, localizado a oeste da bacia Jacuí Mirim, com cotas altimétricas que variam de 576m (ao norte) à 485 (ao sul) , foi um posto de criação de gado e vigilância, estabelecido pelos jesuítas dos Sete Povos das Missões. Por volta de 1871, deu-se o início da colonização pelos lusos, e, posteriormente, italianos, alemães e outros (IBGE, 2009). Na Tabela 3 são apresentados os municípios presentes na bacia.

Municípios	População total	Área (km^2)	Dens. demográfica (hab./ km^2)
Santa Barbara do Sul	9.122	971	9,39
Quinze de Novembro	3.561	224	15,89
	Total: 12.683	Total: 1.195	Média: 12,64

Tabela 3 - População, área e densidade demográfica dos municípios da bacia hidrográfica Jacuí Mirim
Fonte: IBGE, censo de 2007.

Devido às vastas áreas de terras e excelentes pastagens que caracterizavam o local nos primórdios da colonização, os animais ganhavam peso e eram comercializados saindo da localidade em grandes tropas para os saladeiros em Pelotas. Entretanto, atualmente a produção baseia-se na agropecuária. Em suas terras, há o cultivo do trigo, milho e da soja, bem como a criação de bovinos, ovinos e suínos (IBGE, 2009). A média de produção agrícola dos principais produtos temporários como o milho, a soja e o trigo somaram aproximadamente 44 mil toneladas em 2006, passando para 46 mil toneladas em 2008 (IBGE – censo de 2006 e 2008).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Bacias Hidrográficas

Com freqüência discute-se a questão do gerenciamento integrado dos recursos hídricos. No início dos anos 80 surgiram várias propostas para definir o uso eficiente dos recursos hídricos, principalmente, para desenvolver uma mais visão integrada e abrangente de planejamento.

A bacia hidrográfica (BH), como unidade de planejamento e gestão, foi considerada a unidade mais apropriada para o gerenciamento e a otimização dos usos múltiplos sob a ótica de um desenvolvimento sustentável (Tundisi, 2005). O autor destaca países como México, Chile, Argentina e Brasil pelo fato de já terem implantado mecanismos inovadores e criativos para a gestão das águas.

Rocha (1991) destaca que a bacia, sub-bacia, ou microbacia hidrográfica são formadas por divisores de água e uma rede padrão ou sistema de drenagem, caracterizada pela sua forma, extensão, densidade e tipo. Também podem ser definidas como uma área drenada por um sistema de cursos hídricos inter-relacionados e controlados por um divisor d'água que drena a água, material sólido e dissolvido, geralmente dirigido para um rio, lago, reservatório ou oceano.

Neste contexto, não se pode desassociar a interferência do homem sobre as bacias hidrográficas de forma contínua e desordenada, bem como, de outros elementos do meio ambiente, os quais podem acarretar efeitos adversos no espaço. Na maioria das vezes, os fatores naturais como a topografia, geologia, solos, clima e vegetação podem contribuir para os desequilíbrios. No entanto, associados às atividades antrópicas esses fatores são agravados, especialmente pelo manejo inadequado dos solos próximos dos corpos hídricos (Cunha, 2003).

Frente a isso, Tundisi (2005) reforça a idéia de um planejamento e gerenciamento integrado através de um monitoramento permanente como atividade fundamental. Para isso, é necessário o uso de um banco de dados e um sistema de informações que apresenta a real situação da unidade de estudo para, assim, possibilitar a implantação de medidas e/ou alternativas coniventes com as irregularidades.

Sobretudo, um novo modelo de tratamento do espaço em busca de um desenvolvimento adequado e sustentável, implica na observação, análise e estímulo a alguns pontos fundamentais. Neste caso, Bressan (1996) destaca a utilização de práticas de contenção de erosão, monitoramento da qualidade da água, rotação de culturas e reflorestamentos em encostas, ao longo de rios e reservatórios. Além de outros pontos a serem resgatados e considerados, estes são aspectos importantes a observar na análise das características do ambiente aquático frente a dinâmica do ambiente terrestre.

2.2 Reservatório

2.2.1 Integração com o ambiente terrestre

Isoladamente ou em cascata, o represamento de rios, seja para o abastecimento, navegação, recreação ou ainda para a geração de energia elétrica, pode ser considerado em suas denominações como uma represa, reservatório, açude (Esteves, 1998 e Tundisi *et al*, 2006).

No Brasil há um grande número de reservatórios tendo em vista que, em muitos casos, são considerados uma base para o desenvolvimento regional (Esteves 1998; Righetto 1998; Tundisi *et al*, 2006). Na produção de hidroeletricidade o Brasil concentra cerca de 85% da energia necessária ao país e 10% da energia consumida no âmbito mundial (Tundisi, 2005).

O ecossistema aquático de um reservatório caracteriza-se por um conjunto complexo de inter-relações, uma vez que fazem parte de sistemas maiores, as bacias hidrográficas, com características provenientes de ambientes adjacentes e das próprias bacias de captação que o complementam. No metabolismo de um reservatório, por exemplo, tem-se a estratificação térmica das colunas de água onde ocorre um aquecimento diferenciado. Em tese, são definidos três níveis de densidades: o epilímnio – camada superior mais quente e menos densa; o metalímnio – camada intermediária e o hipolímnio – camada profunda e mais densa (Tundisi, 1988 e Righetto, 1998).

Além disso, de acordo com Tundisi *et al* (2006), a morfometria do sistema aquático, padrão dentrítico na maioria dos casos, abrange vários compartimentos, reforçando a preocupação com sua conservação e manejo. A baixa declividade das áreas alagadas associadas a reservartórios devem ser consideradas pela heterogeneidade espacial que apresentam – variabilidade horizontal com reprodução de peixes e eliminação de nitrogênio e fósforo, por exemplo. Conforme Esteves (1998) a alteração do pH, por exemplo, apresenta mudanças químicas no solo das áreas alagáveis por inundação, das quais há mobilização de determinados íons e precipitação de outros.

Estudos comprovam alterações significativas na situação ambiental do meio aquático nos primeiros anos após um represamento. Algumas das principais alterações desencadeadas são evidenciadas pelo aumento da taxa de sedimentação e modificações na flora e fauna do entorno da represa. Além disso, a inundação de áreas florestais e/ou agrícolas condicionada pela cota máxima normal de operação do reservatório pode condicionar variações nas características físicas e químicas da água; principalmente à jusante da represa, as alterações das características da água proporcionam conseqüências imediatas sobre a biota aquática (Branco, 1972; Esteves, 1998; Tundisi *et al*, 2006).

Como afirma Tundisi *et al* (2006), em situação de precipitação, a matéria orgânica em suspensão do reservatório aumenta, acarretando a redução da transparência da água e/ou do oxigênio dissolvido, definindo assim, diferentes tipos de água ao longo do sistema aquático. Sobretudo, o comportamento do ciclo hidrológico e a flutuação do nível do sistema são importantes características para a abordagem do funcionamento de um reservatório, tendo em vista que, em períodos de seca, como ocorre na região semi-árida do Brasil, há intensa decomposição de matéria orgânica e em outros casos, sofrem com as altas salinidades, inadequadas para o uso doméstico e o cultivo de organismos.

Entre suas potencialidades e limitações, um reservatório pode comportar alta capacidade para a solubilização de compostos orgânicos e inorgânicos, além de gradientes verticais e horizontais, visto que se tornam evidentes através da distribuição desigual da luz, nutrientes, temperatura, dentre outros. Destaca-se também um baixo teor de sais dissolvidos o que, para a maioria dos organismos, condicionam adaptações no sentido de manter o equilíbrio osmótico entre os líquidos internos e o meio. Frente a isso, a alta densidade e viscosidade da água também proporcionam adaptações dos organismos aquáticos, uma vez que reduz o efeito de resistência do meio à locomoção (Esteves, 1998).

Perante isso, a formação de grandes lagos artificiais além de condicionar complexidades no seu funcionamento, pode acarretar alterações na ambiência com os impactos, visto a diversificação dos usos múltiplos.

Neste contexto, o autor Tundisi (2006) em dois estudos de casos realizados no reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães (Lajeado, TO) e nos reservatórios de abastecimento público de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), discute a questão de reservatórios como ecossistemas e como sistemas complexos, a gestão integrada desses sistemas complexos, bem como o gerenciamento de reservatórios no Brasil.

Para o primeiro estudo de caso, represa do Lajeado no Tocantins, discute medidas de conservação e gerenciamento de bacia hidrográfica, dentre as quais destacam-se: caracterização do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica e a caracterização limnológica e monitoramento da qualidade da água do rio Tocantins antes do enchimento do reservatório. Além disso, destaca também a necessidade de gestão a partir de municípios a fim de impulsionar e estabelecer planejamento a longo prazo sobre os usos da bacia hidrográfica e do entorno do reservatório. (Tundisi *et al*., 2006, pág. 11).

O segundo caso, o autor destaca como é necessário ampliar o conhecimento científico da dinâmica dos reservatórios, especialmente a hidrodinâmica e as relações com as forças externas, pois "... forças resultantes dos impactos das frentes frias que promovem mistura vertical e desestratificação térmica, portanto, apresentam conseqüências na qualidade da água em razão da remoção de sedimentos do fundo das represas e da distribuição de substâncias orgânicas dissolvidas e substâncias tóxicas na coluna de água." (Tundisi *et al*., 2006, pág. 9).

Frente aos casos abordados, o autor reflete que "o estudo limnológico e ecológico de reservatórios constituem uma base fundamental para seu gerenciamento e a fatura exploração sustentada de usos múltiplos." (pág 17). Nesse contexto, as informações conceituais adquiridas proporcionam, nos estudos de gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios, dado reservatório como ecossistemas, sistemas complexos, a ampliação de

alternativas e promove inúmeras perspectivas econômicas de uso e aplicação de ecotecnologias[1].

A pesquisa científica em reservatórios, é a busca de princípios unificadores e, centram de acordo com os autores Straskraba & Tundisi, 1999: a) a fase de enchimento do reservatório, que estabelece os futuros padrões de funcionamento; b) os mecanismos operacionais em nível de barragem; c) a regulação do fluxo de água qualitativos e quantitativas na água e na biota aquática do reservatório.

Em síntese, um reservatório está suscetível a muitas influências e evolui em resposta de acordo com a intensidade e valor destas, as quais podem ser conhecidas a partir do registro de informações sobre o reservatório. Informações advindas das condições climáticas, limnológicas e hidrológicas de cada curso de água que faz parte do reservatório, são de extrema relevância para entender a complexidade que o envolve.

2.2.2 Ação antrópica

Atualmente nos deparamos com interferências antrópicas que têm prejudicado muito a reciclagem dos recursos hídricos, é indispensável uma abordagem integrada de dados do ecossistema aquático e terrestre.

Dados revelam que o desmatamento de áreas florestais é um problema a nível mundial, pois reduz a biodiversidade, contribui para a modificação climática pela emissão de carbono para atmosfera, aumenta a vazão média e pode resultar na degradação do solo, além

[1] Gerenciamento e manejo de uma represa em busca da otimização de múltiplos objetivos, integrando práticas operacionais do sistema a fim de alcançar ou promover um desenvolvimento sustentável da área em questão. Righetto, 1998, pág.497.

de favorecer o assoreamento dos rios. No Brasil, o desmatamento teve um aumento acelerado principalmente nos anos 80, quando existia incentivo de financiamento para criação de novos espaços agrícolas (Tucci, 1993).

Para evidenciar o exposto, Tundisi (1999) reforça que "O desmatamento e a atividade humana de agricultura nas áreas próximas ao reservatório aumentam o grau de erosão e a lixiviação decorrente da ação das chuvas, carreando nutrientes e maiores quantidades de sedimentos para os rios e para o próprio reservatório, aumentando desta forma a turbidez.".

Para criar condições favoráveis ao desenvolvimento das atividades agrícolas, o preparo do solo exige a retirada de plantas daninhas, bem como de qualquer outra vegetação de cobertura do solo. Se o efeito dessa prática acarreta, por um lado, condições favoráveis para o desenvolvimento de culturas, por outro, implica na perda da qualidade das condições físicas ideais da superfície do solo (Souza, 2003). Isso decorre, principalmente, pela exposição da superfície à ação do impacto das gotas de chuva e do livre escoamento das águas (Albuquerque *et al*, 2002).

As influências que ocasionam os processos de erosão do solo caracterizam-se, muitas vezes, pelo manejo aplicado. No preparo conservacionista com a adoção da prática de plantio direto, por exemplo, o não-revolvimento do solo pode proporcionar a consolidação da superfície em alguns tipos de solo. O sistema de plantio direto é composto por um complexo ordenado de práticas agrícolas, como técnicas de manejo das culturas (a exemplo, rotação de culturas), a presença da palha das espécies cultivadas anteriormente na superfície do solo (a qual proporciona uma maior estabilidade estrutural do solo, maior densidade, menor porosidade total), dentre outras que proporcionam melhores condições de infiltração de água, ao mesmo tempo em que reduzem a perda por escoamento superficial (Andrade, 2008).

Já no sistema de preparo convencional, há operações de aração do solo em busca do nivelamento da superfície. Assim, o solo é essencialmente revolvido, sem a devida cobertura de vegetação, condicionando lixiviações em situação de precipitação intensa e várias conseqüências, principalmente na perda de solos.

Em estudo realizado na bacia experimental de Sumé, PB, por Albuquerque *et al* (2002) a adoção de parcelas de cobertura de solo com caatinga nativa e com cobertura morta confrontadas com parcelas de superfície descobertas e desmatadas evidenciou que o tratamento de solo com as duas primeiras parcelas mostraram-se melhores que o tratamento com as duas últimas parcelas, pois obteu-se 99% na redução de perdas de solo. Isso verifica-se pelo fato que a cobertura da superfície do solo com caatinga nativa ou cobertura morta,

condicionaram um aumento significativo da infiltração de água no solo, contribuindo para reduzir a erosão hídrica.

Aliado a essa questão e muito importante também, é a função ambiental das matas ciliares no entorno dos sitemas hídricos as quais, muitas vezes, são totalmente erradicadas. Consideradas áreas de preservação permanente e protegidas por legislação estadual e federal, as matas ciliares, possuem função protetora mantendo condições adequadas para a sobrevivência e reprodução da ictiofauna. Desta forma, Carmo (2002) caracteriza a importância da função protetora da mata ciliar na regularização e manutenção da vazão dos cursos hídricos, funcionando como filtro para adubos e agrotóxicos, diminuindo as perdas de solo para o ecossistema aquático e ainda preservando animais e vegetais.

Neste aspecto, a recuperação dessas áreas torna-se necessária, porém, insuficiente uma vez que abrange um contexto amplo nas políticas de gestão ambiental. Para tanto, nesse sistema de gestão ambiental, tem-se a falta de uma fonte de dados com informações básicas da paisagem. Essas informações são extremamente necessárias em projetos ambientais, sendo um auxílio na recomposição de áreas deterioradas, bem como no manejo e na conservação do solo e da água em microbacias hidrográficas.

2.3 Compartimentos aquáticos

2.3.1 Efeitos da variação dos parâmetros limnológicos na qualidade da água

No estudo de um sistema dinâmico como o reservatório, há vários tipos diferentes de estímulo e intervenção. Nesta concepção, as inter-relações que se desenvolvem no reservatório e seu entorno, expressamente dinâmico, é o que o caracteriza e o define em vários compartimentos aquáticos – tipos diferentes de água.

De acordo com Tundisi (1988), diversificadas são essas intervenções, evidenciadas pela coleta e análise de dados de temperatura, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio total, clorofila, turbidez, sólidos dissolvidos, condutividade, pH, dióxido de carbono e sedimentação. Por outro lado, a produtividade primária, a biomassa planctônica, a fauna

microbiana e bêntica (envolvendo sedimentos e suportes submersos), além dos peixes (sua população e dinâmica), também são importantes para compreender a dinâmica de um reservatório. Algumas das variáveis, o oxigênio, nitrogênio e o fósforo, por exemplo, quando em teores inferiores a determinados valores, são consideradas limitantes para a formação progressiva da biomassa (Righetto, 1998).

Seguindo as idéias de Righetto (1998), tem-se ainda que, dependendo das dimensões das bacias de captação e do reservatório, os variados microorganismos e as espécies vegetais e animais dependem, essencialmente, de nutrientes provenientes das bacias que deságuam no reservatório, além de fatores relacionados com a dinâmica bioclimática e ações antrópicas.

Quando a produtividade do meio aquático é progressiva, ocorre a eutrofização, denominada pelo autor Harris (1995) como um processo através do qual corpos d'água, tais como reservatórios, lagos, estuários, ou córregos de baixa movimentação, recebem excesso de nutrientes, os quais estimulam o crescimento excessivo de algas, plantas e ervas daninhas. Este reforço de crescimento das plantas, muitas vezes chamado de algas floridas (florações), reduz o oxigênio dissolvido na água e podem causar morte em outros organismos do ecossistema. Em reservatórios do Reino Unido, por exemplo, muitas vezes esse processo é resultado da política agrícola, da poluição doméstica e industrial (produção primária).

Contudo, em ambiente de rio há uma maior circulação da água e, conseqüentemente, uma maior quantidade de oxigênio dissolvido, bem como uma maior quantidade de nutrientes e sedimentos provenientes das bacias hidrográficas que compõem o sistema de reservatório. Por outro lado, valores menos elevados de oxigênio dissolvido (anoxia) e demais materiais e substâncias deve-se ao ambiente lêntico que se encontram, onde a circulação da água não é tanto – com a precipitação de sedimentos – embora haja uma maior ação do vento.

2.3.2 Variáveis limnológicas

Após inúmeras pesquisas desenvolvidas por ambientalistas e cientistas é notável a relação de dependência entre os ambientes aquático e o terrestre. Essa dependência evidencia-se pelo processo sistêmico em que se inserem os dois ambientes.

Com base nesta afirmação Mota (1997), enfatiza que os movimentos de terra, a impermeabilização do solo, e as atividades urbanas e rurais podem provocar alterações nos

sistemas hídricos. A qualidade da água, por exemplo, é identificada pelas alterações de suas variáveis limnológicas, como o TSS e a transparência da água, dentre outros parâmetros (Tucci, 1993).

Sob esta ótica, o desenvolvimento de estudos limnológicos em busca da compreensão científica de mecanismos de funcionamento de águas continentais, historicamente, tem-se intensificado nos últimos cem anos. O funcionamento dos lagos, rios, represas, áreas alagadas e águas temporárias no interior dos continentes estão expostos a impactos contínuos a partir das bacias hidrográficas. Estas, por sua vez, estão associadas fundamentalmente com a morfometria da bacia e dos lagos, do clima predominante, dos usos dos recursos hídricos, do tempo de retenção, bem como da caracterização da ocupação antrópica e suas atividades desenvolvidas (Tundisi, 2005).

Nestas condições, fica clara a questão do caráter multidisciplinar que a Limnologia abrange para o gerenciamento de águas. Sendo assim, por definição, "Limnologia é uma ciência interdisciplinar que integra estudos biológicos, químicos, físicos e geológicos para a compreensão científica dos mecanismos de funcionamento de águas continentais..." (Tundisi, 2005, p.177).

A coleta e análise de algumas variáveis limnológicas concentram dados importantes para a o entendimento das características que definem o reservatório. Estudos como a do reservatório Tucuruí/Pará realizado por Pereira Filho (2000) mostram que a atenuação da luz de modo diferenciado ao longo do sistema hídrico, uma vez que o aumento de partículas em suspensão ou total de sólidos em suspensão (TSS) provenientes, principalmente, de atividades inadequadas na agricultura, reduzem consideravelmente a zona eufótica (menor absorção da luz na coluna d'água); a quantidade de oxigênio; os fitoplâncton, bem como as macrófitas e comunidades de ictiofauna (Tundisi *et al*, 2006).

