

## Transparência associada à reflectância da água do reservatório Passo Real

Felipe Correa dos Santos <sup>1</sup>  
Waterloo Pereira Filho <sup>1</sup>  
Gustavo Rodrigues Toniolo <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE  
Laboratório de Geotecnologias/Departamento de Geociências  
Avenida Roraima, n. 1000 – 97105-900 – Santa Maria - RS, Brasil  
felipecorrea\_rs@hotmail.com  
{ waterloopf; gustavotoniolo1 } @gmail.com

**Abstract.** The water quality monitoring is generally done from in situ sampling. However, the financial operational cost is high, beyond the difficult sampling in different sectors of the hydric body. As a possible solution for this problem, it can be used the historical basis of Landsat 5 TM images that allow the realization of space-temporal studies of aquatic environments. In this context, the present research proposes to verify the relation between water transparency data identified in situ and the values of spectral reflection of the Passo Real Reservoir obtained through Landsat 5 images. The water transparency was measured in situ with the use of a Secchi disc in 31 sample points of the reservoir. The satellite image used for the analysis of the water reflection were produced by the Landsat 5 TM satellite. In the analysis from April 2009 the measures of transparencies of the Passo Real Reservoir in its major were superior to 100 centimeters. The reflection data indicates that the main alterations correspond to the tributary sectors of the Passo Real Reservoir. The spectral data of the Band 3 of the TM sensor were related with the water transparency variable in the 31 sample points. The models generated by linear regression showed that the water transparency have relation with the reflection data in the red region. The satellite images characterize themselves in important tools for the comprehension of the space-temporal functioning of the reservoir.

**Palavras-chave:** Thematic Mapper image, Sechi disc, Imagem Thematic Mapper, water quality, disco de Sechi, qualidade da água.

### 1. Introdução

A transparência da água constituindo-se em uma variável óptica aparente, influenciada pela própria água e pelos constituintes opticamente ativos nela suspensos e dissolvidos, pode ser usada como indicadora da presença desses materiais na água.

Tradicionalmente, o monitoramento da qualidade da água é realizado a partir da amostragem *in situ*. No entanto, o custo financeiro e operacional é alto, além da difícil amostragem em diferentes setores do corpo hídrico. Como possível solução para este problema, pode ser utilizada a base histórica de imagens Landsat 5 TM que permite a realização de estudos espaço-temporais de corpos d'água (Wang et al., 2004; Wachholz, 2012).

As técnicas de sensoriamento remoto se fundamentam no processo de interação entre a radiação eletromagnética (REM) e os diferentes objetos dos quais se pretende extrair algumas informações. Em estudos de recursos naturais da superfície terrestre, o fenômeno de reflexão é amplamente explorado, uma vez que as intensidades de radiação refletida pela superfície podem ser registradas (por sensores terrestres, aéreos ou orbitais) e desses registros, as informações podem ser extraídas e disponibilizadas no atendimento de diferentes aplicações (Ponzoni et al., 2007). O uso destas técnicas para monitoramento de reservatórios torna-se importante para sua compreensão em função de suas características que afetam a qualidade da água.

Inserida neste contexto, a presente pesquisa teve por objetivo verificar a relação entre dados de transparência da água identificados em campo e os valores de reflectância espectral do reservatório Passo Real obtidos por imagem Landsat 5 TM.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Características gerais da área de estudo

A Usina Hidrelétrica Passo Real (Figura 1) possui uma potência instalada de 158.000 kW distribuídos em 2 geradores de 79.000 kW e sua localização geográfica fica no município de Salto do Jacuí, no Estado do Rio Grande do Sul. Com um perímetro de 578 Km, o reservatório atinge áreas territoriais na sua margem direita dos Municípios de Selbach, Ibirubá, Quinze de Novembro, Fortaleza dos Valos e Salto do Jacuí e margem esquerda: Alto Alegre, Campos Borges, Jacuizinho e Salto do Jacuí. A barragem é do tipo gravidade/enrocamento com núcleo de argila com extensão 3.800m (COAJU, 2009).

