

## **Avaliação espaço-temporal das relações entre ecossistemas terrestre e aquático: estudo de caso da bacia da UHE Passo Real da região sul do Brasil**

Gisieli Kramer<sup>1</sup>  
Waterloo Pereira Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Departamento de Geociências  
Av. Roraima, 1000, Santa Maria – RS, 97105-970, Brasil  
gisaufsm@yahoo.com.br; waterloopf@gmail.com

**Abstract.** The purpose of the research included the analysis of the landuse in different watersheds relating them to the measurements of Total Solids Suspension (TSS) and secchi disc transparency of Passo Real hydroelectric power plant's reservoir. The maps were elaborated on Jacuí, Jacuí Mirim and Ingaí watersheds, which contemplated the plant's development stage (march) and the after-harvest stage with an exposed soil (may) in the year of 2009. The Thematic Mapper (TM) Landsat RGB/543 satellite images were used for the classification. The TSS variable and the Secchi disc transparency were measured in 22 sampled points located in the edge and in the main axis of the reservoir (in February, April and June/2009). In the classification the section "culture" pointed out in march: 61,46% Jacuí Mirim, 56,51% Ingaí e 49,55% Jacuí. In may, the section "exposed soil" stood out with 75,55% in the basin of Jacuí Mirim river, 56,51% in Ingaí river and 49,55% in Jacuí. The higher TSS average values were collected in June, and the lower ones in February. The Secchi disc transparency sample groups' data showed consistency with the TSS data once the water transparency was higher while the sediments concentration was lower. Over all, the dynamics that occurs in the aquatic environment of UHE Passo Real's reservoir is related to the entrance of water in the capture basins and suggests distincts water compartments results in different water colorations.

**Palavras-chave:** landuse; watershed; limnological variables; aquatic compartment; remote sensing; uso da terra; bacias hidrográficas, variáveis limnológicas; compartimento aquático; sensoriamento remoto.

### **1. Introdução**

Para o monitoramento de sistemas dinâmicos como um reservatório, torna-se necessário entender a evolução desse 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).

Neste enfoque, dados obtidos por sensores remotos e identificados através do mapeamento das imagens de satélites podem ser utilizados para investigar as formas de uso e cobertura da terra associado às alterações limnológicas. O processamento digital dessas imagens e a análise espacial de dados limnológicos como DS (profundidade Secchi – Kirk, 1983) e TSS (total de sedimentos em suspensão – CETESB, 1987) possibilitam a identificação de distintos compartimentos no ecossistema aquático.

Os compartimentos aquáticos são definidos individualmente por massas de água com condições ambientais similares ao longo de sistema hídrico (Pereira Filho & Novo, 2002) e 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.

Em estudos com essa abordagem destacam-se trabalhos 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. 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, Figura 1.

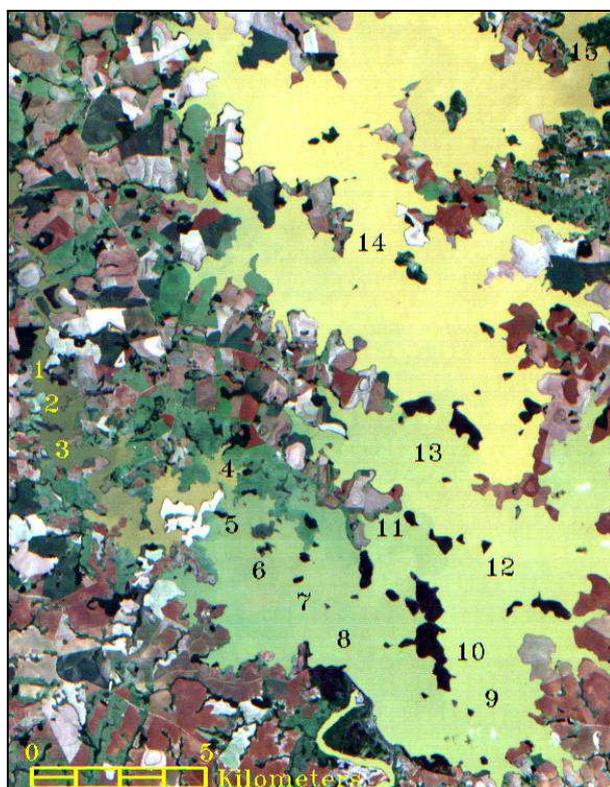


Figura 1: Composição colorida dos canais 3 (vermelho), 2 (verde) e 1 (azul) do sensor TM/LANDSAT 5, mostrando o reservatório Passo Real e a localização dos quinze pontos de amostragem.