Nesses termos, a questão abordada está fortemente ligada com o comportamento espectral da água, tendo em vista que, o aumento das partículas em suspensão na água proporciona alterações no coeficiente de retroespalhamento, significativamente maior do que no coeficiente de absorção. Assim, ocorre uma queda acentuada na disponibilidade de energia para a realização do metabolismo aquático (Curran & Novo, 1988; Pereira Filho, 2000).

Um estudo realizado no reservatório Costa e Silva por Breunig *et al* (2007) destaca sedimentos límnicos orgânicos e inorgânicos, dos quais, o primeiro é representado pelo fitoplancton, detritos e microorganismos vivos e o outro, pelas partículas carreadas das bacias de captação do sistema hídrico.

A partir da concentração do TSS, estudos relacionados com a espectroradiometria da água – sob a ótica de conhecimento do comportamento espectral da radiação refletida e/ou emitida de diferentes alvos ao longo de um reservatório, por exemplo – tornam-se importantes na identificação de distintos compartimentos aquáticos. Além disso, a medida da profundidade do disco de Secchi (Kirk, 1983) possui correspondência com a transparência da água, uma vez que disco suspenso por uma corda graduada (em cm) desaparecerá rapidamente quanto maior for a quantidade de sedimentos em suspensão, ou seja, a profundidade Secchi registrada será menor.

Os ecossistemas aquáticos, na maioria das vezes, são considerados como forma de facilitar o crescimento de aglomerados urbanos e de áreas cultivadas. Como tem sido comentado, estes refletem as condições naturais e as atividades humanas desenvolvidas no seu entorno, podendo esta sofrer alterações, efeitos ou impactos no seu comportamento, dependendo do tempo e intensidade da mudança desses dois elementos (Cunha, 2003). Sem dúvida, as mudanças têm sido aceleradas, principalmente pela ação antrópica sobre o meio ambiente.

Em termos gerais, o desequilíbrio dos sistemas aquáticos, visto a criação de novos espaços agrícolas com a eliminação da vegetação, são fatores responsáveis pela elevação dos níveis de poluição da água, comprometendo o equilíbrio do ecossistema.

2.4 Geoprocessamento e sensoriamento remoto

Em Geoprocessamento, a utilização do sensoriamento remoto para aquisição de informações a serem estudadas na ação das políticas ambientais é de suma importância para a caracterização e interpretação das informações da superfície. Assim, baseadas nas idéias de Steffen *et al* (1981), Floid & Sabins (1986) e Novo (1998), o Sensoriamento Remoto é definido como uma tecnologia responsável pela coleta de uma infinidade de dados da superfície terrestre, capturando informações sobre determinados alvos sem que haja contato físico entre o equipamento sensor e o objeto.

Por outro lado, Fabrim (1995), afirma que as técnicas de sensoriamento remoto têm evoluído muito, a fim de identificar na superfície do terreno diversos elementos através da análise das imagens. A importância e vantagem do Sensoriamento podem ser vistas em vários

países e suas aplicações vão desde o mapeamento, monitoramento de recursos naturais à proteção de ambientes sensíveis a exploração e deterioração ambiental. O desenvolvimento computacional para as aplicações gráficas, de imagens e no campo de análise do ambiente – SIGs, por exemplo – evoluiu de forma acelerada, uma vez que há carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais.

Os sistemas de informações geográficas (SIGs) de acordo com Lisboa Filho (2002, p. 110) caracterizam-se em "sistemas computacionais que permitem a captura, armazenamento, manipulação, recuperação, análise e apresentação dos dados referenciados geograficamente".

Contudo, o sensoriamento remoto coexiste e interage com outras técnicas da ciência dos levantamentos das transformações ocorridas no espaço, incluindo a cartografia e SIG (Jensen, 200). Desse modo, com o avanço técnico científico e a preocupação cada vez maior da distribuição espacial dos fenômenos no cenário geográfico, bem como a importante necessidade de informações sobre o mesmo, o homem busca rapidez na obtenção das informações utilizando sistemas dinâmicos e de fácil comunicação para o armazenamento de dados, no caso, as técnicas de Geoprocessamento.

2.4.1 Levantamento do uso e cobertura da terra com imagens orbitais

A carência de informações sobre as restrições de uso da terra e ao planejamento adequado da sua utilização tem ocasionado freqüentes impactos negativos a ambiência. Os principais problemas relacionam-se com a utilização inadequada dos seus recursos naturais, sem considerar a legislação vigente e as limitações de uso das terras no processo de planejamento. Nesse contexto, a utilização do Sensoriamento Remoto e do SIG são eficazes para a definição e localização de áreas deterioradas, destacando, por exemplo, os solos que são ocupados fora dos limites de uso (Piroli, 1999).

Nesses termos, Rocha (1999) afirma que as imagens de satélite da superfície para o mapeamento do uso e cobertura da terra – levantando dados – tornam-se cada vez mais eficazes principalmente no que diz respeito as suas resoluções e periodicidade.

É evidente essa questão, uma vez que a recuperação, conservação e exploração sustentável dos recursos naturais exige conhecimento sobre o uso adequado da terra e da situação em relação aos efeitos das atividades antrópicas. Desse modo, o diagnóstico

envolvendo o mapeamento do uso e cobertura da terra pode auxiliar no planejamento racional de todo o ambiente em questão (Pedron *et al*, 2006).

Nesta concepção, o mapeamento do uso da terra com imagens orbitais tem por finalidade a obtenção de informações espaciais que uma dada área pode apresentar, numa perspectiva de avaliação sobre sua máxima capacidade de utilização sem riscos de degradação do solo, especialmente no que diz respeito ao carreamento de materiais e substâncias tóxicas para dentro dos corpos hídricos (Assad *et al*, 1998).

Contudo, o mapeamento de uso e cobertura da terra a partir de imagens de sensores remotos, permite a adoção de técnicas de avaliação e de diagnóstico que acompanhar a dinâmica espaço-temporal da superfície.

3 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia da pesquisa proporcionou quantificar dados dos ambientes terreste e aquático através da interpretação e análise integrada das relações espaço-temporais que ocorrem nesses ambientes. A definição das estratégias para obtenção das informações teve como base a construção de um banco de dados com o processamento de imagens de satélite e a identificação dos ambientes; as inspeções de campo para a coleta do material, o processamento dos dados em laboratório; e, a interpretação, análise e integração dos resultados considerando as relações entre os ambientes. A seqüência das etapas pode ser vista na Figura 5.

3.1 1ª fase – pré-campo: elaboração do banco de dados e identificação dos ambientes

A construção de um banco de dados geográficos (georreferenciado) foi necessária para definir as estratégias dos trabalhos de campo e, posteriormente, espacializar as informações adquiridas. Para construir a base de dados foram importadas para o aplicativo Spring (Câmara et al., 1996): a) cartas topográficas dos municípios de Cruz Alta, Santa Maria e Passo Fundo na escala de 1:250.000; b) imagens do satélite Landsat do sensor TM 5 (órbita/ponto 222/80 e 223/80) com resolução espacial de 30m e temporal de 16 dias, fornecidas gratuitamente pelo INPE (2008) para os períodos condizentes com as datas das coletas dos trabalhos de campo ou mais próxima possível; c) imagens SRTM resolução 90 m e 30 m disponibilizadas no site USGS.

A identificação do reservatório da UHE Passo Real, bem como de suas bacias de captação – as bacias dos rios Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí – foram digitalizados e individualizados por unidade com base nas cartas topográficas e imagens de satélite Landsat TM 5. A rede hidrográfica de toda área de estudo foi vetorizada juntamente aos seus limites levando-se em consideração a topografia, a declividade e os divisores de água.

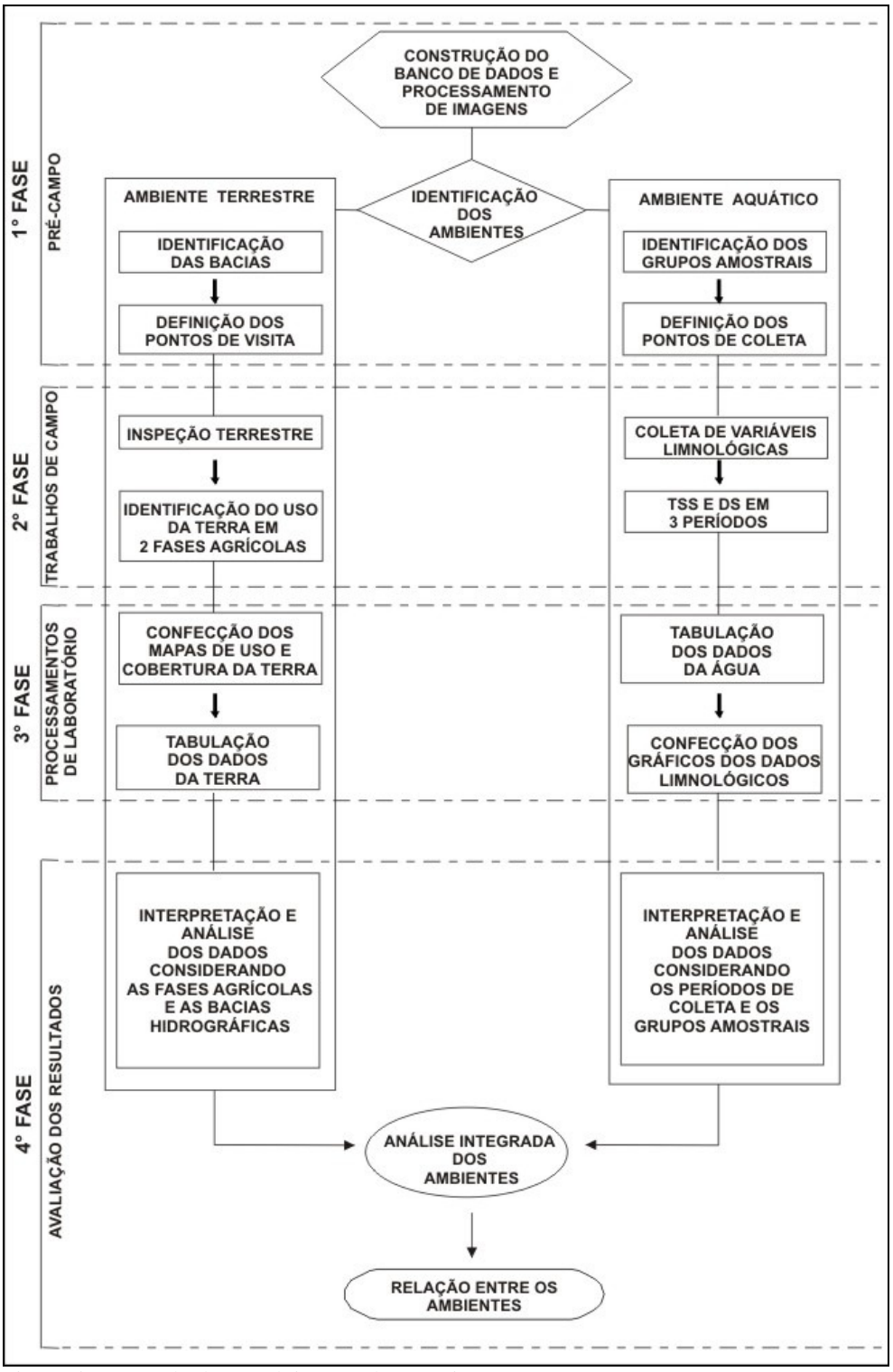

Figura 5: Etapas do desenvolvimento da pesquisa

Com a aplicação de uma técnica de melhoramento do contraste das imagens de satélite foram distribuídos nas áreas das bacias de captação, 15 pontos amostrais que apresentaram distintas formas de uso e ocupação das terras. O *GPS* foi utilizado durante a inspeção de campo para identificar esses pontos pré-definidos na imagem de satélite.

Para a coleta das variáveis TSS e DS foram definidos 22 pontos amostrais na imagem do satélite Landsat TM 5 nas bandas 321 RGB (contrastada) de 20-07-2007, os quais foram distribuídos em grupos e em diferentes setores do reservatório da UHE Passo Real (adaptada de Pereira Filho & Galvão, 1997). Esses grupos de coletas foram assim definidos: grupo Jacuí (o qual correspondeu o fluxo da entrada de água da bacia do rio Jacuí), grupo Jacuí Mirim (fluxo da entrada de água da bacia do rio Jacuí Mirim), grupo Ingaí (fluxo da entrada de água do rio Ingaí) e o grupo eixo principal (área central do reservatório).

3.2 2ª fase – trabalhos de campo: inspeção terrestre e coleta de variáveis limnológicas

Na segunda fase da pesquisa foram realizados os trabalhos de campo com a inspeção terrestre da unidade de estudo (nas bacias dos rios Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí) e as coletas das variáveis limnológicas *in situ* nos grupos amostrais definidos.

A inspeção terrestre contemplou a fase do desenvolvimento vegetativo das culturas da soja e do milho (março – 1ª fase agrícola) e a fase pós- colheita (2ª fase agrícola) com o solo grande parte exposto, e em outros casos, em preparo para o plantio das pastagens de inverno (maio) de 2009. As atividades antrópicas (práticas agropecuárias) foram observadas e as formas de uso da terra (os tipos de uso e ocupação, sistemas de plantio – direto ou convencional, a monocultura, a pequena ou grande propriedade) observadas em cada bacia.

A determinação em campo das variáveis do TSS (com coletas de amostras de água) e do DS (com medições da transparência da água) ocorreu nas datas: 06 e 07/02/2009 (1°), 17/04/2009 (2°) e 04/06/2009 (3°).

Os dados coletados e outras informações observadas sobre o entorno do reservatório (por exemplo, a vegetação ciliar e a presença de gado) e as condições atmosféricas (céu limpo, nublado ou com vento) foram devidamente registradas a fim de auxiliar nas análises futuras. Uma semana antes de cada coleta limnológica, dados de pluviometria da Defesa Civil (2009) foram utilizados para complementar a interpretação dos dados limnológicos. Fotografias digitais foram obtidas nos trabalhos de campo para evidenciar as situações encontradas nas diferentes épocas agrícolas e distintas bacias hidrográficas.

3.3 3ª fase – processamentos de laboratório: confecção dos mapas e gráficos

Na terceira fase da pesquisa os mapas de uso e cobertura da terra (ambiente terrestre) foram elaborados. As fases agrícolas contemplaram o desenvolvimento vegetativo da planta (março) e a fase pós-colheita com o solo exposto (maio) de 2009. Para elaborar esses mapas foram utilizadas imagens de satélite do Landsat do sensor TM 5 (30 m) referentes as datas 03/03/2009-26/03/2009 (1ª fase agrícola) e 22/05/2009-19/04/2006 (2ª fase agrícola), ambas mosaicadas.

A classificação das imagens foi feita de forma supervisionada por pixel, ou seja, seleção e delimitação manual de amostras para as classes: área florestal, solo exposto, cultura, campo e água. Áreas com sombra e nuvens também foram registradas em algumas imagens. A classificação das imagens em ambas as fases agrícolas teve um limiar de 100% de aceitação (para classificar todos os pixels) e posterior categorização das classes foi feita a análise das amostras pelo classificador *maxver*.

Os mapas das áreas de captação das bacias dos rios Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí para os período de março e maio foram elaborados na escala de 1: 400.000. As informações sobre as porcentagens de uso e cobertura da terra para cada fase agrícola foram espacializadas em gráficos e ilustrados em fotografias digitais para facilitar a compreensão e evidenciar os dados obtidos.

A identificação e análise do TSS nas amostras de água coletadas in situ ocorreu através da filtragem da água em laboratório (CETESB,1987), com a utilização de membranas HA em Ester de celulose, branca e quadriculada. Após a filtragem, as membranas foram pesadas e colocadas na estufa por 24 horas, a temperatura de 50°C. Após esse período, as membranas foram pesadas novamente. A diferença de peso entre as medidas corresponde ao TSS (incluindo os sólidos orgânicos e inorgânicos).

Para ilustrar a variação dos dados limnológicos de TSS e DS obtidas no reservatório elaborou-se um mapa com os diferentes tipos de água coletadas no reservatório e registradas via fotografias digitais *in situ*. Esse mapa evidenciou a problemática da pesquisa e facilitou um melhor entendimento das informações obtidas em campo, posteriormente organizadas em tabelas e discutidas em gráficos. Em seguida, os grupos amostrais definidos no reservatório foram espacializados em mapa e a localização dos pontos amostrais identificadas por letras. Os gráficos foram apresentados por grupo amostral e a média de precipitação foi calculada

para cada bacia de captação a partir das médias dos municípios, os quais foram identificados na caracterização da área de estudo.

3.4 4ª fase – avaliação dos resultados: interpretação, análise e integração dos dados: relação entre os ambientes

A interpretação e análise do uso e cobertura da terra em ambas as fases agrícolas foram discutidas para cada bacia de captação e posteriormente comparadas. Os dados do ambiente aquático (TSS e DS) foram discutidos por períodos de coleta e grupos amostrais do reservatório.

A partir das informações obtidas foram avaliados, de forma integrada, dados dos ambientes terrestre e aquático de acordo com as variações espaço-temporais. Por fim, estabeleceu-se a relação dos usos e coberturas predominantes nas áreas de captação com as informações limnológicas dos distintos compartimentos aquáticos da UHE Passo Real.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização do uso e cobertura da terra

A classificação do uso e cobertura das áreas para as distintas fases agrícolas – março e maio de 2009 – evidenciou a agricultura como base principal da economia da região em estudo. As principais atividades agrícolas de acordo com o IBGE (2009) caracterizaram-se pelo cultivo da soja e do milho na época do verão e no início do inverno a implantação de pastagens como o azevém e o nabo forrageiro. Além disso, a presença de áreas com atividades da pecuária com a criação de gado de corte e leiteiro também são características da região.

Na classificação do uso da terra identificada nas imagens de satélite de acordo com os elementos de interpretação (forma, tonalidade, textura e tamanho), a classe cultura agrícola caracterizou áreas destinadas ao cultivo, principalmente, da soja e do milho e pastagens representadas em vermelho. A classe campo consistiu em áreas com vegetação rasteira destinadas a pecuária (cor dourado escuro). A classe solo exposto apresentou áreas em pousio destinadas às atividades agrícolas e áreas urbanizadas, mostradas em amarelo. A classe da área florestal englobou as florestas nativas, plantadas, matas ciliares e capoeirões (cor verde). E por fim, a classe água identificou lâminas de água de rios e açudes (cor azul). Nuvens e sombra na imagem foram identificadas pelas cores cinza e preto, respectivamente.

4.1.1 Interpretação das imagens de satélite do dia 03-03-2009

A classificação do uso e cobertura da terra realizada para este período teve desempenho médio de 99,60% e 0,40% de confusão média. A confusão média ocorreu porque as amostras da classe cultura agrícola apresentaram similaridade espectral com as amostras da classe área florestal. O mesmo sucedeu com as amostras das classes solo exposto em relação ao campo. Além disso, a imagem de satélite utilizada apresentou cobertura de nuvens devido a aproximação de uma frente fria.

a) Uso e cobertura da terra na BH do rio Jacuí

O mapa do uso e cobertura da terra apresentado na Figura 6 corresponde a 423.430,47 hectares.

Uma extensa área, correspondente a 49,55% está ocupada com cultura agrícola, 21,80% com área florestal, 11,94% com campo e 13,42 % com solo exposto (Figura 7). A água apresentou valor <1%. Além disso, 1,96% da área foram classificadas com a cobertura de nuvens e 1,08% com sombra.