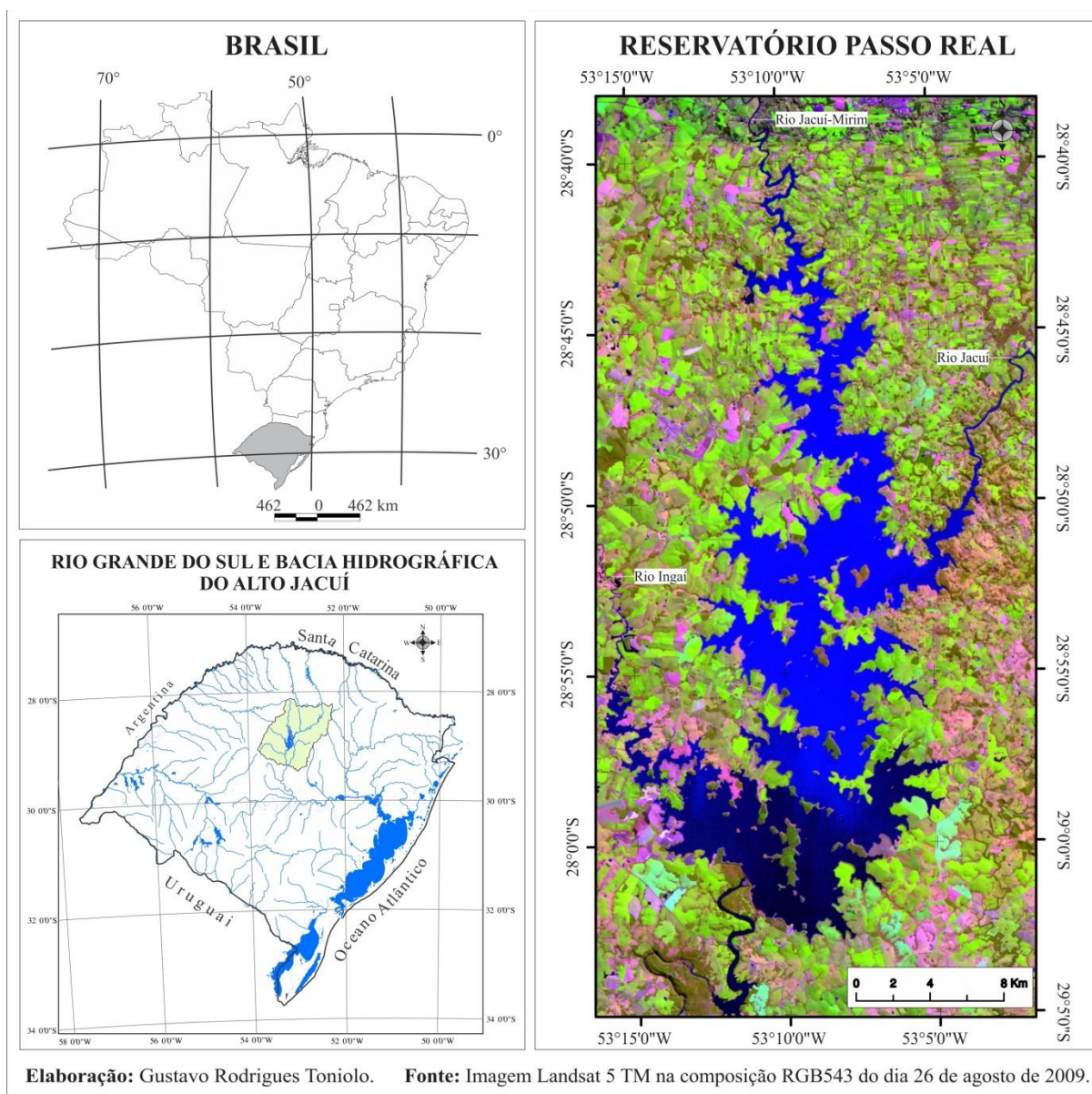


Figura 1. Localização do reservatório Passo Real.