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 partir disso, o objetivo dessa pesquisa foi investigar de forma integrada dados de uso e cobertura da terra das BH (bacias hidrográficas) Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí e dados de TSS e profundidade Secchi do reservatório da UHE Passo Real – Rio Jacuí – RS para compreender a formação de distintos compartimentos aquáticos desse ecossistema.

## 2. Metodologia de Trabalho

O estudo teve como base a elaboração de mapas de uso e cobertura da terra das BH Jacuí, Jacuí Mirim e Ingaí e a análise de dados limnológicos no reservatório da UHE Passo Real. No aplicativo Spring (Câmara et al., 1996) foram elaborados os mapas com o uso de imagens do satélite Landsat do sensor TM 5 nas bandas 543/RGB (na escala de 1: 400.000) para as datas: 03-03 (1ª fase agrícola – cultivo da soja e do milho) e 22-05 (2ª fase agrícola – solo exposto) de 2009.

As classes definidas e obtidas a partir da classificação supervisionada contemplam: *Cultura agrícola* (áreas destinadas ao cultivo agrícola, incluindo as pastagens), *área florestal*

(florestas nativas; plantadas; matas ciliares; capoeirões), *solo exposto* (áreas em pouso destinadas às atividades agrícolas e áreas urbanizadas), *campo* (áreas com vegetação rasteira destinadas a pecuária e *água* (lâminas de água de rios e açudes). Sombra e nuvens também foram identificados.

A determinação em campo das variáveis limnológicas TSS (com coletas de amostras de água e posterior filtragem em laboratório – CETESB,1987) e do DS (com medições da transparência da água – Kirk, 1983) ocorreu nas datas: 06 e 07/02/2009 (1°), 17/04/2009 (2°) e 04/06/2009 (3°).

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), Figura 2.

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.

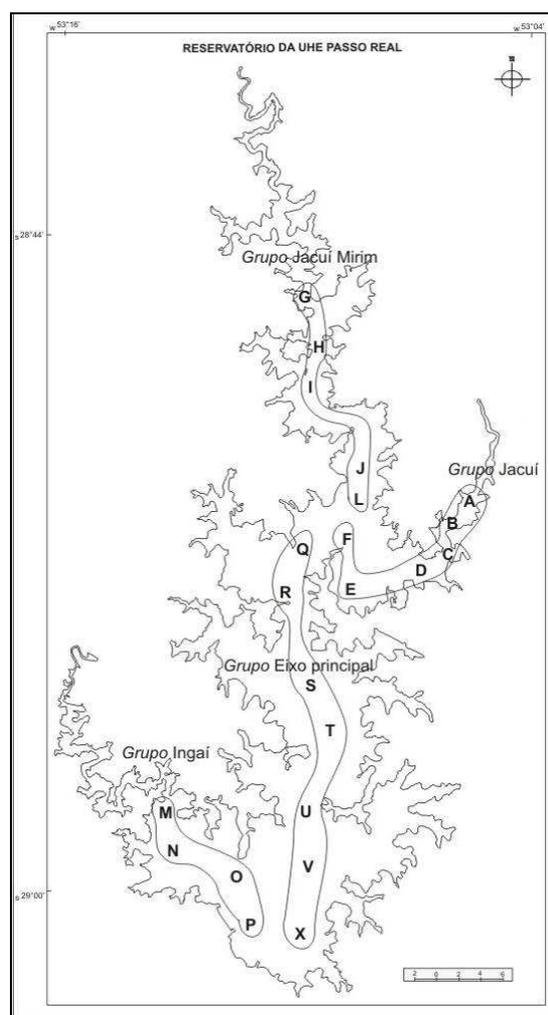


Figura 2: Grupos amostrais de dados limnológicos na UHE Passo Real

### 3. Resultados e discussão

As proporções em área ocupada pelas classes de uso e cobertura da terra nas BH para março e maio estão apresentadas nos mapas da Figura 3.