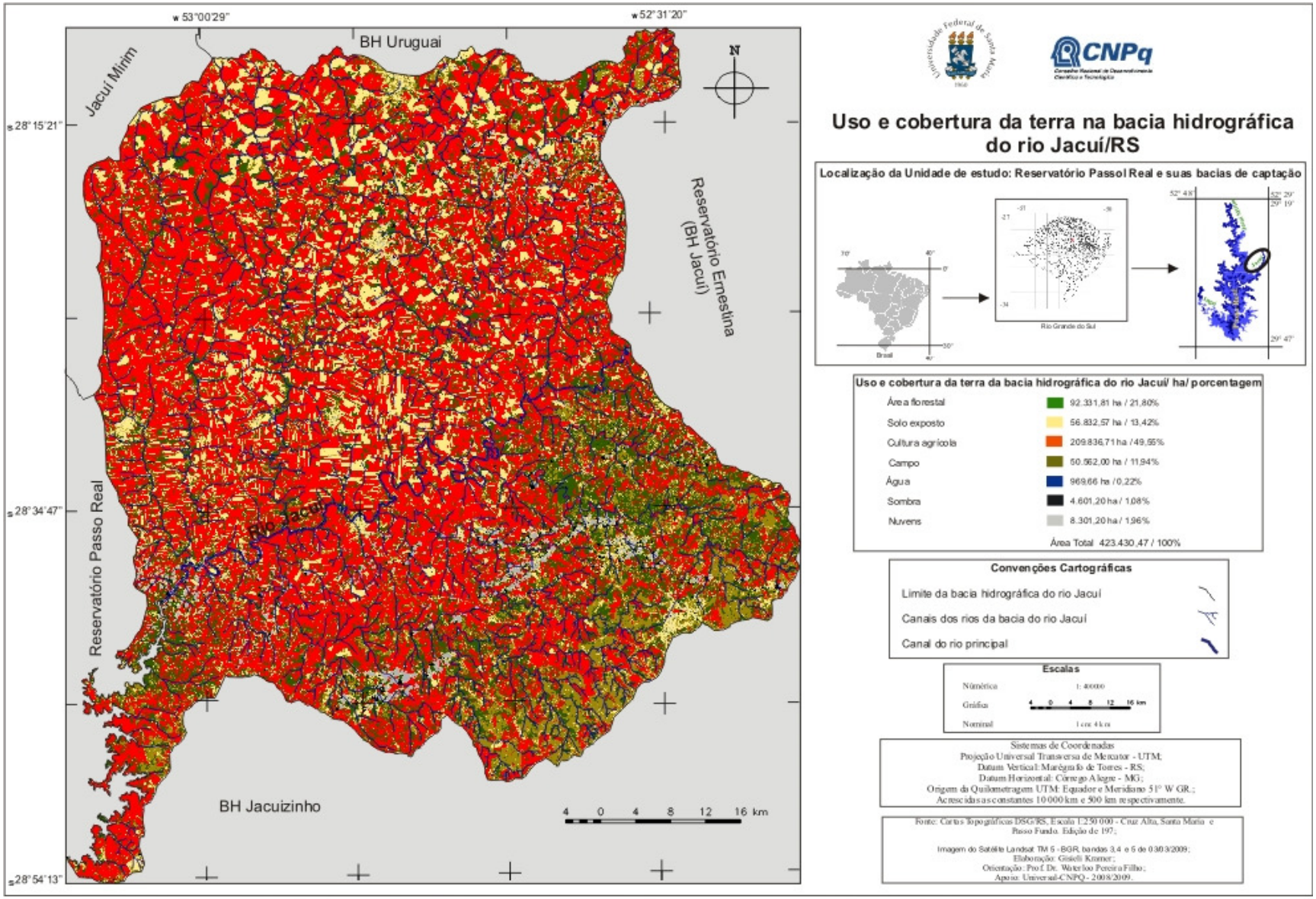

Figura 6: Distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jacuí/RS de 03-03-2009

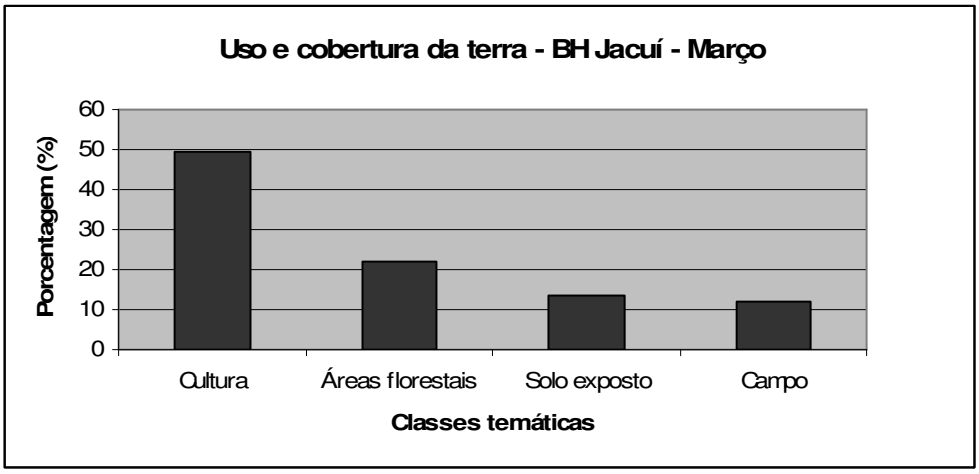

Figura 7: Distribuição das classes temáticas na BH Jacuí

A classe de uso cultura agrícola apresentou área classificada superior às demais classes. Essa questão é justificada pelo fato de que no mês de março – época da imagem de satélite Landsat TM 5 utilizada para a classificação – grande parte das terras encontram-se cobertas principalmente com o cultivo da soja e do milho (Figura 8). Com a presença dos cultivos agrícolas o solo exposto é reduzido a 13,42% nessa época.

Figura 8: Principais culturas da área no período de março

Grande parte das áreas florestais encontra-se principalmente ao sul da bacia[2] com a presença de vegetação nativa, florestas plantadas, bem como vegetação arbórea nas encostas (Figura 9-A). Entretanto, onde há o predomínio de um relevo com pouca inclinação que favorece o desenvolvimento da agricultura, as áreas florestais reduzem-se a capões isolados de vegetação (Figura 9-B).

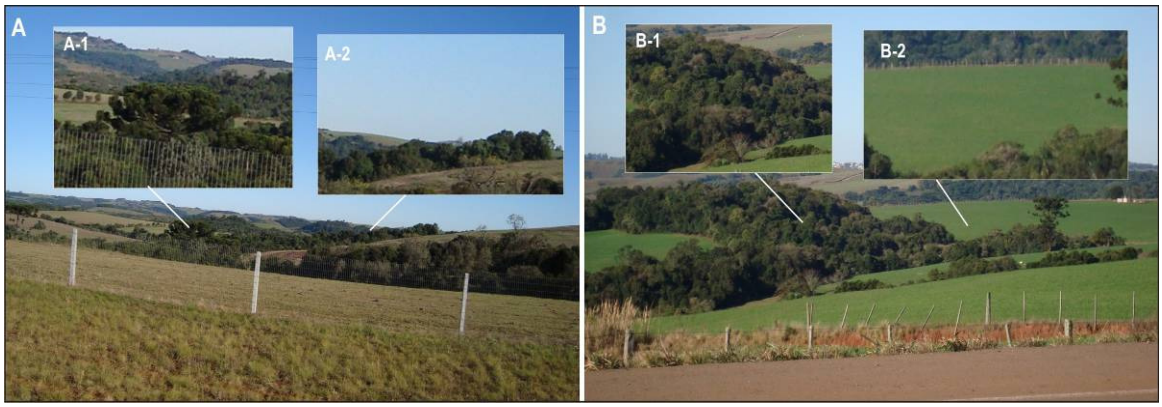

Figura 9: A (A1) - floresta de araucárias, A (A2) - vegetação arbórea, B (B1) - capões isolados, B (B2) - pastagem de inverno

Desta forma, em locais com relevo mais íngreme observa-se maior quantidade de áreas florestais. A mecanização e as práticas agrícolas restringem-se a porção sul da bacia. Entretanto, por também apresentar atividades de pecuária nesta porção, observa-se extensos campos (Figura 10).

[2] Nesta porção da área de estudo tem-se a transição de um relevo colinoso para um relevo dissecado, com declividade de 40%.

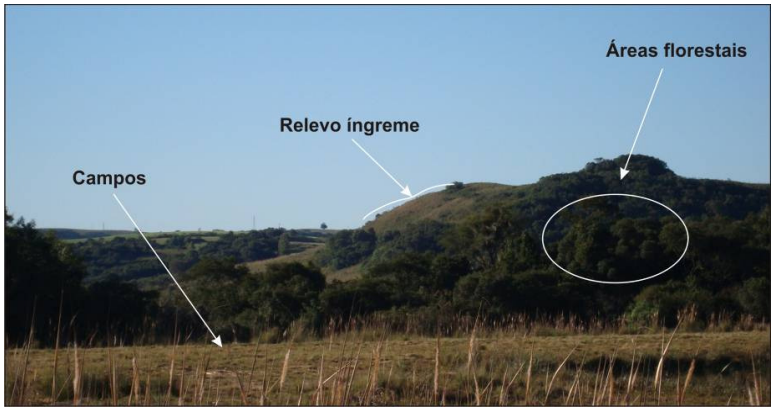

Figura 10: Relevo íngreme com a presença de vegetação e campos

O conhecimento do uso e cobertura da terra da área de captação da BH Jacuí é muito importante para a interpretação da dinâmica dos corpos hídricos adjacentes. A presença de sólidos em suspensão carreados para dentro dos corpos hídricos propiciam impactos diretos no sistema aquático da UHE Passo Real. Desse modo, as descargas de sedimentos provenientes da BH Jacuí, podem comprometer, a longo prazo, a vida útil desse reservatório. A preservação e conservação das áreas florestais, principalmente, são indispensáveis para amenizar o assoreamento dos rios e reservatórios.

b) Uso e cobertura da terra na BH do rio Jacuí Mirim

O mapa do uso e cobertura da terra apresentado na Figura 11 corresponde 157.182,75 hectares. Como se observa 61,46% do total classificado caracteriza-se com cultura agrícola e 14,68% com área florestal. Por outro lado, 14,19% predominam solo exposto, 7,96% campo e a água < 1% (Figura 12). A cobertura de nuvens e sombra soma valor de 1,46 %.

A bacia do rio Jacuí Mirim possui a maior parte de sua área ocupada pela classe cultura, destacando o cultivo da soja e do milho. O intenso uso agrícola é favorecido pelo relevo suavemente colinoso (Figura 13).

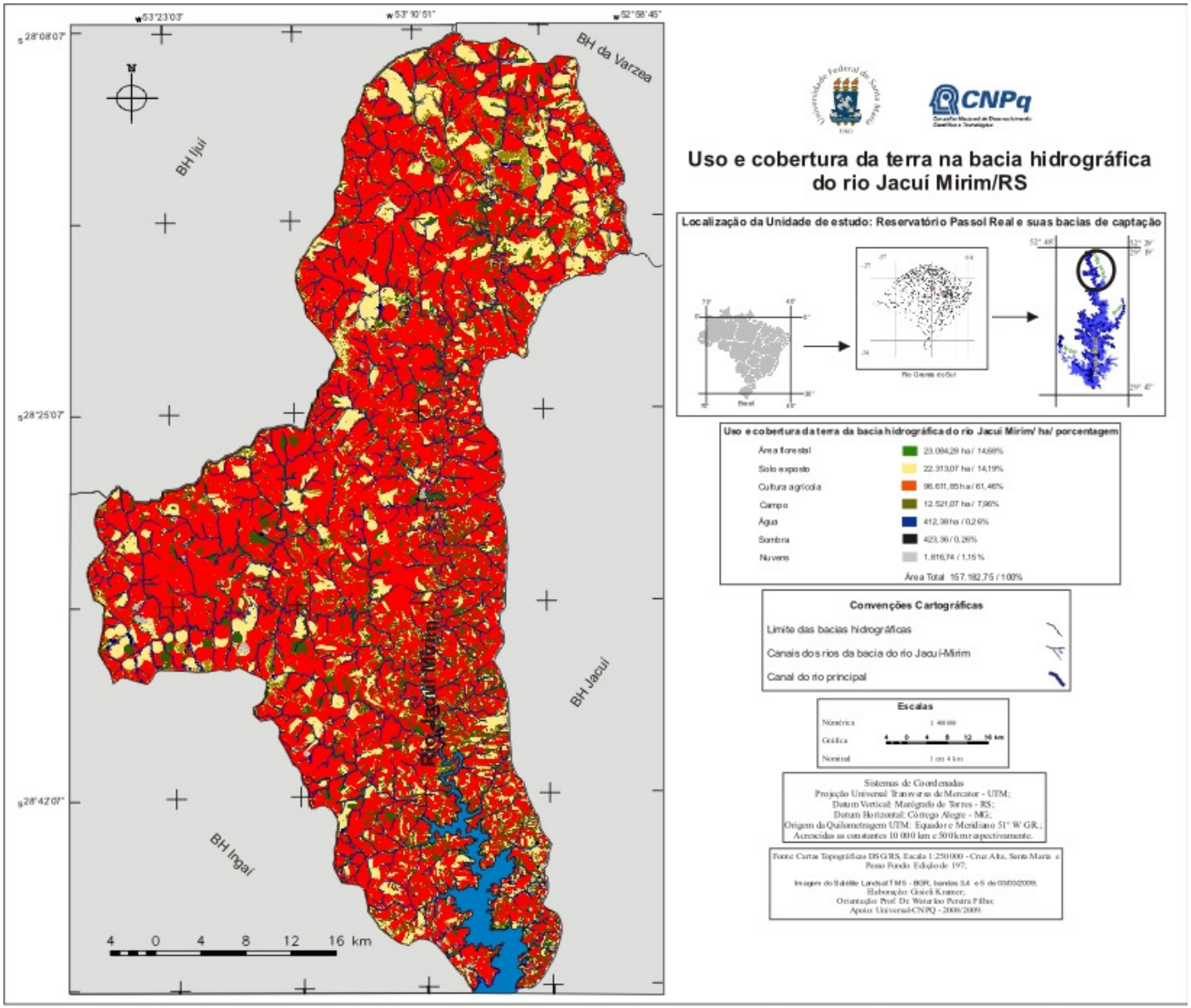

Figura 11: Distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jacuí Mirim/RS -03-03-2009

As áreas florestais restringem-se a pequenos capões isolados, algumas frações no entorno das nascentes e canais dos rios, bem como florestas plantadas (Figura 14). Práticas de pecuária na área são evidenciadas pela presença de algumas áreas de pastagens. No entanto, pelo fato da classe solo exposto apresentar resposta espectral semelhante à classe campo, ocorre a confusão de ambas no momento da classificação. Desse modo, o solo exposto, nesta época do ano, se sobressai e apresenta 14,19% da área dessa bacia.

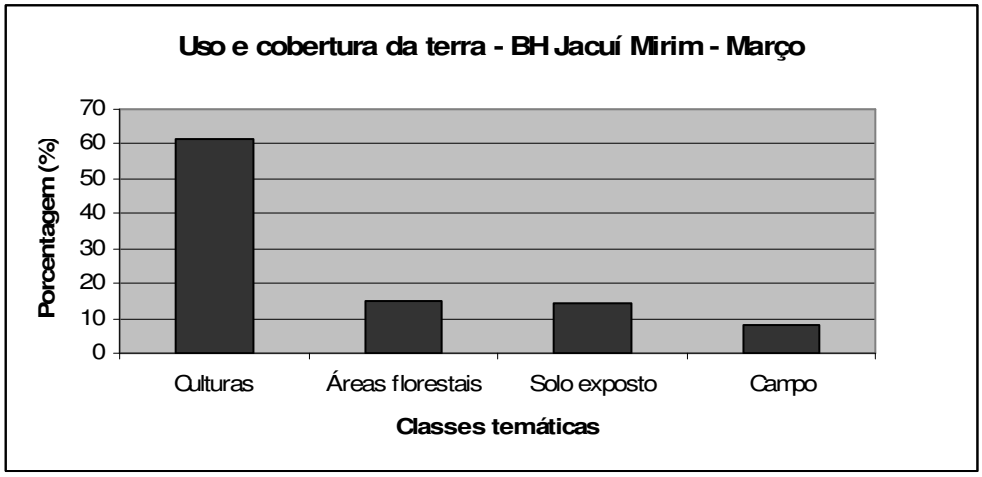

Figura 12: Distribuição das classes temáticas na BH Jacuí Mirim

Figura 13: Relevo suavemente colinoso com o predomínio de práticas agrícolas

Figura 14: Áreas florestais com floresta nativa e plantada

Estudos recentes de Kramer et al (2009) sobre os conflitos ambientais nas áreas de preservação permanente mostram que a bacia do rio Jacuí Mirim apresentou ocupação irregular em 50% de sua área. A partir disso, é evidenciado que o uso e ocupação da terra têm ocorrido sem considerar a legislação em vigor. A largura mínima de vegetação estabelecida por lei deveria ser respeitada e/ou receber práticas de recuperação. Sobretudo, essa questão confronta o sistema econômico do agricultor que induz a produzir cada vez mais, em novos espaços, sem considerar suas aptidões de uso.

c) Uso e cobertura da terra na BH do rio Ingaí

O mapa do uso e cobertura da terra da bacia do rio Ingaí (Figura 15) incluiu uma área de 114.671,16 hectares. Em torno de 56,51% dessa área identificou-se ocupação por cultura agrícola, 14,14% com área florestal, 14,81% com solo exposto, 9,25% com campo e > 1% de água (Figura 16). A cobertura de nuvens apresentou 2,84% e a sombra 1,72%.

A situação da bacia hidrográfica do rio Ingaí, como se observa, apresentou alto índice da classe cultura. A agricultura baseada em extensas propriedades, a área dispõe de vários pivôs para irrigação. O cultivo da soja e do milho nesta época possui maior destaque (Figura 17). No entanto, as práticas associadas à agricultura consistem no plantio direto como forma de proteção ao esgotamento da terra e à lixiviação após enxurradas. Por outro lado, atividades de pecuária com a criação de gado, sobressaem nos campos nativos.

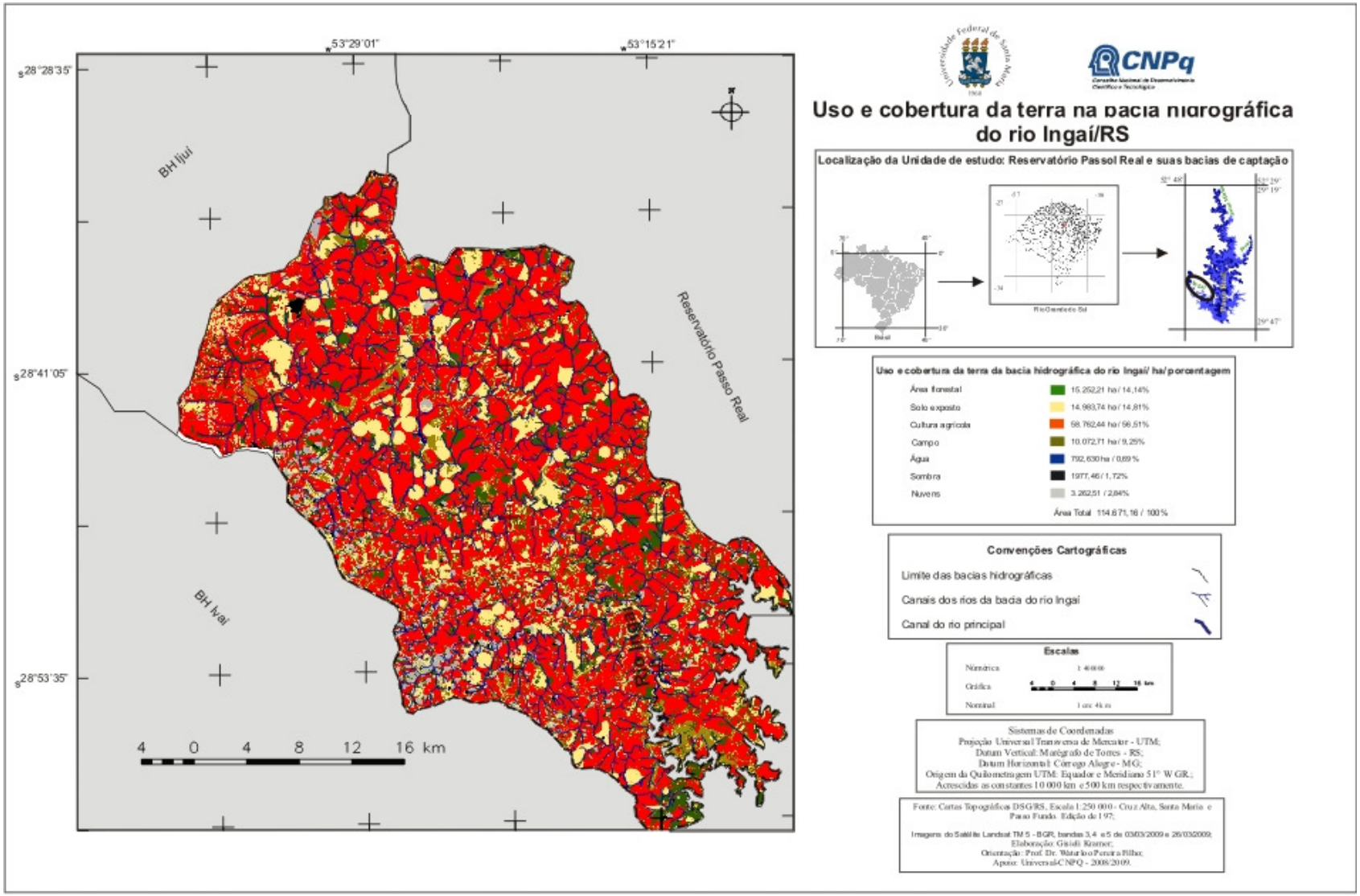

Figura 15: Distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Ingaí/RS - 03-03- 2009

A paisagem da área apresenta uma inclinação do relevo que varia de 10% a 15%, e as áreas florestais consistem basicamente de matas ciliares nas baixadas, em fundos de vales, capões isolados e florestas plantadas (Figura 18).