No reservatório Passo Real a área correspondente à faixa de 100 metros de seu entorno apresenta-se ocupada de maneira intensiva por atividades agropecuárias. Ocorre também, a presença de ocupação residencial, predominantemente com fins de lazer. A região que compreende a área do reservatório tem sua economia baseada no setor primário, especificamente na produção do trinômio trigo-milho-soja. A cultura desse trinômio agrícola

ganha destaque no entorno do reservatório Passo Real que, graças ao potencial agrícola dos solos, é intensamente desenvolvida. A aveia, em muitas áreas, também é cultivada, mas seu destino é basicamente para alimentação animal, assim como o milho. Praticadas em menor escala, mas apontadas como atividades em crescimento, ocorrem a fruticultura, principalmente de caqui, pêsego, pera, tangerina, além da produção de fumo e de tomate (CEEE-GT, 2009).

## 2.1 Obtenções de dados em campo e laboratório de processamento de imagens

Para a realização da presente pesquisa no reservatório Passo Real foram utilizadas metodologias distribuídas em duas fases: obtenção de dados em campo e em laboratório de processamento de imagens. Salienta-se que a presente pesquisa está relacionada a um projeto financiado pelo CNPq nº 484712/2007-1 (*Caracterização Espectral e Limnológica de Ambientes Lênticos no Rio Grande do Sul, com Abordagem Espaço-Temporal*).

Para a realização dos trabalhos de campo, Pereira Filho *et al.* (2010) estabeleceram 31 estações amostrais equidistantes que contemplam as diferenças espectrais encontradas no reservatório (Figura 2).

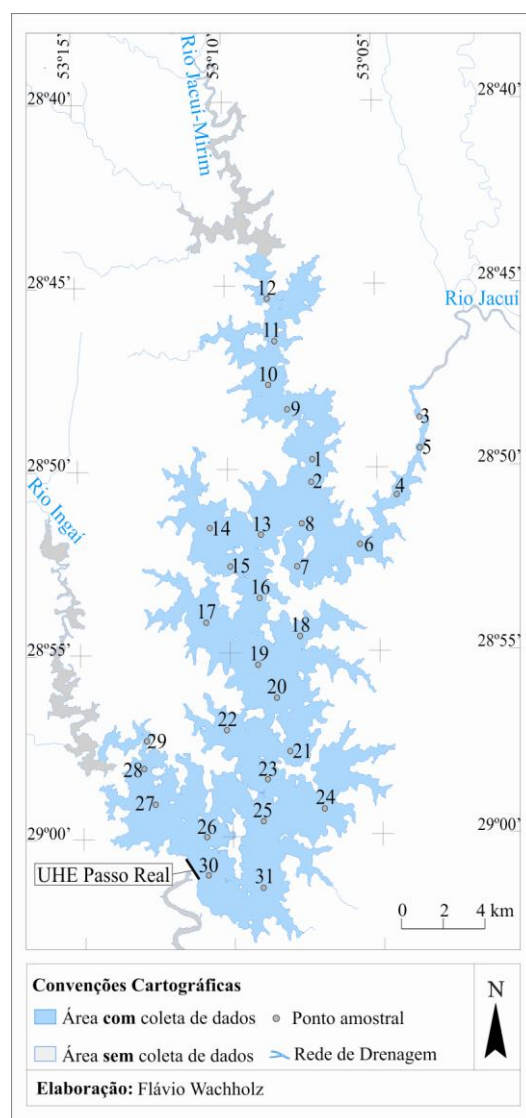


Figura 2. Localização das estações amostrais no Reservatório Passo Real.  
Fonte: Adaptado de Wachholz (2011).