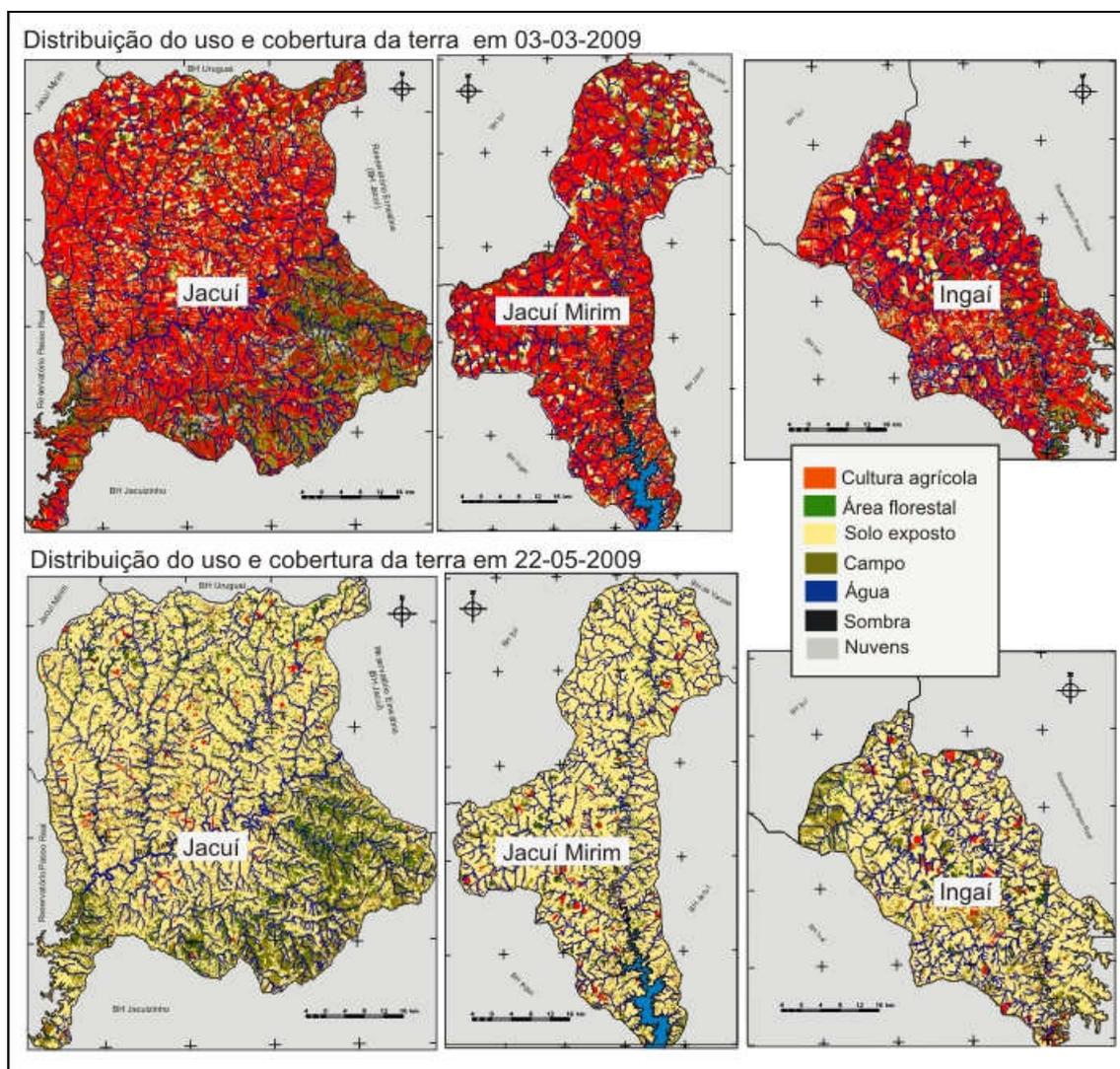


Figura 3: Uso e cobertura da terra em distintas fases agrícolas nas bacias hidrográficas

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 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. 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 (ha)	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).

A presença de áreas com atividades da pecuária com a criação de gado de corte e leiteiro também são características da região. 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.