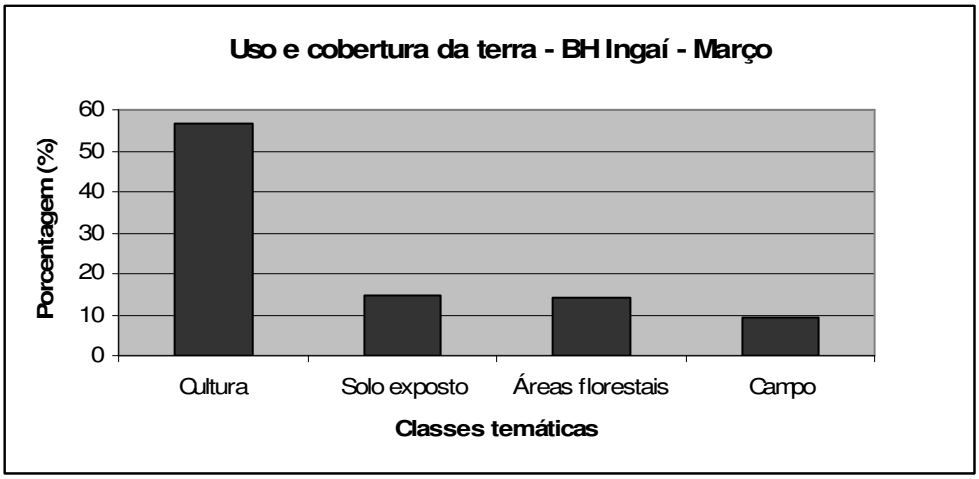

Figura 16. Distribuição das classes temáticas na BH Ingaí

Figura 17: Culturas agrícolas predominantes na área da BH Ingaí

Figura 18: Paisagem com a presença de áreas florestais

Salienta-se que em períodos de pós-colheita (solo exposto) e pluviosidade intensa os processos de erosão da terra são intensificados e, conseqüentemente, ocorre o aumento da turbidez e dos sólidos totais nas águas da BH Ingaí. Portanto, não se pode desassociar as interferências que ocorrem nessa bacia sobre os corpos hídricos subjacentes.

4.1.2 Interpretação das imagens de satélite do dia 22-05-2009

A classificação do uso e cobertura da terra neste período teve um desempenho médio de 99,39% e a confusão média de 0,61%. A classe área florestal e sombra apresentaram confusão das amostras por possuir semelhança espectral com as amostras da classe água. Desse modo, a água apresentou valores inferiores à realidade, mas que mascaram seus resultados em pequena escala (<1%).

a) Uso e cobertura da terra na BH do rio Jacuí

O mapa do uso e cobertura da terra na Figura 19 corresponde a uma área 423.430,47 hectares. A classificação nesta data apresentou 65,77% de solo exposto, 21,17% de área florestal, 9,42%

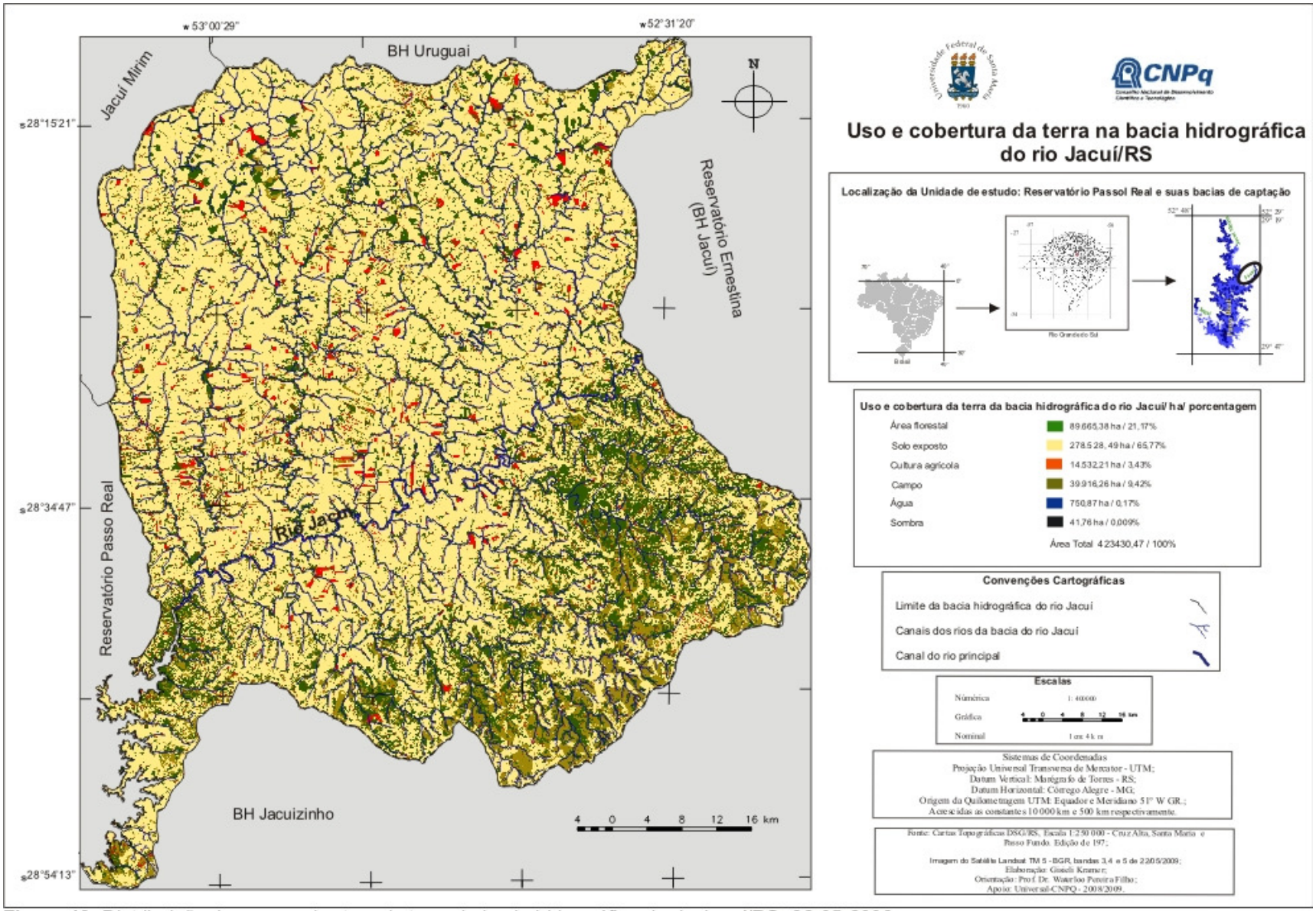

Figura 19: Distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jacuí/RS- 22-05-2009

de campo e 3,43% de culturas (Figura 20). A classe água, assim como a classe sombra, apresentaram área <1%.

A proporção de área encontrada para a classe solo exposto é explicada pelo fato da imagem classificada ser do período pós-colheita, ou seja, a terra que em março estava coberta pelas culturas da soja e do milho, no mês de maio apresenta um manto de palha seca (grande parte, lavouras com dessecante e/ou desfolhante, Figura 21). A cobertura da palha seca é uma pratica utilizada na área que serve para a adubação do solo e evita sua maior exposição aos processos erosivos.

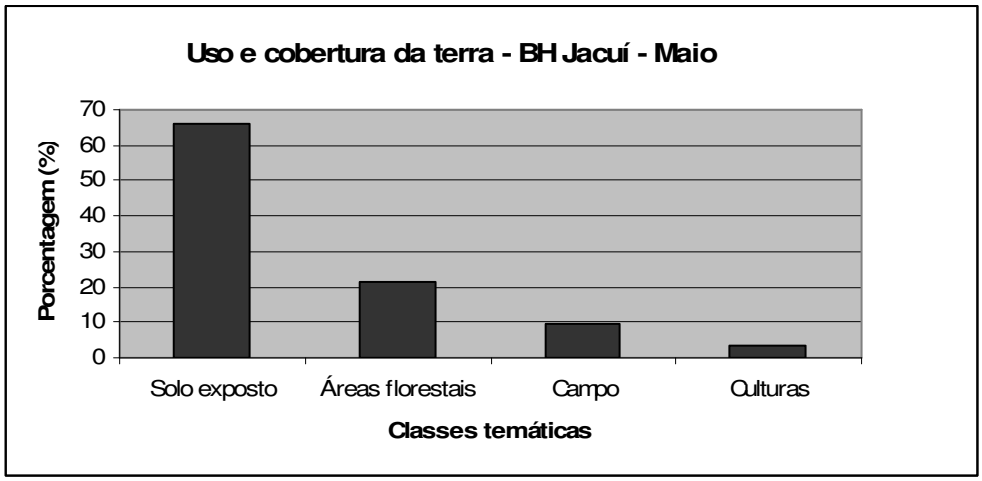

Figura 20: Distribuição das classes temáticas na BH Jacuí

Figura 21: Solo exposto com dessecante

Neste período também o incremento de pastagens de inverno é visível nessa área. Entretanto, em estágio de desenvolvimento inicial, as pastagens ainda não formaram um manto de cobertura verde da terra. Desta forma, o aspecto de solo exposto prevalece (Figura 22).

As áreas florestais neste período ressaltam com os capões isolados no meio das lavouras. O campo apresenta características de solo exposto (Figura 23).

As culturas são caracterizadas pela diversificação das pastagens de inverno com desenvolvimento de médio porte (Figura 24). Os solos bem drenados e normalmente profundos (latossolo vermelho) favorecem a diversificação das culturas.

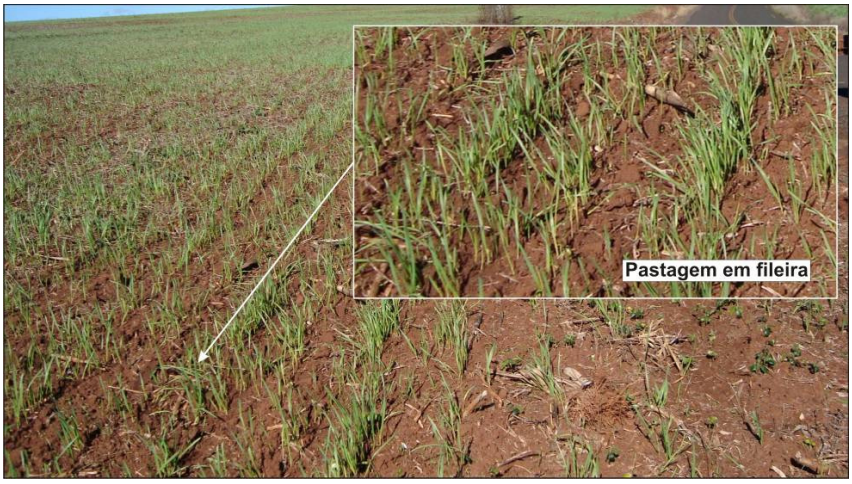

Figura 22: Pastagem de inverno (azevém) na fase de desenvolvimento inicial

Figura 23: C- capões isolados de vegetação; D(D1) - Campo característico de solo exposto e a presença de gado

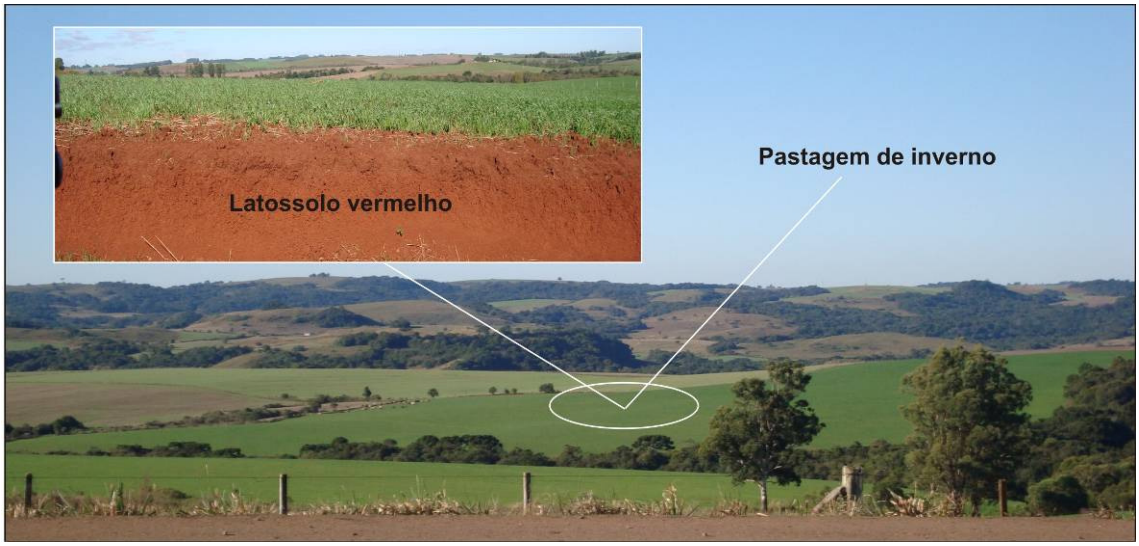

Figura 24: Cultura de inverno (azevém) com desenvolvimento de médio porte em solos profundos

b) Uso e cobertura da terra na BH do rio Jacuí Mirim

O total de área classificada para a BH Jacuí Mirim em maio foi de 157.182,75 hectares (Figura 25). Como abordado nas seções anteriores, o solo exposto destacou-se com 75,55% em relação às demais classes identificadas. Inversamente, a classe cultura agrícola apresentou 3,40%. Por outro lado, a área florestal restringe-se a 14,43% e o campo a 6,23% (Figura 26). As classes da água e sombra somaram <1%.

A área da BH Ingaí nessa época apresentou maior cobertura de solo exposto. Grande parte da terra está em fase de pousio enquanto que outras parcelas estão sendo preparadas para a plantação das pastagens de inverno. A agricultura envolvendo o cultivo de diversificadas culturas é a base da economia da área pesquisada, o que caracteriza a produção e reprodução do espaço.

As áreas florestais com 14,43% e os campos com 6,23% destacam-se em seguida e presença de culturas é pouco expressiva, 3,40%. A degradação dos ecossistemas florestais desde a chegada de imigrantes para a implantação da agricultura e pecuária abriu espaço para o cultivo em larga escala das culturas. A criação de gado sempre foi presente na economia da área, tanto para o consumo próprio da carne e derivados, como para a comercialização Desse modo, a situação ambiental configurada hoje no espaço geográfico remete ao passado colonial com o processo continuado de exploração ao longo das décadas.

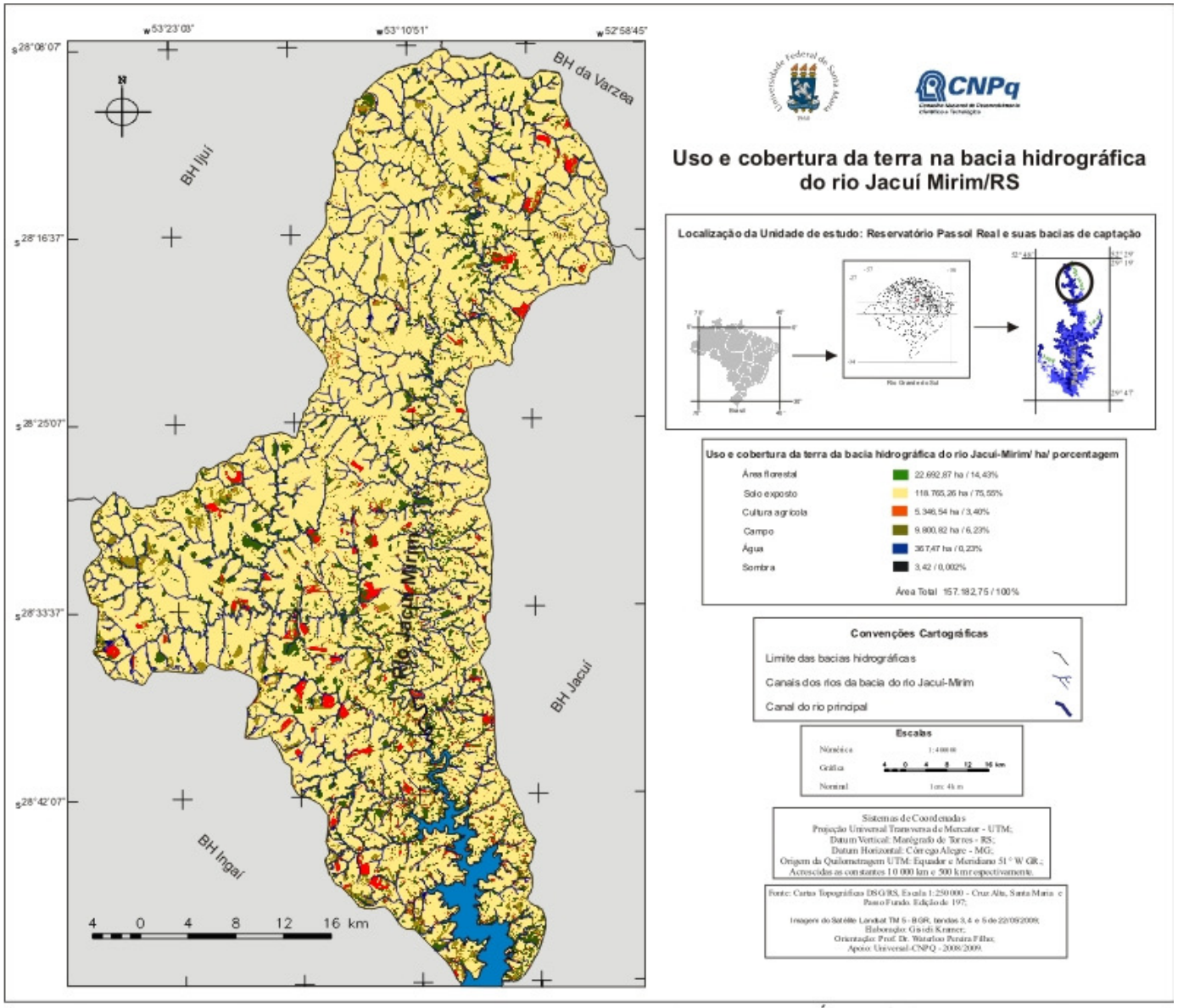

Figura 25: Distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio JacuÍ Mirim/RS de 22-05-2009

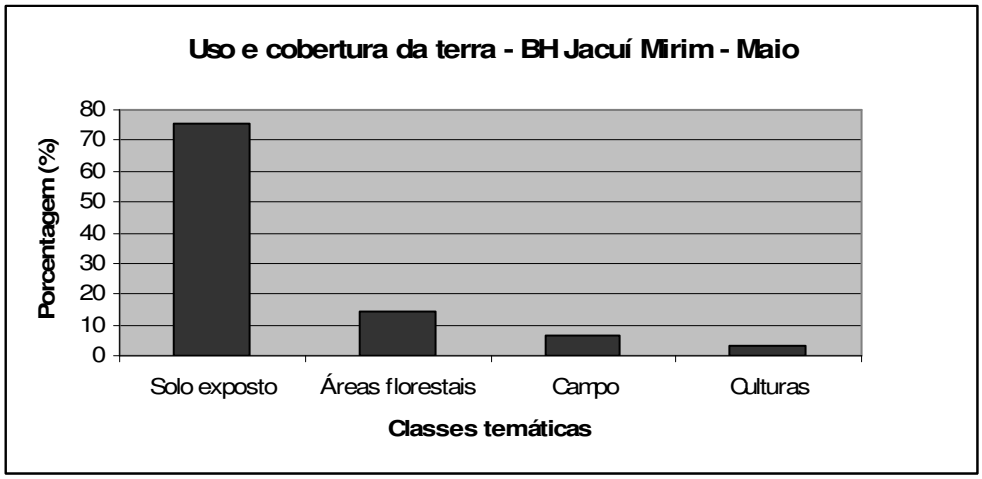

Figura 26: Distribuição das classes temáticas na BH Jacuí Mirim

c) Uso e cobertura da terra na BH do rio Ingaí

A Figura 27 apresenta o mapa de uso e cobertura da terra da BH do rio Ingaí num total de 114.677,28 hectares. O solo exposto ocupou 68,78%, seguido da área florestal com 13,97%, o campo com 13% e a cultura agrícola com 4% (Figura 28). As demais classes, água e sombra no caso, somaram 1,63%.