A transparência da água foi obtida com o uso de um disco de Secchi. A obtenção dos dados desta variável ocorre com submersão de um disco branco com 25 cm de diâmetro suspenso horizontalmente por uma corda graduada. A medida da transparência corresponde ao desaparecimento do disco quando mergulhado na água. As medições foram somente com céu claro (BARTRAM; BALANCE, 1996; WETZEL, 2000).

A imagem de satélite utilizada para a análise da refletância da água foi produzida pelo satélite Landsat 5, sensor TM, a partir das quais é possível a extração de pixels puros em função da resolução espacial de 30 metros. A seleção de imagem foi a partir da disponibilidade de cena sem presença de nuvens em data mais próxima à realização do trabalho de campo, conforme apresentado na Quadro 1.

Quadro 1. Datas dos trabalhos de campo e das imagens de satélite.

Data de coleta de dados de transparência <i>in situ</i>	Data da imagem selecionada (reflectância)	Defasagem entre data dos dados de transparência e reflectância (em dias)
17 e 18.04.2009	20.04.2009	2

A imagem do satélite Landsat 5 TM foi adquirida gratuitamente no catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>). A área referente ao reservatório Passo Real está compreendida na órbita/ponto 222/80.

O processamento das imagens foi realizado no software ENVI 5.0. A banda 3 (626-693 nm) correspondente à região do vermelho no espectro eletromagnético foi corrigida dos efeitos da atmosfera pelo método da Subtração do Pixel Escuro (*Dark-Object Subtraction*), proposto por Chavez Junior (1988). Os valores em números digitais da imagem foram transformados em valores de radiância espectral e após convertidos em reflectância de superfície conforme métodos descritos em Markham e Barker (1986).

Dados pontuais de reflectância foram consultados na imagem a partir das coordenadas geográficas dos 31 estações de coleta do reservatório. Com os dados limnológicos e espectrais organizados em tabelas no aplicativo Excel foi realizado testes estatísticos de regressão para interpretar e comparar os dados estudados.

A imagem convertida em valores de reflectância foi importada no *software* SPRING e realizada a espacialização destes dados por fatiamento em 21 classes. Para a espacialização da transparência da água, os dados foram inseridos no banco de dados geográfico do *software* SPRING, na forma de modelo numérico do terreno (MNT). Para cada data foi gerada uma grade retangular (interpolador por média ponderada), que posteriormente foi utilizada no fatiamento em 20 classes temáticas definidas e ponderadas de acordo com os estados tróficos definido por Carlson (1977) e modificados por Lamparelli (2004).

### 3. Resultados e Discussão

A espacialização dos dados demonstra que no período de Abril de 2009 (Figura 3) apresentou setores transparentes caracterizando um estado ultraoligotrófico em quase totalidade do reservatório. Os setores com redução de transparência correspondentes à entrada dos rios Jacuí, Jacuí-Mirim e Ingaí apresentaram maior reflectância para o mesmo período. Salienta-se que a diferença de datas das imagens em relação ao campo é um período de dois dias.