### 3.1 Caracterização e análise do uso e cobertura das terras nas BH

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, no mês de março, as bacias dos rios Jacuí Mirim e do Ingaí apresentaram índices superiores da classe cultura que a bacia do rio Jacuí.

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.

### 3.2 Dados do TSS e da transparência da água na UHE Passo Real

Os dados do TSS mostraram concordância com os dados da medida da profundidade de Secchi, uma vez que, a transparência da água diminuiu à medida que a concentração do TSS aumentou. Os dados de TSS apresentaram média dos valores entre 1,83 e 9,33 mg/L, tendo em vista que as maiores médias foram encontradas, em geral, no mês de junho para os quatro grupos amostrais. Por outro lado, as médias dos dados da profundidade de Secchi oscilaram entre 0,64 e 2,61 metros e os menores valores foram identificados, grande parte, em junho para também os quatro grupos amostrais do reservatório da UHE Passo Real, Quadro 2.

Grupos amostrais	Concentrações de dados limnológicos					
	Fevereiro		Abril		Junho	
	TSS (mg/L)	DS (m)	TSS (mg/L)	DS (m)	TSS (mg/L)	DS (m)
Jacuí	4,33	0,95	7,00	1,01	9,33	0,64
Jacuí Mirim	2,06	1,78	2,53	1,36	5,73	0,76
Ingaí	1,83	2,61	1,33	2,50	2,16	1,85
Eixo principal	3,33	2,38	2,00	2,48	3,14	1,55

Quadro 2: Médias das concentrações dos valores de TSS e profundidade Secchi nos grupos amostrais do reservatório da UHE Passo Real

### 3.3 Caracterização e análise da concentração do TSS e profundidade Secchi nos grupos amostrais do reservatório

No mês de junho há maior exposição do solo na área de captação das BH que abastecem o reservatório, pois as culturas de inverno estão na fase inicial do desenvolvimento vegetativo. 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.

Aliado a isso, a passagem de uma frente fria causando precipitações na região uma semana antes da coleta proporcionou maior contribuição de materiais ao sistema hídrico.

No mês de abril, fase de conclusão da colheita, 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 médias inferiores para concentração do TSS em relação aos demais meses pelos menores índices de solo exposto nessa época, embora tenham ocorrido precipitações uma semana antes da coleta desse dado limnológico.

Ao comportar maiores descargas de sedimentos e nutrientes, o reservatório pode sofrer a influência de algas, aumentando a turbidez da água. Neste sentido, em junho, além da maior concentração do TSS pelos sedimentos em suspensão, a menor transparência da água sugere a presença de algas.

Contudo, 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. 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 e maior transparência da água.

### **3.4 Análise integrada: relação entre os ambientes terrestre e aquático**

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, apenas com áreas florestais isoladas, o reservatório da UHE Passo Real recebeu uma maior contribuição de sedimentos, alterando o TSS e provocando turbidez na água.

Desse modo, a quantificação da área de solo exposto nas bacias de captação apresenta relação com a variação dos dados de TSS e profundidade Secchi ao evidenciar que a transparência da água é menor na medida em que aumenta a concentração de sedimentos.

Sobretudo, a variação dos dados limnológicos dos grupos amostrais do reservatório da UHE Passo Real são alterados em função do uso e cobertura da terra nas bacias de captação e de acordo com a época agrícola. A dinâmica que ocorre nesse ambiente aquático está relacionada com a entrada de água dessas bacias de captação e sugerem distintos compartimentos aquáticos pelo modo mistura que resultam diferentes colorações na água.

### **Agradecimentos**

Pelo financiamento a esta pesquisa, dado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ – Processo nº 484712/2007-1 (Caracterização espectral e limnológica de ambientes lênticos no Rio Grande do Sul, com abordagem espaço-temporal).

### **4. Conclusões**

A partir dos resultados abordados 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.

Contudo, 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. Bibliografias

- Branco, S. M. **Poluição: A Morte de Nossos Rios**. Rio de Janeiro: GB, 1993.157pg.
- Câmara et al. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**" Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987.
- Kirk, J.T.O. **Light and photosynthesis in aquatic ecosystems**. University Press, Cambridge, 1983. 401p.
- 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.; 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.
- 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.
- 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.
- 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.