A paisagem da região (Figura 29) configura o contraste do solo exposto com a pastagem e a presença de floresta plantada. Além disso, irrigadas por pivô central e palhas de milho são constantes na área (Figura 30). Nesta época ainda, a terra está sendo preparada para a plantação do trigo.

As culturas com as pastagens de inverno são identificadas pelo cultivo do nabo forrageiro (adubação verde), da canola e do azevém. Pastagens consorciadas também são encontradas na área (Figura 31).

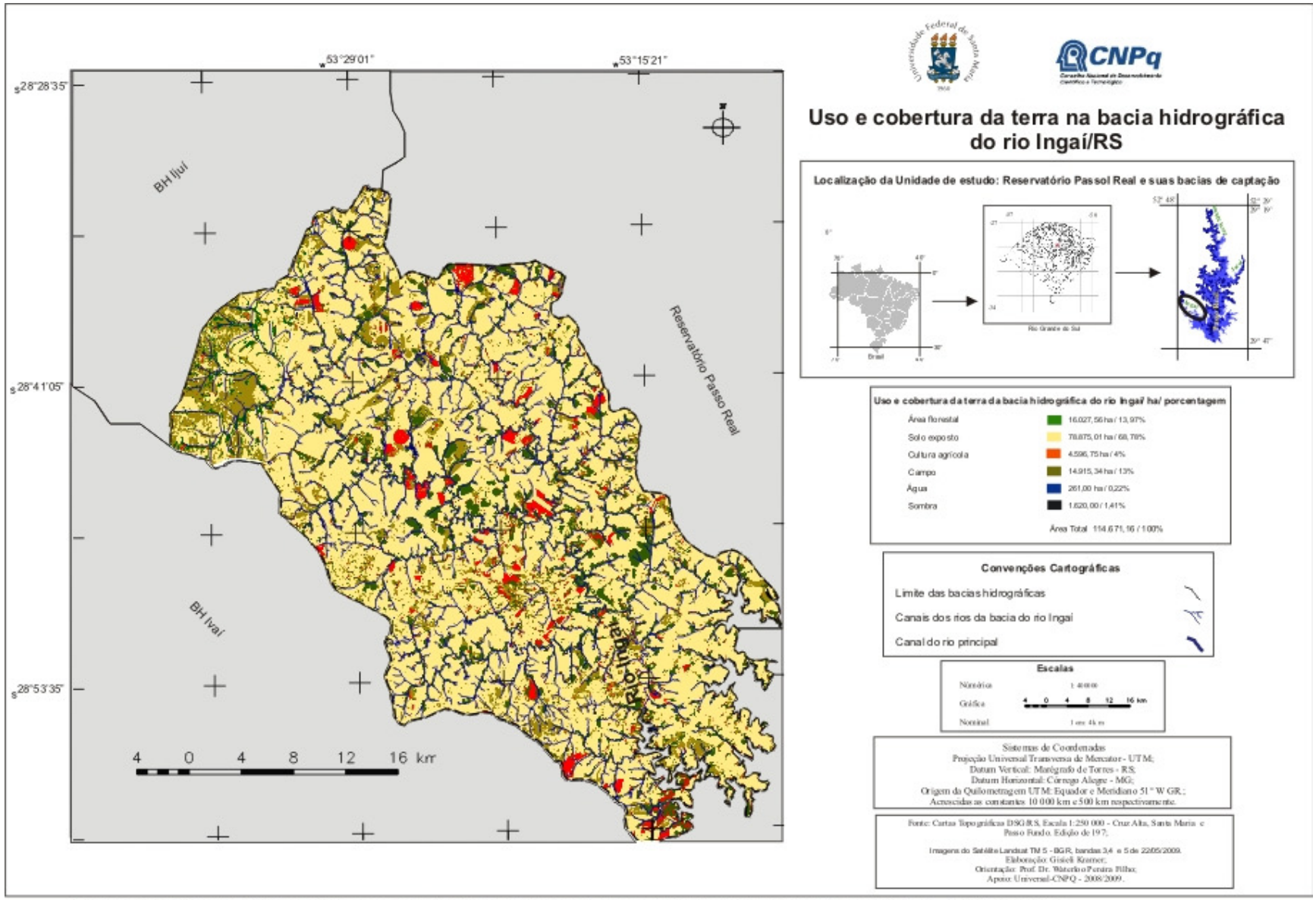

Figura 27: Distribuição do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Ingaí/RS - 22-05-2009

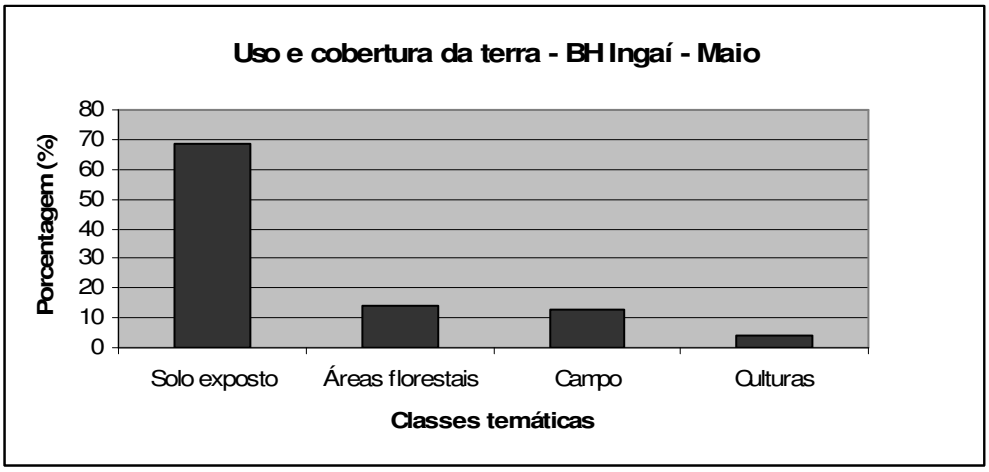

Figura 28: Distribuição das classes temáticas na BH Ingaí

Figura 29: Contraste do solo exposto e pastagem consorciada (azevém e nabo pequeno porte); ao fundo, floresta plantada de eucaliptos.

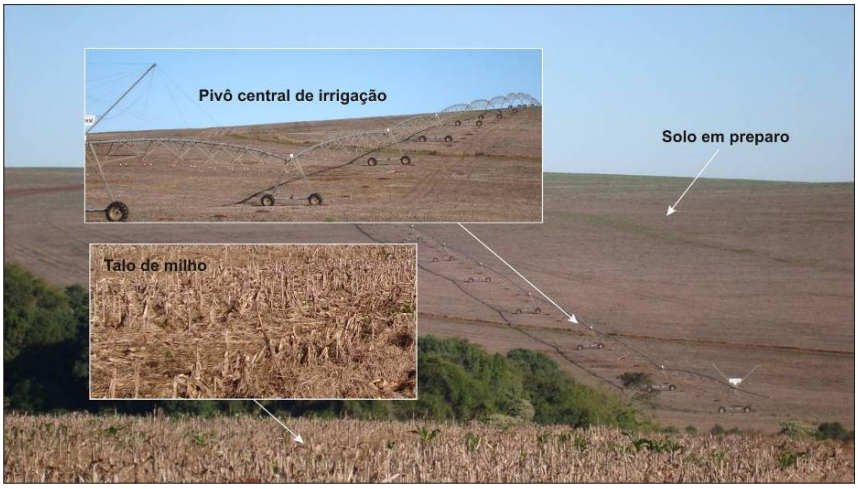

Figura 30: Terra em pousio e a presença de talos de milho e pivô central

Figura 31: E (E1) – plantação de nabo forrageiro; F (F-1) – plantação de nabo e azevém.

4.2 Análise do uso e cobertura da terra entre as três unidades de estudo

As proporções em área ocupada pelas classes de uso e cobertura da terra apresentados entre as bacias para o mês de março e maio estão relacionados com o tipo de propriedades observadas na área.

A região da bacia do rio Jacuí apresenta em sua maioria propriedades pequenas com a diversificação dos usos e coberturas (em parte, produção para subsistência). Nas demais bacias têm-se uma tendência a propriedades grandes com o uso e cobertura predominantemente da soja e do milho (extensas fazendas). Desta forma, para o mês de março a região do Jacuí Mirim e do Ingaí apresenta índices superiores da classe cultura (61,46% e 56,51%) que na região do Jacuí (49,55% – Quadro 1).

	Bacias hidrográficas do Alto Jacuí - 2009					
Área total (há)	695.285,38					
Área por unidade de bacia (ha)	423.430,47		157.182,75		114.671,16	
	Jacuí (%)		Jacuí Mirim (%)		Ingaí (%)	
	Março	Maio	Março	Maio	Março	Maio
Cultura agrícola	49,55	3,43	61,46	3,40	56,51	4
Área florestal	21,80	21,17	14,68	14,43	14,14	13,97
Solo exposto	13,42	65,77	14,19	75,55	14,81	68,78
Campo	11,94	9,42	7,96	6,23	9,25	13
Água	0,22	0,17	0,26	0,23	0,69	0,22

Quadro 1 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra nas bacias

A ocupação por áreas florestais apresenta maior valor na bacia do rio Jacuí sendo formada pelos capões isolados em grande parte da área. Há uma maior presença de floresta nativa e floresta plantada na região sul da bacia devido à conformidade do relevo (declividade acima de 40%). Embora haja a presença de matas ripárias, capões isolados e florestas plantadas nas bacias dos rios Jacuí Mirim e do Ingaí, estas são encontradas em pequenas frações nos fundos de vales, nas colinas esparsas e no entorno dos canais dos rios, pois o relevo colinoso suave propicia o desenvolvimento, em larga escala, da agricultura. Contudo, o maior valor de áreas florestais foi mapeada na região da bacia do rio Jacuí em março (21,80% contra 14,68% e 14,14%) e em maio (21,17% contra 14,43% e 13,97%) (Quadro 1).

O solo exposto no mês de maio destaca-se fortemente nas três regiões hidrográficas. Esse resultado confirma a intensa exploração agrícola das áreas, uma vez que a terra está sendo preparada para a plantação de outras culturas (por exemplo, as pastagens de inverno). Na área das bacias dos rios Jacuí Mirim e Ingaí os valores de solo exposto são superiores àqueles da bacia do rio Jacuí, tanto na fase do amadurecimento da planta em março (com 14,19 e 14,81%) como na época da pós colheita com maiores índices (65,55% e 68,78%, respectivamente) (Quadro 1).

Toda a região do Alto Jacuí apresentou atividades de pecuária. Desta forma, os campos são encontrados nas três regiões hidrográficas. Na área da bacia do rio Jacuí, principalmente na porção sul, com a presença densa de campos nativos e um relevo dissecado, o valor da classe campo apresentou 11,94% da classe (Quadro 1).

A classe água obteve um índice de 0,69% na área da bacia do rio Ingaí pela presença de inúmeros corpos hídricos isolados (açudes) devido os pivôs de irrigação em grandes propriedades. Com o mesmo caso, a região do Jacuí Mirim, destaca-se em seguida.

Sob a ótica de análise ambiental, os sedimentos carreados para dentro dos sistemas hídricos em momentos de precipitação intensa são condicionados, em sua maioria, pelos índices de solo exposto destacados na fase pós-colheita, principalmente para as bacias dos rios Jacuí Mirim e Ingaí. No entanto, a bacia do rio Jacuí, ao comportar aproximadamente três vezes mais área que as demais bacias (423.430,47 ha contra 157.182,75 ha e 114.671,16 ha), apresenta uma contribuição maior de descargas de sedimentos e nutrientes para os sistemas hídricos, considerando a UHE Passo Real como receptora principal, por localizar-se entre as três bacias.

Além disso, a questão do manejo local da terra também contribui para a qualidade ambiental dos sistemas hídricos. A prática convencional, disseminada em grande parte nas pequenas propriedades, envolve o revolvimento da terra através do manejo convencional

(aração da terra, conseqüentemente perda de solo). Desse modo, as condições físicas ideais da superfície do solo são facilmente desintegradas e carreadas durante as precipitações.

Por outro lado, as práticas conservacionistas como o plantio direto, conservação da palha de espécies anteriores, adubação verde (cultivo do nabo forrageiro como forma de devolver nitrogênio ao solo), utilizadas nas médias e grandes propriedades, são boas práticas para aumentar a infiltração do solo e diminuir o escoamento superficial. No entanto, a aplicação indiscriminada de agrotóxicos deve ser considerada, pois pode contribuir para a degradação da qualidade ambiental.

Contudo, a classificação das imagens para o mês de março apresenta uma menor exposição da terra do que a classificação no mês de maio. A partir disso, a tendência dos sistemas hídricos é receber maiores taxas de materiais e substâncias no mês de maio associados muitas vezes às precipitações.

4.3 Características limnológicas do reservatório da UHE Passo Real

A desestabilização do sistema aquático, por exemplo, ocorre à medida que a variável TSS (total de sedimentos em suspensão) é alterada. Estudos sobre o TSS na UHE de Passo Real apresentaram alterações importantes nas características dessa variável, tendo em vista as diferenciações nos padrões de água ao longo do sistema hídrico.

Associado ao TSS, medidas da profundidade de Secchi (variação da transparência da água) também ajudam a entender a dinâmica da água no reservatório. Para evidenciar os fatos, a Figura 32 apresenta a seqüência de imagens (registradas *in situ*) que definem os diferentes tipos de água da UHE Passo Real.

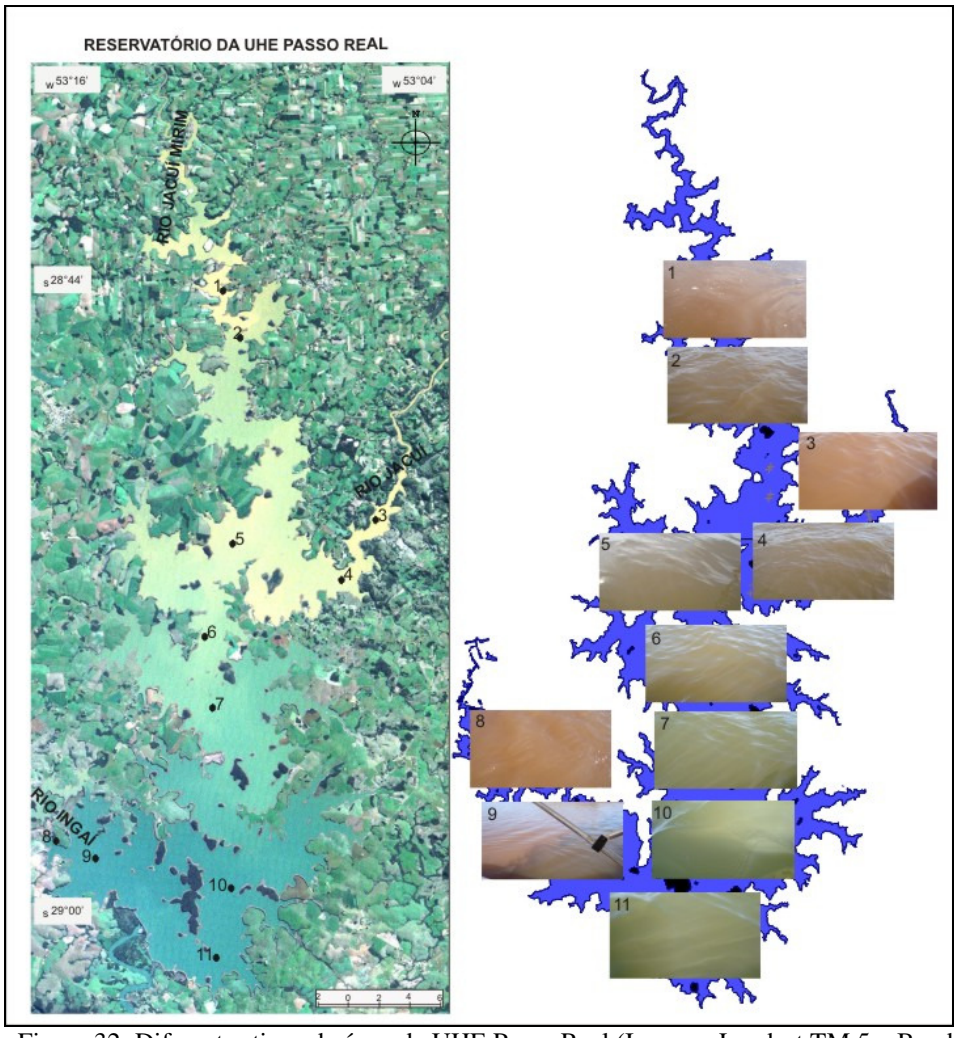

Figura 32: Diferentes tipos de água da UHE Passo Real (Imagem Landsat TM 5 – Bandas 321-RGB, de 20-07-2007)

O sistema hídrico da área de estudo, por sua vez, se caracteriza por bacias de captação em diferentes contextos: de localização (a montante ou a jusante do reservatório), com contribuições de sedimentos (maiores ou menores descargas), condição do tempo (época de precipitação intensa ou estiagem) e atividades desenvolvidas (práticas predominantemente rurais).

Neste contexto, pontos amostrais espacializados em grupos na Figura 33 identificam a coleta de dados do TSS e medidas da transparência da água no deságüe das principais bacias de captação, bem como no ambiente lêntico do reservatório.