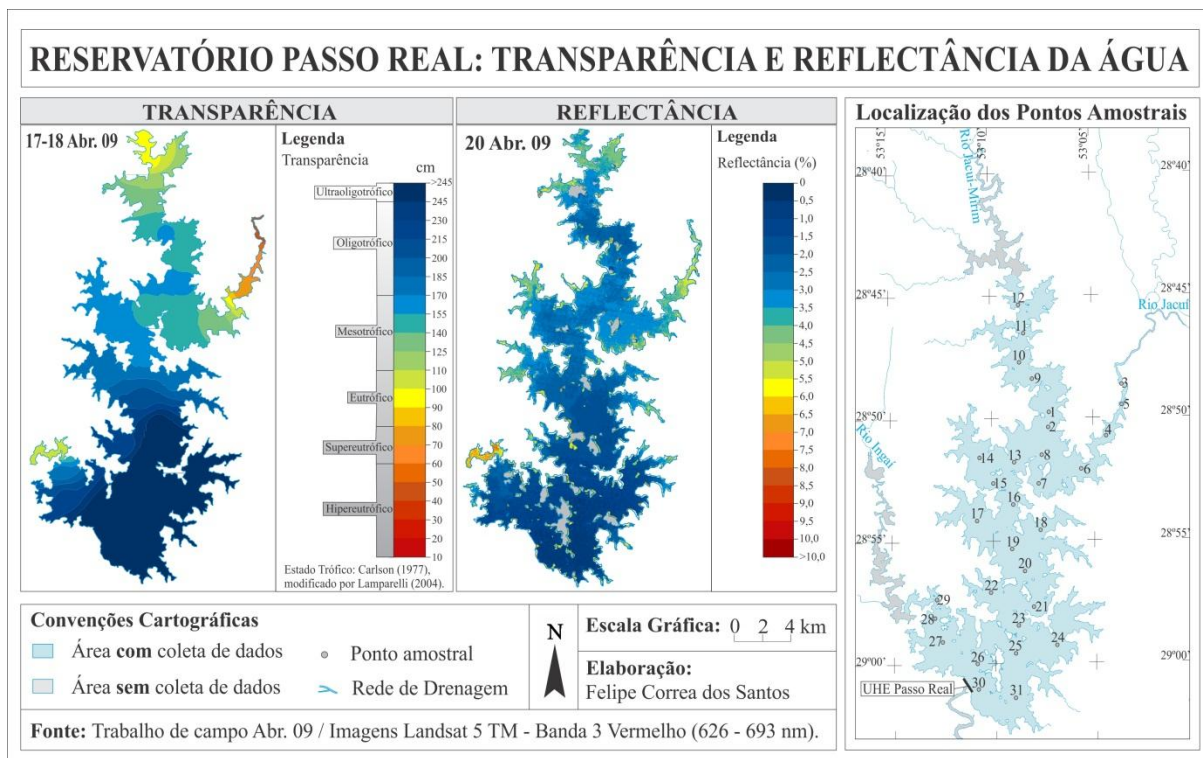


Figura 3. Espacialização da transparência e refletância da água do reservatório Passo Real (Abril de 2009).

Os dados de transparência e refletância da água apresentaram ajuste linear com forte coeficiente de determinação ( $R^2=0,91$ ) (Figura 4). Este fato pode estar associado a pouca diferença de tempo entre a coleta de dados em campo e a passagem do satélite (2 dias). A estação amostral PR05 foi o que apresentou menor transparência (45 centímetros) e maior refletância neste período e demonstra a situação do setor de entrada do rio Jacuí no reservatório. Em situação oposta encontra-se a estação amostral PR30 com transparência de 335 centímetros e baixo valor de refletância. A estação amostral PR15, localizado no setor central do reservatório, representa a mediana dos dados de transparência que na regressão configura-se entre os dados intermediários na dispersão.

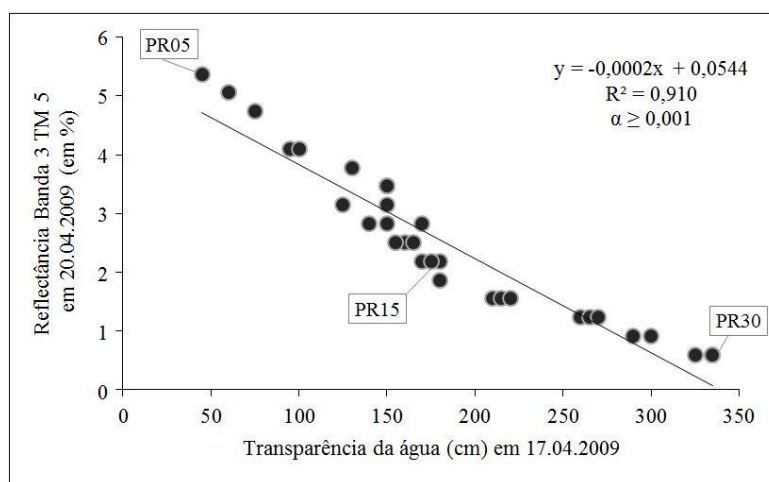


Figura 4. Gráfico de dispersão dos valores de refletância da Banda 3 TM e medidas de transparência da água do reservatório Passo Real (Abril de 2009).