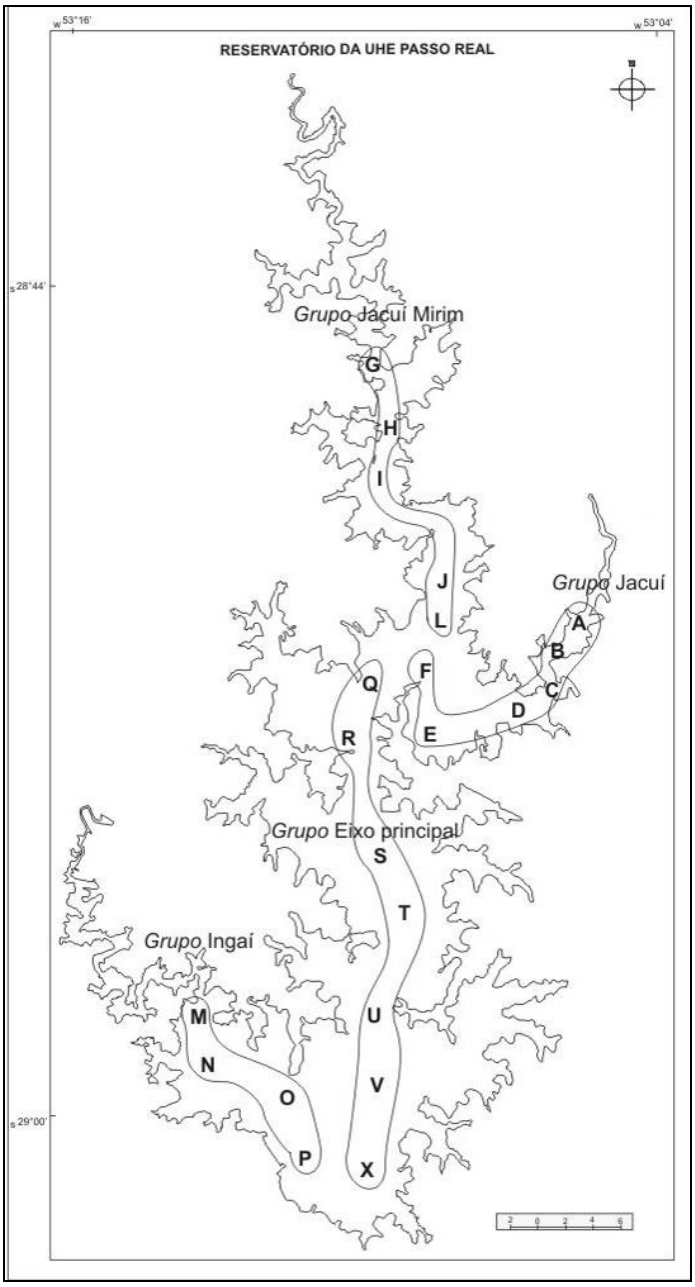

Figura 33: Grupos amostrais de dados limnológicos na UHE Passo Real

4.3.1 Análise do TSS e da transparência da água na UHE Passo Real

Os dados no Quadro 2 apresentam dados do TSS para os meses de fevereiro, abril e junho/2009 do grupo Jacuí identificados pelos pontos amostrais A, B, C, D, E e F (distribuídos respectivamente, da foz do rio Jacuí para o ambiente lêntico do reservatório).

Pontos amostrais	Concentração de TSS (mg/L)		
	Fevereiro	Abril	Junho
A	6,67	22,00	8,00
B	2,00	2,00	10,67
C	5,33	10,67	20,67
D	8,00	2,00	3,33
E	1,33	2,67	9,33
F	2,67	2,67	4,00
Soma total	26,00	42,01	56,00
Média	4,33	7,00	9,33

Quadro 2: Valores de TSS do grupo amostral Jacuí

Neste sentido, observa-se que o grupo Jacuí apresenta a maior média no mês de junho (Ma=9,33 mg/L) . Isso ocorre pelo fato de que nessa época há uma maior exposição do solo, pois as culturas de inverno estão na fase inicial do desenvolvimento vegetativo. Aliado a isso, a passagem de uma frente fria causando precipitações na região uma semana antes da coleta (Figura 34), proporcionou maior contribuição de materiais ao sistema hídrico.

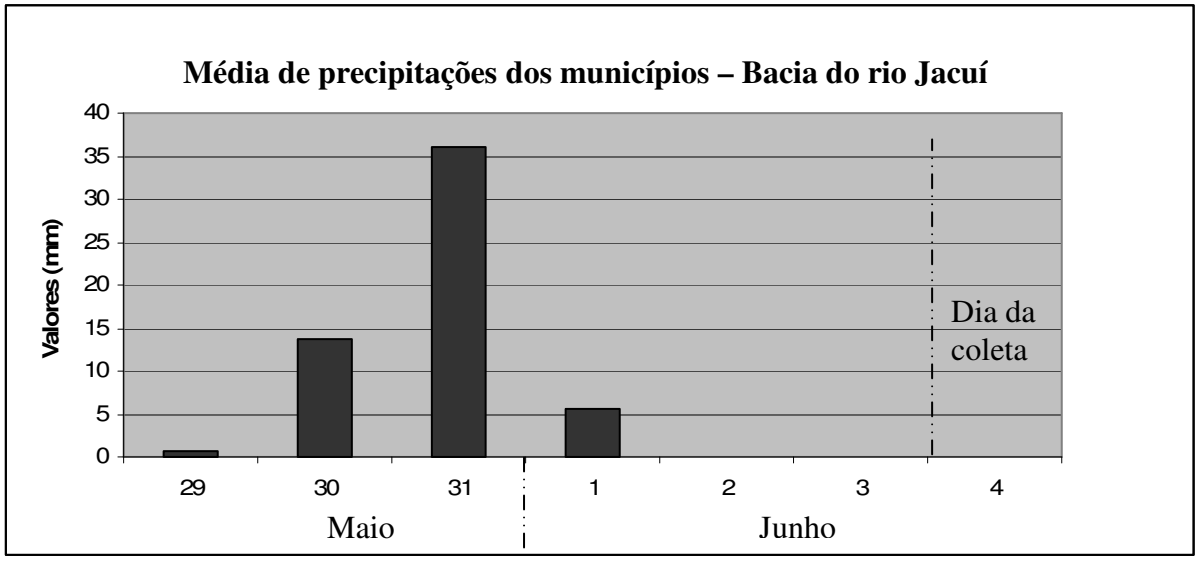

Figura 34: Média de precipitações dos municípios da Bacia do rio Jacuí em junho (3° coleta)
Fonte: Defesa civil, 2009

No mês de abril, fase de conclusão da colheita (soja e milho), a maior parte do solo encontra-se exposto, facilitando a lixiviação aos sistemas hídricos, mesmo em época de estiagem (não houve precipitações nessa época).

O mês de fevereiro apresentou média inferior para concentração do TSS em relação aos demais meses (Ma=4,33 mg/L) pelos menores índices de solo exposto nessa época, embora tenha ocorrido precipitações uma semana antes da coleta desse dado limnológico (Figura 35).

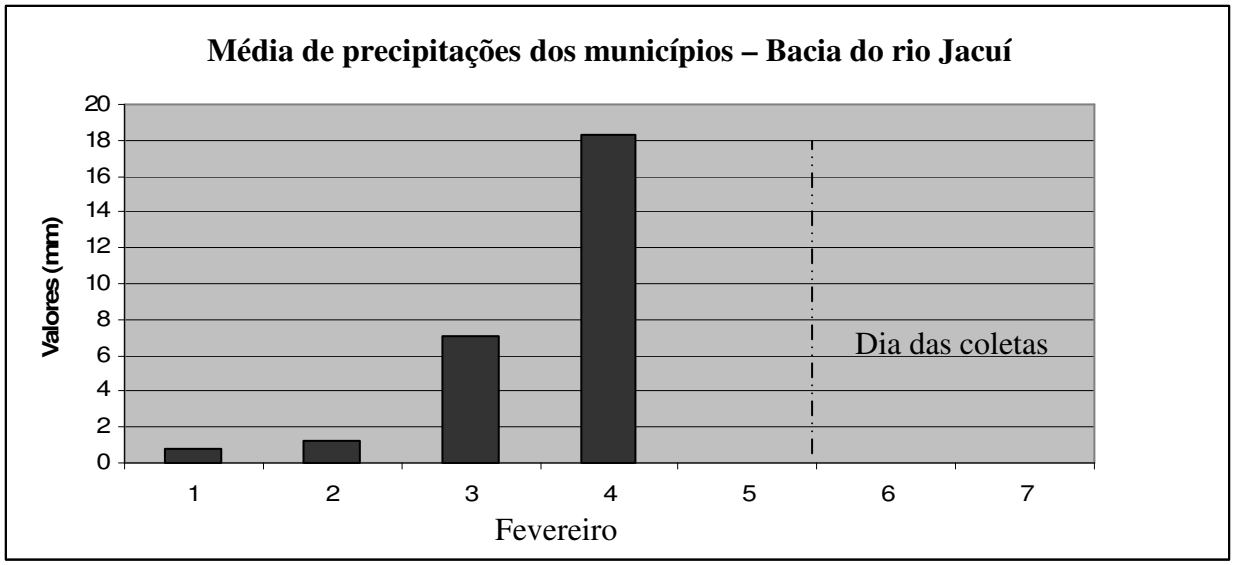

Figura 35: Média de precipitações dos municípios da bacia do rio Jacuí em fevereiro (1° coleta)
Fonte: Defesa civil, 2009

Entretanto, a tendência dos dados para os meses mostra uma diminuição dos valores de TSS à medida que se aproxima do ambiente lêntico do reservatório (Figura 36). O ambiente de rio do reservatório (A, B, C e D) apresenta maior circulação da água que no ambiente lêntico (E e F), pois há a diminuição na velocidade do percurso (maior coluna de água) e conseqüentemente, a precipitação dos sedimentos, embora uma maior ação do vento.

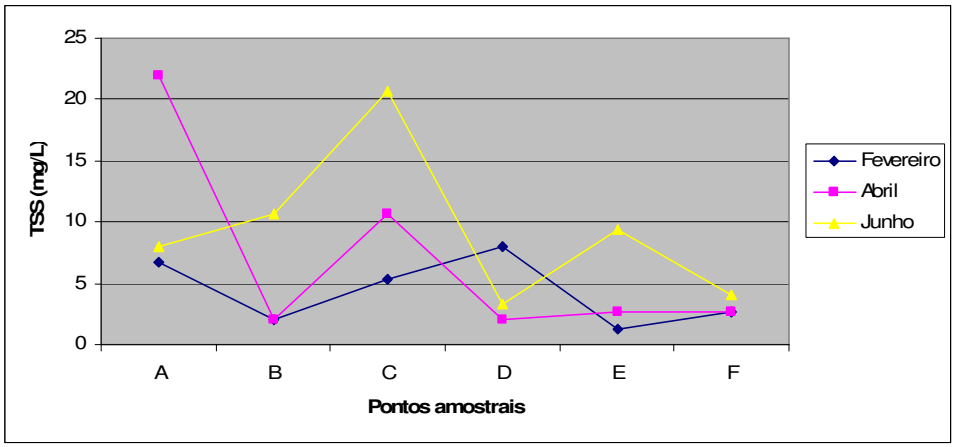

Figura 36: Variação do TSS no grupo amostral Jacuí

Os dados da medida da profundidade de Secchi (Quadro 3) comprovam a diminuição da concentração do TSS dos pontos A a F, pois a transparência da água aumenta à medida que se aproxima do ambiente lêntico do reservatório (Figura 37). Além disso, o TSS apresentou maior concentração no mês de junho, evidenciado pela menor transparência da água nesta época (Ma=0,64 m).

Pontos amostrais	Profundidade de Secchi (m)		
	Fevereiro	Abril	Junho
A	0,45	0,45	0,38
B	0,40	0,60	0,40
C	0,70	0,75	0,40
D	1,05	1,30	0,89
E	1,50	1,50	0,80
F	1,65	1,50	1,00
Soma total	5,75	6,10	3,87
Média	0,95	1,01	0,64

Quadro 3: Valores da profundidade Secchi do grupo amostral Jacuí

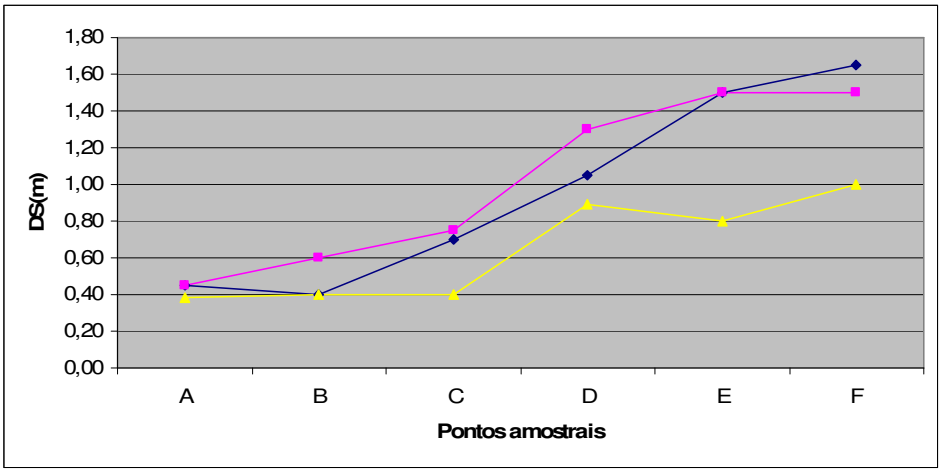

Figura 37: Variação da profundidade de Secchi no grupo amostral Jacuí

Os dados no Quadro 4 apresentam a variação do dado de TSS para os meses de fevereiro, abril e junho/2009 do grupo Jacuí Mirim identificados pelos pontos amostrais G, H, I, J e L. A localização dos pontos segue o ambiente de rio do Jacuí Mirim para o ambiente lêntico do reservatório Passo Real.

Pontos amostrais	Concentração de TSS (mg/L)		
	Fevereiro	Abril	Junho
G	5,00	1,33	11,33
H	2,00	2,00	4,67
I	0,67	6,00	1,33
J	1,33	1,33	10,00
L	1,33	2,00	1,33
Soma total	10,33	12,66	28,66
Média	2,06	2,53	5,73

Quadro 4: Valores de TSS do grupo amostral Jacuí Mirim

A alteração da variável para o mês de junho apresentou uma média de 5,73 mg/L, superior a concentração de TSS para os meses de fevereiro e abril. Os valores elevados de TSS para junho são explicadas pela entrada de água com grandes concentrações de materiais e substâncias (com precipitações que antecedem a coleta, Figura 38) que diminui nos meses de fevereiro e abril pela maior cobertura da terra e época de estiagem, respectivamente. A ausência de maiores índices de áreas florestais na bacia contribui para o aumento do escoamento superficial, diminuindo a taxa de infiltração do solo.

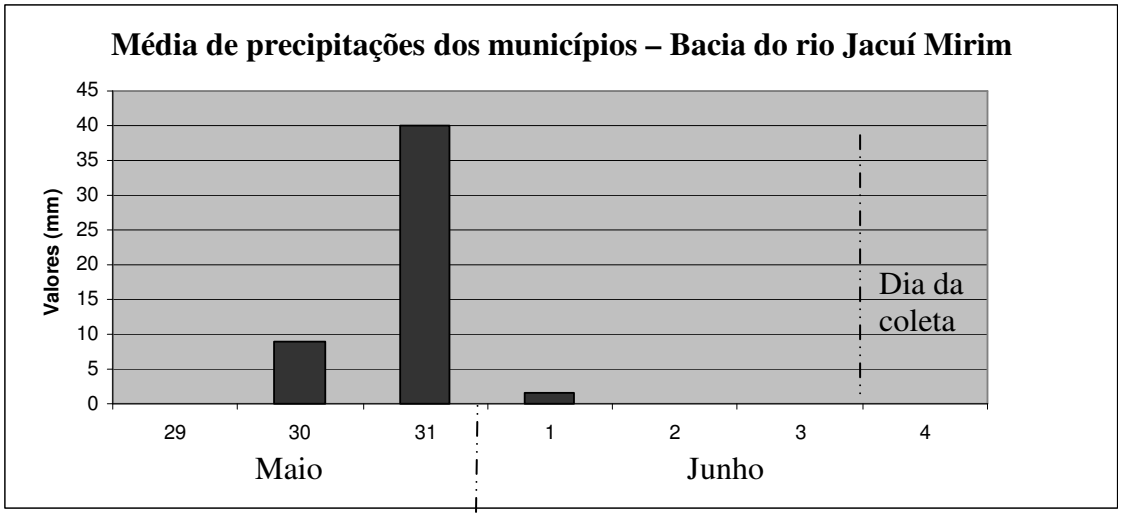

Figura 38: Média de precipitações dos municípios da bacia do rio Jacuí Mirim em junho (3° coleta)
Fonte: Defesa civil, 2009

A tendência dos dados de TSS para o grupo Jacuí Mirim também apresentou diminuição nos valores dos pontos amostrais à medida que se aproximam do ambiente lêntico do reservatório (J e L, Figura 39). No entanto, o valor elevado no ponto amostral J, no mês de junho (TSS=10,00 mg/L), justifica-se pela influência da entrada de materiais no fluxo da entrada de água do grupo Jacuí.

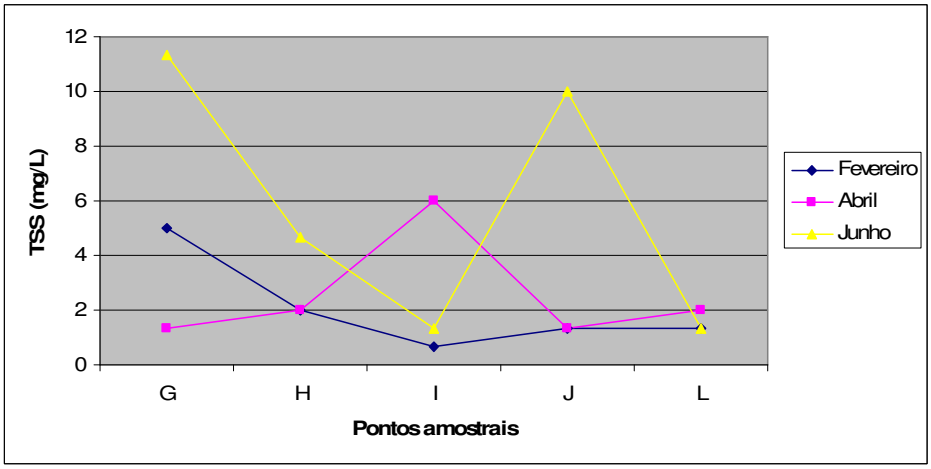

Figura 39: Variação do TSS no grupo amostral Jacuí Mirim

As medidas de profundidade de Secchi apresentaram média dos valores superior (Ma=1,78m) para o mês de fevereiro em relação às demais épocas (Quadro 5). Neste caso, a menor perda de solos nesta época justifica os valores encontrados.

Pontos amostrais	Profundidade Secchi (m)		
	Fevereiro	Abril	Junho
G	0,75	0,95	0,38
H	2,25	1,25	0,70
I	2,50	1,40	0,80
J	1,95	1,50	1,00
L	1,45	1,70	0,95
Soma total	8,90	6,80	3,83
Média	1,78	1,36	0,76

Quadro 5: Valores da profundidade de Secchi do grupo amostral Jacuí Mirim

Além disso, a transparência da água aumenta à medida que se aproxima do ambiente lêntico do reservatório (I, J, L - Figura 40), exceto para o que apresenta, para os pontos J e L, uma diminuição da transparência da água o que sugere a presença de algas.

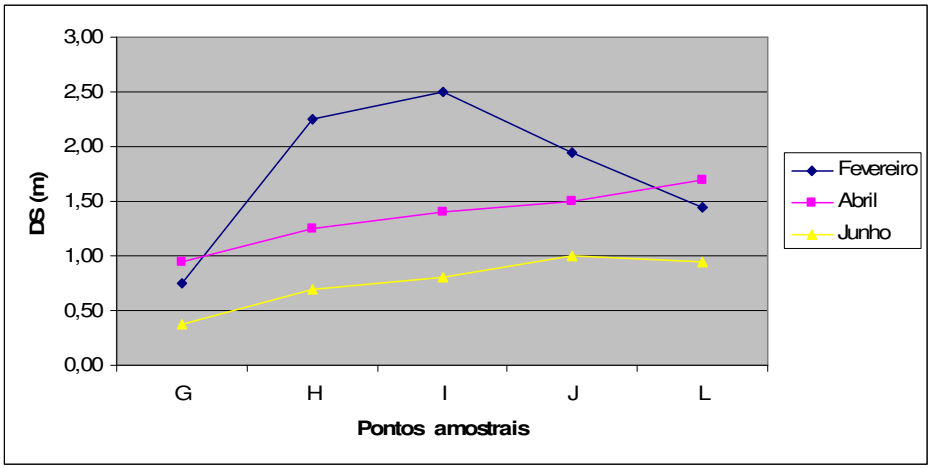

Figura 40: Variação da profundidade Secchi no grupo amostral Jacuí Mirim

No Quadro 6 a variação do TSS para as datas estudadas conferem ao grupo Ingaí (jusante do reservatório) identificados pelos pontos amostrais M, N, O, P no contexto de foz do rio Ingaí para o ambiente lêntico do reservatório.

Pontos amostrais	Concentração de TSS (mg/L)		
	Fevereiro	Abril	Junho
M	1,33	1,33	1,33
N	2,00	2,00	4,67
O	2,00	0,67	2,00
P	2,00	1,33	O,67
Soma Total	7,33	5,33	8,67
Média	1,83	1,33	2,16

Quadro 6: Valores de TSS do grupo amostral Ingaí

Como se observa novamente, o mês de junho destacou-se com maior média na concentração do TSS (Ma=2,16 mg/L). Como observado nos outros grupos, no mês de junho houve a ocorrência de precipitações nos dias que antecedem a coleta (Figura 41).

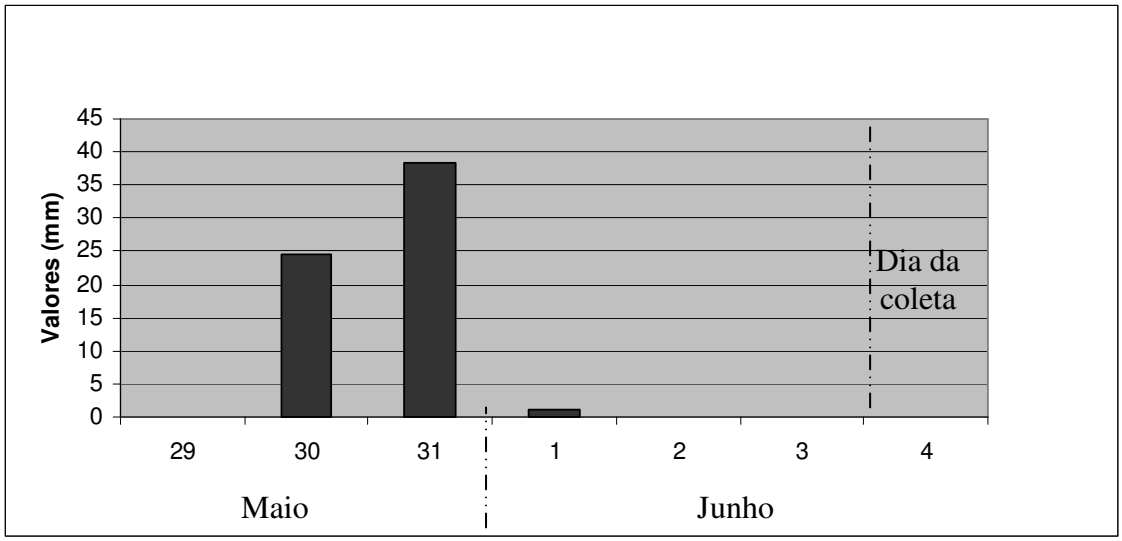

Figura 41: Média de precipitações dos municípios da bacia do rio Ingaí em junho

Porém, mesmo com a contribuição de descargas de sedimentos do grupo Jacuí e Jacuí Mirim, a água do reservatório a montante precipita os sedimentos ao longo do percurso e ao encontrar-se com o fluxo da bacia de captação do Ingaí a jusante, definiu valores mais baixos da concentração do TSS em junho (TSS=P=0,67 mg/L).

Nos demais períodos apresentados, o valor do TSS mantém-se em sua maioria constante (fevereiro /pontos amostrais N, O e P) e à medida que se mistura com a água do

ambiente lêntico do reservatório (abril/pontos O e P) há a diminuição da concentração do TSS (Figura 42).

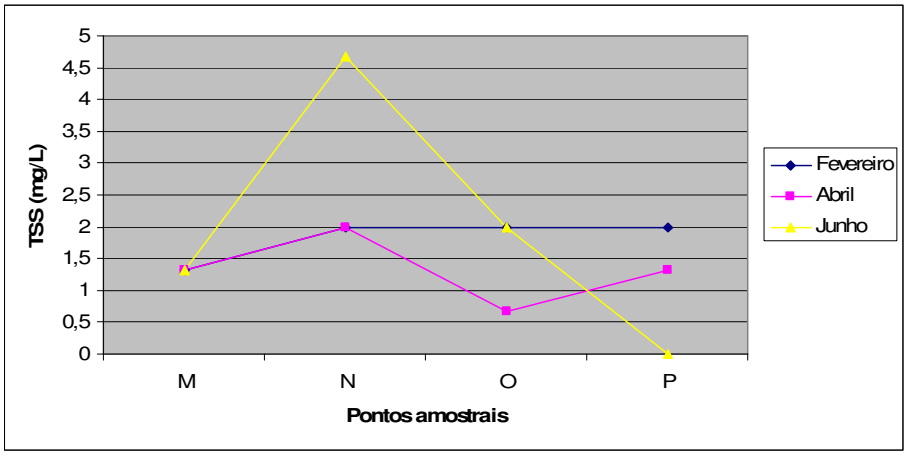

Figura 42: Variação do TSS no grupo amostral Ingaí.

O mês de junho é um período de maiores precipitações o que justifica destaque no valor das médias do TSS. Além disso, os percentuais de uso e cobertura da terra apresentado a épocas próximas da data de coleta do dado limnológico, evidenciam a influência na alteração da concentração do TSS. Solos desprovidos de vegetação, seja de áreas florestais ou cultivo agrícola, proporcionam o desenvolvimento do processo de erosão que reflete nos canais dos rios como um aumento na concentração de materiais em suspensão (variação/alteração do TSS).

Os dados da profundidade de Secchi neste grupo amostral revelaram que o mês de fevereiro, com média de 2, 61 metros, possuiu maior transparência da água que no mês de junho (Quadro 7). O mês de junho, por sua vez, apresenta média inferior ocasionado pelas maiores perdas de solo ao reservatório (no caso, solo exposto + precipitação = descargas maiores de sedimentos).

Pontos amostrais	Valores (m)		
	Fevereiro	Abril	Junho
M	1,95	1,75	1,30
N	2,60	2,20	1,60
O	2,85	2,70	2,80
P	3,05	3,35	1,70
Soma total	10,45	10,00	7,40
Média	2,61	2,50	1,85

Quadro 7: Valores da profundidade de Secchi do grupo amostral Ingaí

Entretanto, ao comportar maiores descargas de sedimentos e nutrientes, o reservatório pode sofrer a influência de algas, aumentando a turbidez da água. Neste sentido, para o mês de junho (Figura 43), além da maior concentração do TSS pelos sedimentos em suspensão, a menor transparência da água sugere a presença de algas.

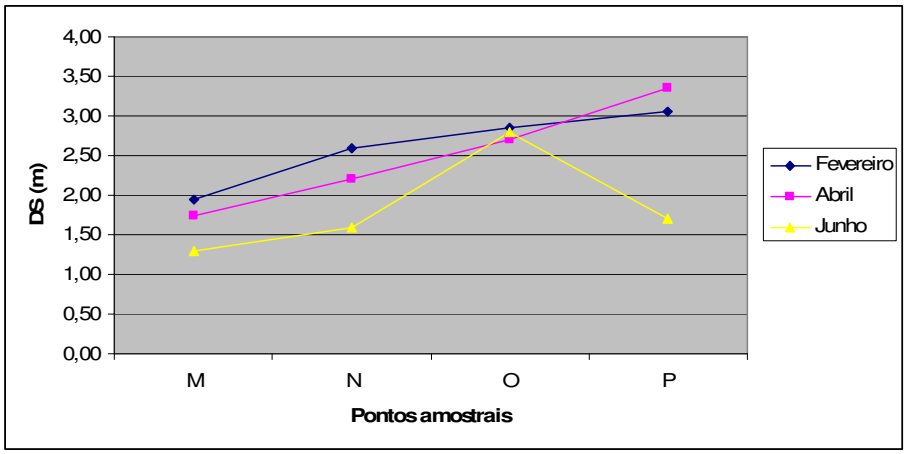

Figura 43: Variação da profundidade de Secchi no grupo amostral Ingaí.

No Quadro 8 a variação do TSS para os meses apresentados referem-se ao grupo do eixo principal do reservatório identificados pelos pontos Q, R, S, T, U, V e X.

Pontos amostrais	Concentração de TSS (mg/L)		
	Fevereiro	Abril	Junho
Q	2,00	3,33	8,67
R	2,00	2,67	6,67
S	2,00	0,67	1,33
T	2,00	2,00	2,67
U	5,33	2,67	0,67
V	5,00	2,00	0,67
X	5,00	0,67	1,33
Soma total	23,33	14,01	22,01
Média	3,33	2,00	3,14

Quadro 8: Valores de TSS do grupo amostral do eixo principal

As médias na concentração do TSS se aproximam no mês de fevereiro e junho com Ma=3,33 e 3,14 mg/L, respectivamente. Neste caso, a ocorrência de precipitações que antecederam a data da coleta pode ter influenciado na concentração do TSS. De montante a jusante do reservatório, o mês de fevereiro teve o aumento da concentração do TSS, o que sugere a presença de macrófitas aquáticas. A disponibilidade de nutrientes e a iluminação da coluna da água podem ter possibilitado o aparecimento dessa vegetação da água. Por outro lado, a redução da concentração do TSS para o mês de abril e junho vincula-se a deposição do material durante o percurso (Figura 44).

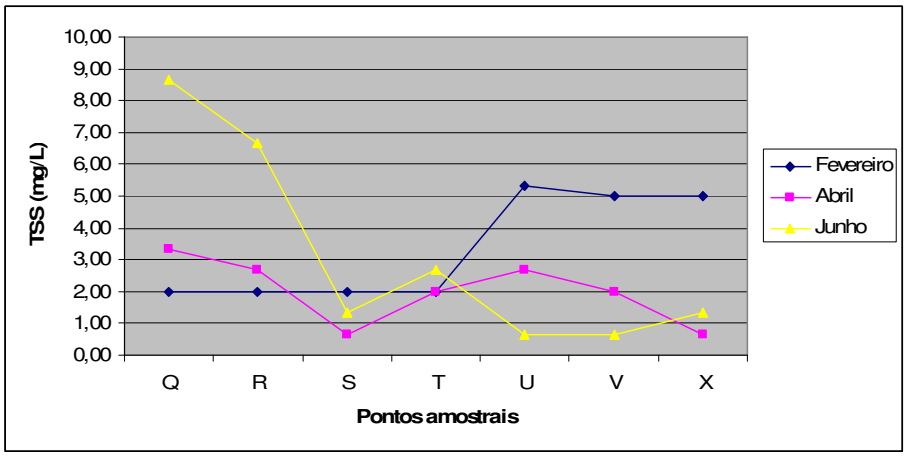

Figura 44: Variação do TSS no grupo amostral do eixo principal

O Quadro a seguir, apresenta a variação do DS do grupo amostral eixo principal com a elevação da profundidade da transparência da água à medida que se aproxima da jusante do reservatório, reforçando a idéia da precipitação de sedimentos ao longo do percurso.

Pontos amostrais	Profundidade de Secchi (m)		
	Fevereiro	Abril	Junho
Q	1,90	1,50	0,95
R	2,00	1,70	0,11
S	2,45	2,10	1,85
T	2,60	2,60	2,10
U	2,45	2,90	2,10
V	2,70	3,25	2,10
X	2,60	3,35	1,70
Soma total	16,70	17,40	10,91
Média	2,38	2,48	1,55

Quadro 9: Valores da profundidade de Secchi do grupo amostral do eixo principal

O grupo do eixo principal do reservatório destaca maior média na transparência da água de fevereiro e abril, Ma= 2,38 e 2,48m, devido à deposição da matéria orgânica e inorgânica advindas das áreas de captação e ausência de precipitações, respectivamente. A redução da transparência da água em junho em relação aos outros meses pode estar ligada à ocorrência de precipitações que antecederam a coleta com o carreamento de nutrientes ao reservatório e o desenvolvimento das macrófitas (Figura 45).

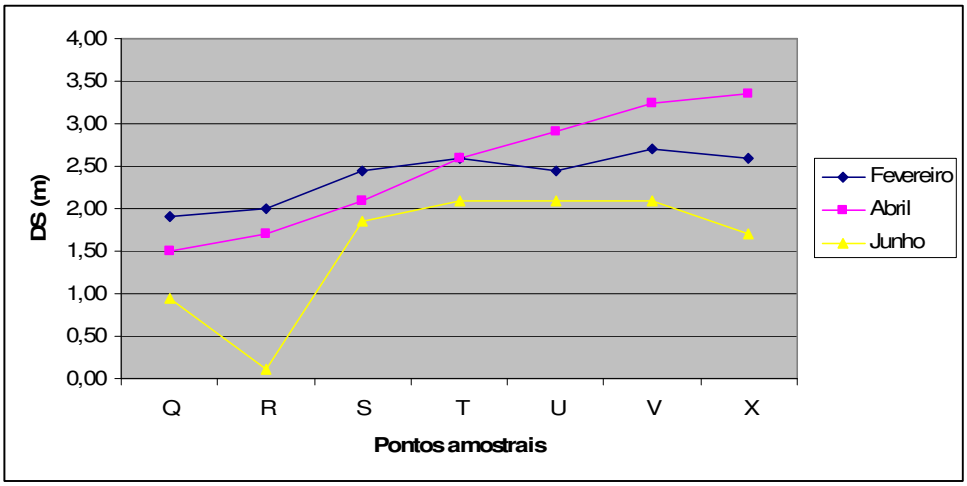

Figura 45: Variação da profundidade de Secchi no grupo amostral do eixo principal

4.4 Análise integrada: relação entre os ambientes terrestre e aquático

O compartimento aquático do rio Jacuí sempre mostrou maior valor da concentração do TSS em relação aos demais compartimentos, independente da precipitação próxima a coleta. Nesta análise, o compartimento do rio Jacuí Mirim apresentou valor intermediário em relação ao rio Jacuí e Ingaí (Figura 46). Além de apresentar maior área de captação com maiores descargas de sedimentos ao reservatório da UHE Passo Real, o volume do compartimento aquático que a bacia do rio Jacuí deságua é menor. As demais bacias apresentam maior volume do compartimento aquático o que favorece a menor concentração de sedimentos.

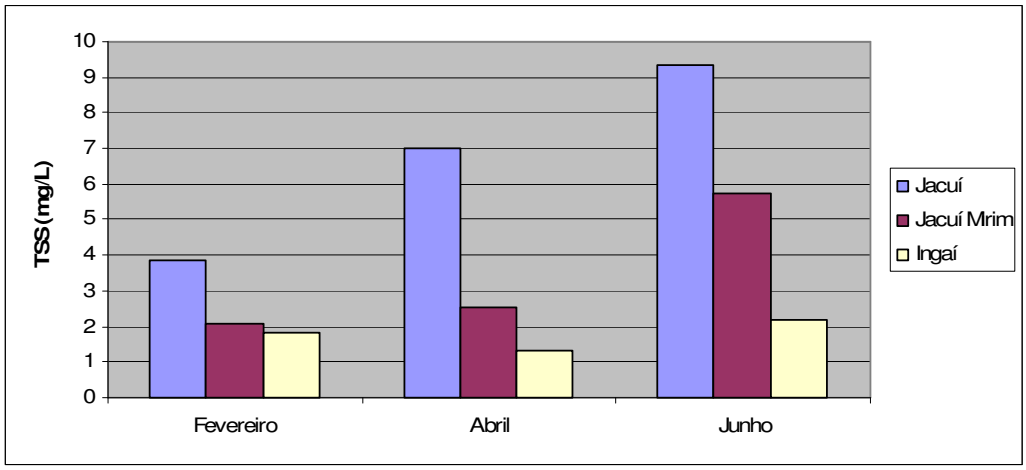

Figura 46: Variação da média da concentração do TSS no deságüe das principais bacias de captação

A maior variação da média dos valores de TSS entre os meses destacou-se em junho para três grupos amostrais, principalmente, pela ocorrência de precipitações que antecederam a coleta, aliada à maior exposição do solo característico da fase pós-colheita. Nessa fase, a terra está sendo preparada para o plantio das culturas de inverno e torna-se suscetível à erosão (maior impacto das gotas de chuvas na superfície) com o carreamento de materiais e substâncias ao sistema hídrico. Conseguinte, há o aumento da concentração do dado limnológico de TSS ((Ma=9,33 mg/L, Ma=5,73 mg/L e Ma=2,16 mg/L grupo Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí, respectivamente).

Em fevereiro, por exemplo, a terra encontra-se coberta, principalmente, pelo cultivo da soja e do milho, evitando a exposição do solo e sua lixiviação para o sistema hídrico. Assim, evidenciam-se dados menores de concentração do TSS nesse período (Ma=3,88 mg/L e Ma=2,06 mg/L, grupo Jacuí e Jacuí Mirim, respectivamente). No entanto, o grupo Ingaí apresentou média superior (Ma=1,83 mg/L) para o mês de fevereiro comparado ao mês de abril (Ma=1,33 mg/L), pelo fato da estiagem em abril e a ocorrência de precipitação em fevereiro dias antes da coleta.

A média do grupo Ingaí apresentou os menores valores do TSS com concentração inferior aos demais grupos nos três períodos. Embora a água também apresente elevados níveis da concentração do TSS, o volume do compartimento aquático de deságue dessa bacia é maior em relação às bacias do Jacuí e Jacuí Mirim. A partir disso, a transparência da água para o grupo Ingaí descata-se nas as três fases agrícolas com maiores níveis de profundidade de Secchi (Figura 47). Desse modo, com a elevação da concentração do TSS na água, a transparência é reduzida. Isso ocorre para os três grupos amostrais nas três fases agrícolas abordadas.

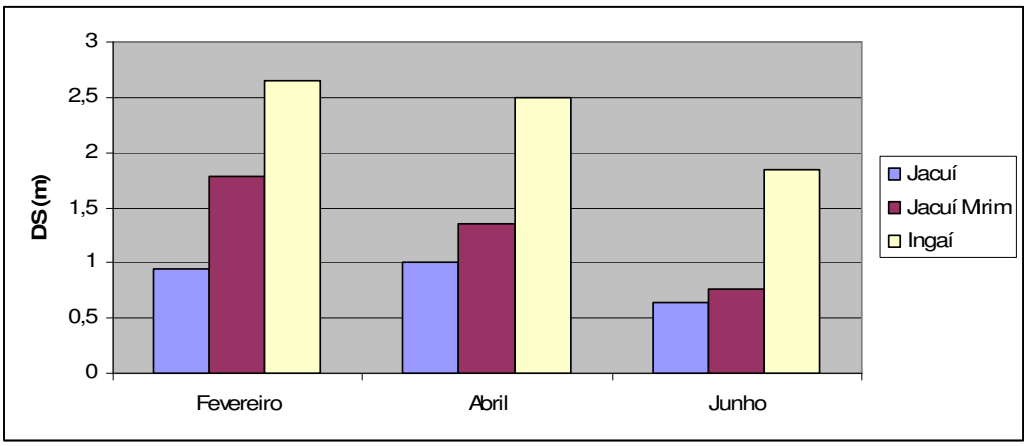

Figura 47: Variação da média da concentração da profundidade de Secchi no deságüe das principais bacias de captação

Os resultados da profundidade de Secchi indicam que o grupo Jacuí possui menor transparência da água para os três meses. Neste caso, quanto menor o nível de concentração do TSS, maior a transparência da água. O grupo Jacuí destaca-se com valores intermediários de média da profundidade de Secchi. Os distintos usos e coberturas da terra no decorrer dos

meses resultam, consequentemente, na variação dos valores das médias da profundidade de Secchi.