#### 4. Conclusões

A transparência da água medida em campo com o uso de Disco de Secchi foi comparada com os valores de reflectância na faixa do vermelho (TM3) de imagens Landsat 5 em 31 estações amostrais do reservatório Passo Real. O período estudado se caracterizou por águas transparentes em quase todo o reservatório. A reflectância é mais elevada em estações de coletas que apresentaram baixa transparência da água. Os setores que mais sofreram diminuição de transparência correspondem às entradas de rios no reservatório. Foram encontradas fortes correlações entre os dados e padrões no que se refere aos diferentes setores do reservatório.

A transparência da água é uma variável altamente dinâmica e ao se correlacionar dados obtidos *in situ* com os de imagem e satélite deve ser observada a defasagem entre as datas de coletas. O grau de correlação entre os dados dependerá da dinâmica do reservatório no período de defasagem entre campo e imagem. As imagens de satélite caracterizaram-se em importantes ferramentas para compreensão do funcionamento do reservatório. Embora pesquisadores devam estar cientes que frequentemente a cobertura de nuvens reduz a disponibilidade de imagens Landsat reduzindo a possibilidade de monitoramento constante de um ambiente aquático.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), processo 474812/2007-1, pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho.

#### Referências Bibliográficas

- Bartram, J.; Balance, R. **Water Quality Monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. London: E & FN SPON, 1996.
- Carlson, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology Oceanography**, v. 22: p. 361-80, 1977.
- CEEE-GT (Companhia Estadual de Geração de Energia Elétrica – Geração e Transmissão). **Plano de uso e ocupação do solo no entorno do Reservatório da UHE Passo Real**. Porto Alegre: PROFFIL, 2009.
- Chavez Junior, P. S.; An Improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 459-479, 1988.
- COAJU – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. **Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí: consolidação das informações existentes sobre os recursos hídricos da bacia**. Relatório Temático – RT 2, 2009, Passo Fundo, 2009.
- Lamparelli, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 238f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2004.
- Markham, B. L.; Barker, J. L.; Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperature. **EOSAT Landsat Technical Notes**, Nº 1, August, 8p., 1986.
- Pereira filho, W.; et al. **Caracterização espectral e limnológica de ambientes lentícos e lótícos no Rio Grande do Sul, com abordagem espaço-temporal**. Relatório Técnico apresentado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) processo nº 484712/2007-1 como comprovante das atividades referentes ao projeto, 2010.
- Ponzoni, F. J.; Zullo Junior, J.; Lamparelli, R. A. C. **Calibração absoluta de sensores orbitais: conceituação, principais procedimentos e aplicação**. São José dos Campos, SP: Ed. Parêntese, 65p.
- Wachholz, F. **Influência das bacias hidrográficas e características espaço-temporal de variáveis limnológicas em reservatórios no Rio Grande do Sul**. 2011. 191 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

Wachholz, F.; Cabral, J. Impacto das Usinas Hidrelétricas a modo de fio d'água no rio Claro na transparência da água, com o uso de dados espectrais de imagens Landsat TM5. In: Symposium SELPER, 15, 2012, Caiena. **Anais...** Caiena: PROCEEDINGS SELPER, 2012. p. 1-8.

Wang, Y, Xia, H, Fu, J, Sheng, G. Water quality change in reservoirs of Shenzhen, China: detection using LANDSAT/TM data. **Science of The Total Environment**, v. 328, n. 1-3, p. 195-206, 2004.

Wetzel, R. G. **Limmological analyses**. 3rd. ed. New York, NY: Springer, 2000.