Neste contexto, em épocas que a terra encontrou-se com cobertura vegetal, houve diminuição da concentração do TSS no reservatório da UHE Passo Real e aumento da transparência da água. Ao apresentar uma maior quantidade de solo exposto com áreas florestais isoladas, o reservatório da UHE Passo Real recebeu uma maior contribuição de sedimentos, alterando o TSS e provocando turbidez na água. Desta forma, a quantificação da área de solo exposto das três bacias de captação apresenta relação com a variação nos dados de TSS e profundidade de Secchi. A variação dos dados limnológicos dos grupos amostrais abordados são alterados em função do uso e cobertura da terra nas áreas de captação e de acordo com a época agrícola (Figura 48).

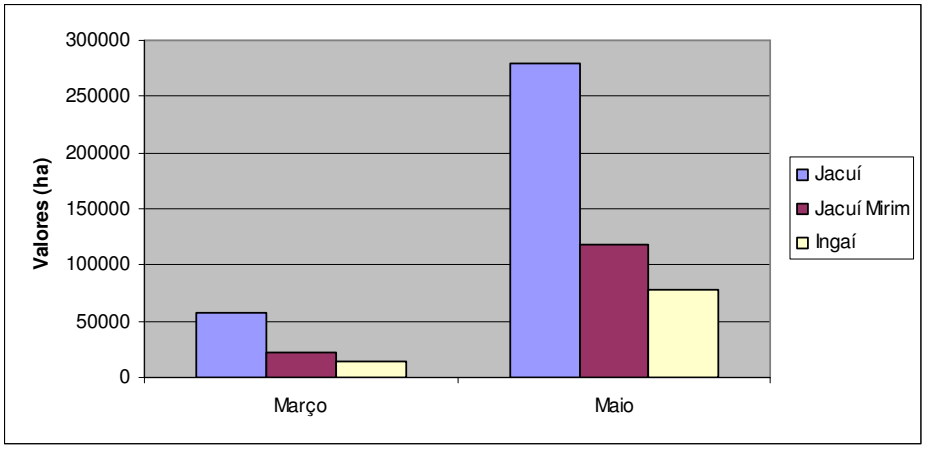

Figura 48: Distribuição da classe solo exposto nas áreas de captação das bacias

Além de evidenciar o aumento nos índices do solo exposto, respectivamente, de março a maio/2009, a Figura 48 destaca a bacia do Jacuí com valores superiores em ambos os meses, ou seja, maior área de solo exposto (março=56.832,57 ha e maio=278.528,49 ha) comparadas às bacias do Jacuí Mirim (março=22.313,07 ha e maio=118.765,26 ha) e Ingaí (março=14.983,74 ha e maio=78.875,01 ha).

Neste aspecto, por exemplo, a bacia do rio Jacuí (maior área de captação) destaca-se tanto com as maiores concentrações do TSS e menor transparência da água (fevereiro, abril e junho/2009), bem como com os maiores índices de solo exposto (março e maio/2009) nas áreas de captação. Sucessivamente, seguem as bacias dos rios Jacuí Mirim e Ingaí.

Associado aos tipos de uso e cobertura da terra das áreas de captação, o sistema de preparo e manejo das terras observado na área de estudo sugere maiores concentrações de TSS no reservatório da UHE Passo Real. Na bacia do rio Jacuí observou-se a utilização da agricultura convencional com a técnica de aração do solo para o nivelamento da superfície. Essa técnica proporciona, por exemplo, a perda de solo em fase de precipitação intensa. A utilização do preparo convencional através do sistema de plantio direto observado nas bacias dos rios Jacuí Mirim e Ingaí, reduz os níveis de solo exposto, e conseqüentemente, a concentração do TSS aos sistemas hídricos. Por outro lado, embora a bacia do rio Jacuí tenha se destacado com maiores porcentagens de solo exposto e concentração do TSS, a utilização máxima da terra ocorre nas bacias dos rios Jacuí Mirim e Ingaí pelas extensas fazendas destinadas a agricultura em larga escala.

Sob este enfoque, os diferentes tipos de água que definem o sistema hídrico do reservatório da UHE Passo Real são em grande parte, caracterizados pela dinâmica do fluxo de água com qualidades específicas provenientes das bacias de captação. Os maiores valores de TSS são encontrados, em geral, no setor montante do reservatório e a maior transparência da água à jusante, salvo casos isolados com precipitações que antecederam a coleta. Desse modo, as descargas de sedimentos e nutrientes advindos das bacias dos rios Jacuí, Jacuí Mrim e Ingaí, são depositadas à medida que se aproxima do dique, formando compartimentos aquáticos com menores concentrações de sedimentos.

Em síntese, os ecossistemas terrestre e aquático da área de estudo relacionam-se entre si, estabelecendo variações no tempo e no espaço que, a longo prazo, podem comprometer seriamente a produtividade primária, a produção de peixes e a vida útil do reservatório da UHE Passo Real.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada permitiu avaliar a relação espaço-temporal entre ecossistemas terrestre e aquático da área de estudo. As informações obtidas indicam influências na dinâmica da água associadas às características da área de captação das bacias estudadas e sugerem a ocorrência de distintos compartimentos aquáticos no reservatório da UHE Passo Real. A seguir são apresentadas as principais considerações advindas dos objetivos propostos nesse trabalho.

1° - avaliar a distribuição espaço-temporal dos diferentes usos e cobertura da terra no contexto de três bacias hidrográficas que deságuam no reservatório: rio Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí;

A partir da classificação e análise das imagens de satélite Landsat TM 5 dos dias 03-03-09 (1ª fase agrícola – desenvolvimento vegetativo da planta) e 22-05-2009 (2º fase agrícola – pós-colheita) observou-se que a área de estudo é muito influenciada pelos ciclos da cultura, numa área predominantemente rural. As maiores áreas de culturas foram identificadas, sucessivamente, nas bacias dos rios Jacuí Mirim, Ingaí e Jacuí. Aproximadamente, em 50% da área dessas bacias, na 1ª fase agrícola, foram identificados cultivos da soja e do milho. Por outro lado, na 2ª fase agrícola, registrou-se mais de 65% da área com solo exposto. As demais classes de uso da terra das bacias apresentaram porcentagens inferiores a 22% da área para ambas as fases agrícolas.

2° - identificar e analisar as relações dos sistemas terrestre e aquático nas formas de uso da terra decorrentes de ações antrópicas;

Os valores distintos apresentados entre as bacias nas duas fases agrícolas estão relacionadas com as propriedades observadas na área. Na bacia do rio Jacuí há uma tendência à pequena propriedade, com diversificação das culturas e produção para a subsistência. Nas bacias dos rios Jacuí Mirim e Ingaí ocorrem grandes propriedades com o cultivo da soja e do milho e a presença de vários pivôs de irrigação. Além disso, a bacia do rio Jacuí apresenta, em geral, técnicas de manejo convencional no preparo da terra, enquanto que as demais bacias, em grande parte, utilizam práticas conservacionistas com o plantio direto e a plantação do nabo forrageiro.

Paralelamente, a distribuição das propriedades e do manejo da terra aplicado na área os valores distintos de área entre as bacias (423.430,47 ha, 157.182,75 ha e 114.671,16 ha, respectivamente, bacias dos rios Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí) também são importantes. Embora

a bacia do rio Jacuí Mirim tenha se destacado com maiores porcentagens nos usos e cobertura da terra com culturas, a bacia do rio Jacuí possui maiores contribuições de sedimentos ao sistema aquático por apresentar maior área de captação. Além disso, o volume do compartimento aquático dos grupos amostrais de deságüe das bacias de captação é menor na bacia do rio Jacuí, o que pode proporcionar uma maior concentração dos sedimentos.

3° - investigar as variações espaço-temporais das características limnológicas do reservatório e sua possível relação com as características das bacias de captação.

A análise dos dados de TSS nos quatro grupos amostrais para os três períodos, o de fevereiro, abril e junho, mostrou, em geral, uma tendência de valores altos para as coletas de junho (a exemplo, Ma= 9,33mg/L no grupo amostral Jacuí) e em pontos amostrais localizados próximos a foz dos rios (ponto G do grupo amostral Jacuí Mirim em junho com TSS=11,33 mg/L). Os valores baixos foram registrados para as amostras coletadas próximas ao eixo principal do reservatório (a exemplo, ponto R do grupo amostral eixo principal em junho com TSS=0,11mg/L). Essa diferença entre os ambientes também está associada à precipitação de sedimentos e à maior coluna de água na medida em que se aproxima do eixo principal do reservatório. No entanto, valores altos da concentração do TSS (ponto X do grupo amostral eixo principal em abril com 3,35 mg/L) encontrados em alguns pontos amostrais no centro do reservatório sugerem a presença de algas. Os dados dos grupos amostrais do DS apresentaram consistência com os dados do TSS uma vez que a transparência da água foi maior na medida em que a concentração de sedimentos foi menor. Em situação de precipitações na época das coletas, os dados limnológicos tiveram maiores variações.

Os dados limnológicos analisados apresentaram relações com as características das bacias hidrográficas, as quais foram observadas nas duas fases agrícolas. Em épocas que a terra estava coberta com as culturas da soja e do milho, houve a diminuição da concentração do TSS no reservatório da UHE Passo Real e o aumento da transparência da água. Ao apresentar uma maior porcentagem de solo exposto com áreas florestais isoladas e a presença de maiores precipitações na época, o reservatório da UHE Passo Real recebeu uma maior contribuição de sedimentos, alterando o TSS e provocando turbidez na água.

A partir das considerações abordadas tem-se que a dinâmica da água do reservatório da UHE Passo Real relaciona-se com as características das bacias de captação. Os distintos compartimentos aquáticos que definem o reservatório estão sujeitos a entrada de água com material suspenso das bacias dos rios Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí. Essa água apresenta diferentes concentrações de sedimentos, caracterizados principalmente pelos usos e preparo da terra em cada uma dessas bacias. Além disso, constatou-se que as áreas florestais que

atuam como protetoras do solo e dos recursos hídricos estão reduzidas nas bacias em capões isolados, ao longo dos rios ou em relevos inclinados.

Neste contexto, as bacias hidrográficas compreendem um sistema aberto que envolve muitas interações de entradas e saídas. A desestabilização ambiental desses sistemas com concentrações anômalas de TSS e baixa profundidade Secchi, por exemplo, podem comprometer em longo prazo a produtividade primária, a produção de peixes e a vida útil do reservatório da UHE Passo Real. Desse modo, a bacia hidrográfica caracteriza-se como um sistema complexo de análise e as torna apropriadas como unidade de planejamento e gestão para o gerenciamento dos usos múltiplos sob a ótica de um desenvolvimento sustentável.

Associada as relações espaço-temporais que ocorre entre os ecossistemas terrestre e aquático, a técnica de sensoriamento remoto, com a análise de imagens de satélites para o monitoramento ambiental, constitui um excelente produto de análise da dinâmica espacial que nelas se consolidam.

Trabalhos futuros com essa abordagem devem continuar e como sugestões recomenda-se: aumento do número de variáveis limnológicas e das amostragens considerando-se uma maior freqüência temporal no reservatório; maior freqüência temporal dos usos e cobertura da terra; a inclusão de outros parâmetros ambientais que possibilitem uma análise mais consistente das informações obtidas, tais como: comportamento espectral da água, caracterização das APP’s e tipos de solo da área.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em <http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/ >. Acesso em 01 de ago. 2008.

ALBUQUERQUE, A.W. *et al.* Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. In: REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL. Campina Grande: UFPB. V.6, n.1, p. 136-141, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n1/v6n1a24.pdf>. Acesso em 03 fev. 2009.

ANDRADE, J. G. de. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado no curso de Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas**: Aplicações na Agricultura. 2.ed. Brasília: Embrapa – SPI/ Embrapa – CPAC, 1998. 434p.

ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <http://www.scp.rs.gov.br/atlas>. Acesso em: 09 fev. 2009.

BRANCO, S. M. **Poluição**: A Morte de Nossos Rios. Rio de Janeiro: GB, 1993.157pg.

BRESSAN, D. **Gestão Racional da Natureza**. São Paulo: Hucitec: 1996.

BREUNIG, F. M.; et al. Análise das propriedades ópticas da água do reservatório Rodolfo Costa e Silva - Itaara/RS, usando dados espectrais de campo e imagens orbitais multiespectrais. **Ambiente e Água** - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. , v.2, n.2, p.88 - 102, 2007.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios Básicos em Geoprocessamento. *In*: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informação Geográfica**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA – SPI/EMBRAPA – CPAC, 1998. 03 – 11 p.

CÂMARA et al. **SPRING**: Integrating remote sensingand GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CARGNIN, A. P. Bacias e sub-bacias hidrográficas. In: ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL, 2008. Disponível em: < http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=547>. Acesso em 14 jan. 2009.

CARMO, E. Anais do II Simpósio Regional de Mata Ciliar./Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Centro de Ciências Agrárias. Fundação Araucária. Marechal Cândido Rondon – PR. 02 a 04 de outubro de 2002.142 p.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALTO JACUÍ. Disponível em: <http://www.upf.br/coaju/index.php>. Acesso em 22 jan. 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987.

CUNHA, S. B. da. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. *In:* CUNHA, S. B. & GUERRA, A. T. (orgs.). **A Questão Ambiental – Diferentes Abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

CURRAN, P. J.; NOVO, E. M. M. The relationship between suspended sediment concentration and remotely sensed spectral radiance: a review. **Journal of Coastal Research**,v. 4, n. 3, p. 351-368, 1988.

ESTEVES, F. **Fundamentos de Limnologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FABRIM, E. **O Monitoramento florestal em Microbacias hidrográficas na carta Santa Maria** – análise em um Sistema de Informações Geográficas. Santa Maria: UFSM, 1995. (Monografia de Especialização).

FARENZENA, D. **Organização do espaço e conflitos ambientais do entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca – RS.** 2006. 72f. Monografia (Trabalho de Graduação B) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

FLOID, F.; SABINS, Jr. **Remote Sensing**: Principles and Interpretation. 2ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1986.

FRIEDRICH, J. N. Mapeamento do uso da terra por compartimento geomorfológico da sub-bacia da barragem Dona Francisca – RS com imagens multiespectrais TM do LANDSAT-5. 1993. 63f. Monografia (Especialização em interpretação de imagens orbitais e suborbitais). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_jacui/jacui.asp>. Acesso em 20 jan. 2009.

HAN, L.; et al. Spectral responses of algal chlorophill. **Int. J. Remote Sensing, 15**(18): 3707-3718, 1994.

HARRIS, T. Eutrophication of lakes and reservoirs in the united kingdom: causes, effects and controls. **Geography,** v.80, n. 1, p. 60-71, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÌSTICA. *In*: IBGE. Porto Alegre: 2000. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1 >. Acesso em: 10 fev. 2009.

INVENTÁRIO DAS FLORESTAS NATURIAS E PLANTADAS DO RIO GRANDE DO SUL. Hidrografia. Disponível em: <http://coralx.ufsm.br/ifcrs/hidrografia.htm>. Acesso em 23 jan. 2009.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment**: an earth resource perspective. New Jersey: Prentence-Hall, 2000.

KIRK, J.T.O. **Light and photosynthesis in aquatic ecossystems**. University Press, Cambridge, 1983. 401p.

LEME, A. A., *et. al*. **Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**: Velhos e Novos Desafios para a Cidadania. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2004.

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.

MARTINAZZO, E. G. *et al.* Estudo da flora da mata ciliar no município de Frederico Westphalen – RS. In: V CONCRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2004, Curitiba. **Anais eletrônicos**. Curitiba:,2004. Disponível em: <http://www.sbsaf.org.br/anais/2004/pdfs/posters/secao_4/p9_16.pdf>. Acesso em: 14 jan.2009.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** Rio de Janeiro: ABES, 1997. 292 p.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO.**Cruz Alta**. Folha SH-22-V-A, Escala 1: 250.000, Diretoria de Serviço Geográfico-DSG, 1979.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Passo Fundo**. Folha SH-22-U-B, Escala 1: 250.000, Diretoria de Serviço Geográfico-DSG, 1979.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Santa Maria** . Folha SH-22-V-C, Escala 1: 250.000, Diretoria de Serviço Geográfico-DSG, 1979.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 308 p.

PEREIRA FILHO, W.; GALVÃO, L. S. Relações entre reflectância espectral e concentração de sedimentos em suspensão no reservatório Passo Real, região Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1997, Mérida, **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) – Universidadede São Paulo, São Paulo, 2000.

PEREIRA FILHO, W.; NOVO, E. M. L. M. Limnological variables and macrophyte infestation in Tucuruí reservoir - Para - Brazil. Geoscience and Remote Sensing Symposium. **IGARSS '02 IEEE International**, v. 5, p. 3092- 3094, 2002.

PIROLI, E.L. **Sistemas de Informação Geográfica e Imagem de Satélite para análise do uso da terra na microbacia Arroio do Meio** – Santa Maria – RS. 1999. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas Doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 1-35.

RIGHETTO, A. M. Hidrologia e recursos hídricos. São Carlos: RiMa, 1998. 840 p.

ROCHA, J. S. M. Manual de Manejo Ambiental de Bacias Hidrográficas. 2 ed. Santa Maria: UFSM, 1991.

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

SIMÕES, L. B. A importância das matas ripárias no controle da poluição difusa. In: HENRY. R. (Org.). **Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos**. SãoCarlos: RiMa, 2003, 349 p.

SOUZA, Z. M. de.; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. Acta Scientiarum: Agronomy. Maringá. v.25, n. 1, p. 27-34, 2003. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2339/1628>. Acesso em 03 fev. 2009.

STEFFEN, C. A.; LORENZZETTI, J. A.; STECH, J. L. **Sensoriamento Remoto**: Princípios Físicos, Sensores e Produtos e Sistemas Landsat. São José dos Campos: IMPE, 1981. 81p. (IMPE – 2226 – MD/013).

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. Reservoir ecosystem functioning: theory and application. In: TUNDIDI, J. G.; STRASKRABA, M. (Orgs). Theoretical reservoir ecology and its applications. 1999, p. 385-410.

STRASSBURGER, L. **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).** 2005. 121f. Dissertação (Mestrado no curso de Geociências)- Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

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

TUNDISI, J. G. **Boletim de hidráulica e saneamento**: Limnologia de represas artificiais. São Carlos: Universidade de São Paulo, 1986 (Boletim; n. 11).

TUNDISI, J. G. **Limnologia e manejo de represas**. Serie monografia em limnologia. Vol 1. 1988.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI:** enfrentando a escassez. 2ed. São Carlos: RiMa, 2005. 248 p.

TUNDISI, J. G; et al. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas**

Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 203-240.

TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas Doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 161-202.

WACHHOLZ, F. **Compartimentação aquática do reservatório Rodolfo Costa e Silva-RS, a partir de variáveis limnológicas e imagens orbitais**. 2007. 97f.. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento para análise ambiental. Edição do autor, Rio de Janeiro, 2001, 227p. Disponível em: < www.lageop.ufrj.br>. Acesso em 25 ago. 2008.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo