

Análise temporal de florações de algas identificadas por imagens de satélite no reservatório Passo Real – RS

Francieli de Lima Sarmento^{1,2}
Waterloo Pereira Filho^{1,2}

¹Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Caixa Postal 5082 - 97105-900 - Santa Maria - RS, Brasil
francieli.sarmento@gmail.com

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/CRS
Caixa Postal 5021 - 97105-970 - Santa Maria - RS, Brasil
waterloopf@gmail.com

Abstract. The intense and inappropriate use of water contained in reservoirs and lakes may cause great and severe consequences. The use of appropriate tools, the monitoring and protection of aquatic environments may become more effective. The geotechnologies are shown as an important instrument. The goal is to identify and analyze algae flowering events using the Geographical Information System and remote sensing techniques in the Reservoir of Passo Real, RS. In order to accomplish the study, at first, 11 images were used from the LandSat 5 TM satellite of the month of October of the years 1984 to 2011. The image processing was performed in the software ENVI version 4.7, by atmospheric corrections, and radiance and reflectance calculations. Then the identification of reflectance values of 31 sample stations that contemplate the spectral differences found in the reservoir was performed. The analysis related to the flowering of algae in the Reservoir of Passo Real were made, identifying the wavelengths that are more susceptible to the effects of high concentrations of chlorophyll-a. According to the obtained values, the flowering of algae in the Reservoir is sporadic and when it occurs, the flowering in the points 26, 27 and 28 – located in the southwest part of the reservoir – prevails. The data show the influence of Jacuí River in the values of the bands thus indicating the transition zone between the waters of the river and the reservoir.

Palavras-chave: image processing, reflectance, chlorophyll-a, processamento de imagens, reflectância, clorofila-a.

1. Introdução

Um tema cada vez mais presente nas discussões acadêmicas, educativas e sociais é a interferência antrópica em ecossistemas aquáticos. O uso intenso e inadequado da água presente em reservatórios e lagos podem gerar grandes e graves consequências. Frente a isso, ações a fim de proteger tais recursos foram criadas. Com o uso de ferramentas adequadas, o monitoramento e proteção dos sistemas aquáticos poderão tornar-se mais eficazes. As geotecnologias relacionadas ao Sensoriamento Remoto e ao Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) mostram-se como um importante instrumento.

A presença de algas em lagos e reservatórios serve como indicadora da qualidade da água. Em função disso, profissionais que atuam no manejo destes sistemas tem como um de seus objetivos o controle do florescimento de espécies de algas potencialmente tóxicas, como as cianobactérias, que produzem toxinas consideradas um risco à saúde pública (Londe et al., 2005; Corazza, 2010).

Com o objetivo de identificar e analisar eventos de florações de algas com o uso de imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto foi escolhido como área de estudo o Reservatório Passo Real.

No Rio Grande do Sul, cinco usinas hidrelétricas foram construídas no alto curso do Rio Jacuí, tendo em vista o aproveitamento de seu potencial hidrelétrico. A Usina Hidrelétrica Passo Real (Figura 1) é o maior reservatório do Sistema Jacuí, com 233,4 Km² (COAJU, 2014).

A Usina Hidrelétrica Passo Real é localizada no município de Salto Jacuí (RS) e possui um perímetro de 578 km, abrangendo áreas territoriais em sua margem direita nos municípios de

Selbach, Ibirubá, Quinze de Novembro, Fortaleza dos Valos e Salto do Jacuí. Na margem esquerda, Alto Alegre, Campos Borges, Jacuizinho e Salto do Jacuí (COAJU, 2009).

Na área correspondente à faixa de 100m no entorno no reservatório Passo Real há atividade agropecuárias intensivas. Também ocorre a ocupação residencial, predominante com fins de lazer (CEEE-GT, 2009). Segundo o relatório “Análises das características da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, utilizando imagens do satélite CBERS” elaborado pelo Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, nas margens no reservatório UHE Passo Real há poucos remanescentes de mata ciliar devido ao uso intensivo do solo com agricultura e pastagem, próximos aos corpos hídricos (MPRS, 2008).

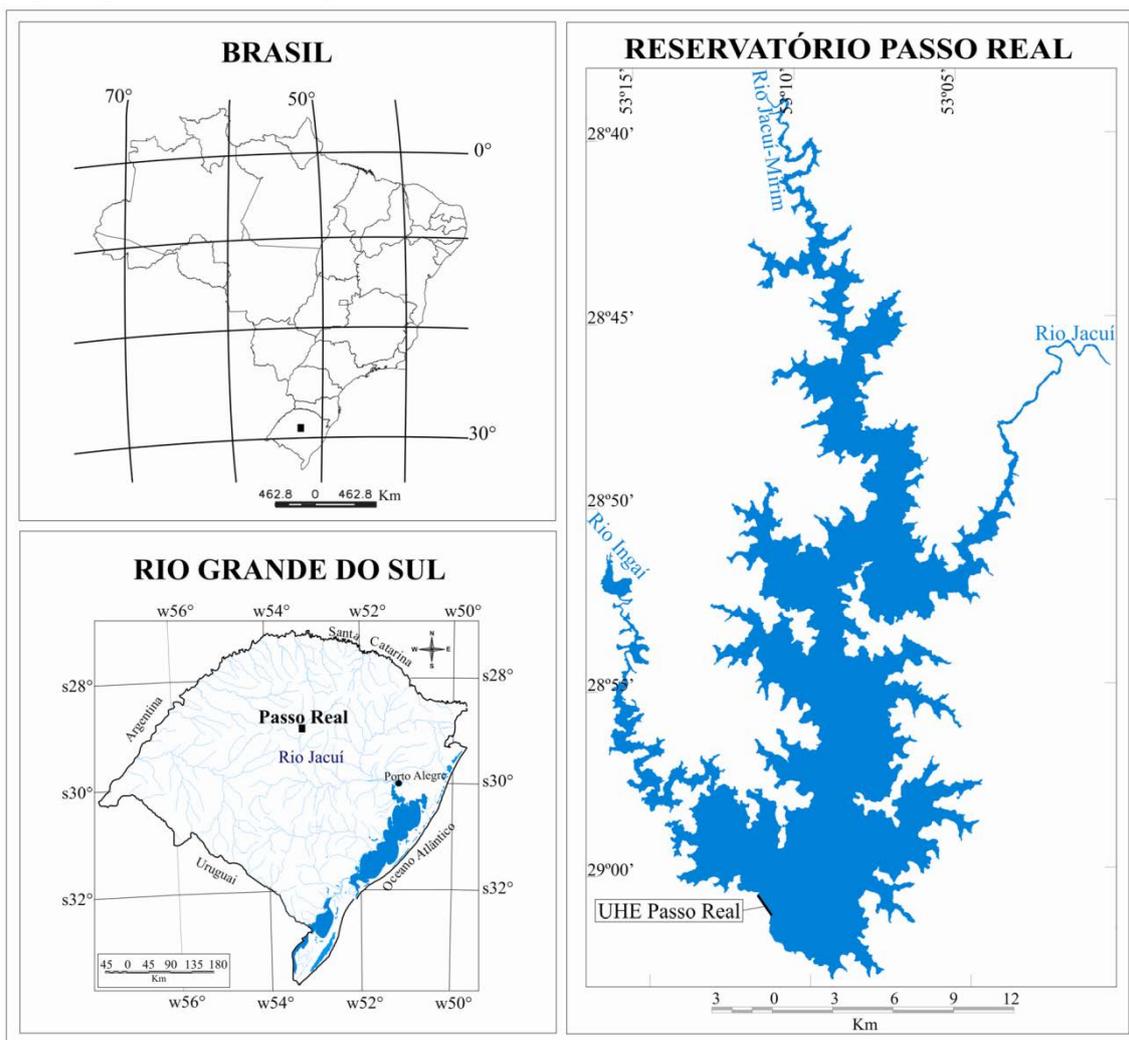


Figura 1. Localização do Reservatório Passo Real – RS.
Fonte: Santos, 2012.

2. Metodologia de Trabalho

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, primeiramente, optou-se pelas imagens do satélite *Landsat 5 TM*, obtidas através do *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Elegemos as imagens *Landsat 5 TM* do mês de outubro de cada ano no período de 1984 até 2011. Dentre estas, selecionou-se aquelas com mínima cobertura de nuvens no reservatório Passo Real. Onze (11) imagens de satélite foram identificadas como úteis ao atendimento dos objetivos, sendo elas: 1984, 1985, 1991, 1992, 1995, 1999, 2001, 2003, 2006, 2009 e 2011.

O pré-processamento das imagens foi realizado no *software* ENVI versa 4.7. Este passo consistiu na correção atmosférica, no cálculo da radiância e no cálculo da reflectância. Para

estes, utilizaram-se as ferramentas *Compute Statistics*, *DarkSubtract* e *Band Math*, respectivamente.

Com as imagens pré-processadas, o passo seguinte foi a identificação do valor de reflectância em de 31 estações amostrais que contemplam as diferenças espectrais encontradas no reservatório (Pereira Filho et al., 2010).

Nesta fase os valores de reflectância de cada banda (bandas 1, 2, 3 e 4) de cada uma das 31 estações presentes em cada uma das 11 imagens foram registrados em uma tabela do programa Excel e, ao final da captura dos valores de cada ano, um gráfico foi gerado. Para este processo utilizou-se a ferramenta *Pixel Locator* do software ENVI. A partir dos gráficos foram feitas análises relacionadas à floração de algas no Reservatório Passo Real, identificando os comprimentos de onda mais susceptíveis aos efeitos de altas concentrações de clorofila-a. A Figura 2 mostra a distribuição espacial das estações amostrais do reservatório Passo Real.

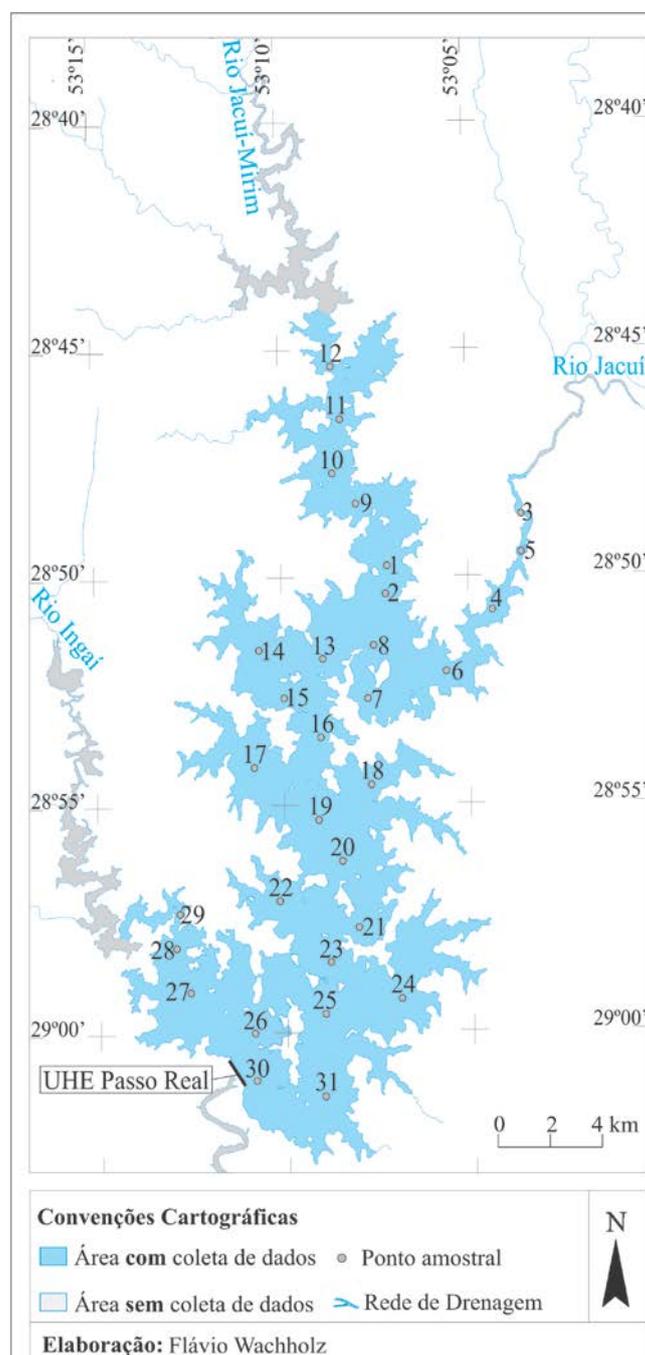


Figura 2. Localização dos pontos amostrais no Reservatório Passo Real. Fonte: Santos, 2012.

3. Resultados e Discussão

Foram trabalhados os comprimentos de onda que se estendem do visível ao infravermelho próximo, abrangendo as bandas 1, 2, 3 e 4. Novo (2008) destaca que a vegetação possui alta reflectância de 0,7 μm a 1,3 μm , devido à interferência da estrutura celular. A água em seu estado líquido apresenta baixa reflectância nas bandas 1, 2 e 3, absorvendo toda a radiação acima de 0,7 μm . Outra característica que merece destaque da água é que esta, quanto mais pura, mais baixa é sua reflectância.

O aumento da biomassa do fitoplâncton aumenta também a reflectância em todos os comprimentos de onda, principalmente na região do infravermelho próximo, onde o espalhamento celular supera o efeito de absorção pela água. Um aspecto relevante em relação às águas com altas concentrações de fitoplâncton, onde ocorrem florações à superfície, é que seu comportamento espectral se assemelha ao da vegetação terrestre, com um máximo de reflectância no verde, e no infravermelho nas regiões mais distantes das bandas de absorção da água (Novo, 2008).

Este comportamento também foi verificado por Londe (2009) para amostras de fitoplâncton no Reservatório de Ibitinga (SP). A autora destaca que aumentando a concentração de clorofila-a a reflectância diminuiu na região espectral do azul, mostrando um pico menor na região do verde e aumento na região do infravermelho.

Episódios de florações de algas foram considerados nas situações em que se identificaram espectros de reflectância da imagem com a configuração típica da vegetação. Portanto, foram considerados como florações espectros que: a) mostraram reflectância na faixa verde do espectro eletromagnético, canal 2 do *ThematicMapper* (TM), maior do que a reflectância do canal 3; b) quando a reflectância do canal 4 for maior do que o canal 3, neste caso, aponta-se para ocorrência de altíssima concentração.

As imagens foram agrupadas de acordo com o comportamento dos valores das bandas 2, 3 e 4. Os grupos de imagens foram assim definidos em função de floração de algas: sem floração; floração setor sudoeste; altíssima floração; quase floração; floração bem distribuída.

3.1 Sem floração

No gráfico da imagem do ano de 1984, nota-se uma configuração homogênea das linhas, prevalecendo valores altos na banda 3, indicando assim, a ausência de floração de algas (Figura 3). Esta situação indica alta concentração de sólidos inorgânicos em suspensão.

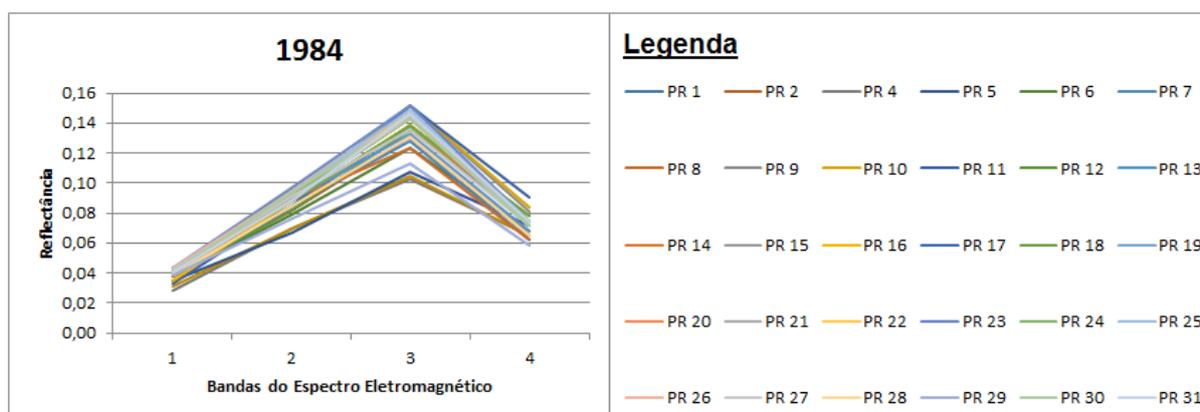


Figura 3. Gráfico do ano 1984.

3.2 Floração no setor sudoeste

No gráfico da imagem do ano de 1985 formam-se dois grupos, um homogêneo nos pontos mais a montante do reservatório, indicando valores mais altos para a banda 3. Mais a sudoeste do reservatório foi identificada floração de algas nos pontos 28 e 29. Há, ainda, pontos na entrada das águas do Jacuí indicando ser uma zona de transição para o ambiente lântico.

A imagem do ano de 2001 apresenta a maior parte do reservatório sem floração, com valores da banda três maiores que as demais. No entanto, a jusante do reservatório, os pontos 26, 27 e 30 apresentam valores maiores para a banda 2 em comparação com a banda 3. Nos demais pontos observa-se uma diferença menor entre os valores da banda 3 com as bandas 2 e 4, embora não tenha apresentado valores maiores para estas duas últimas bandas em relação a banda 3.

Os dados oriundos da imagem de 2011 apresentam ausência de floração na maior parte do reservatório Passo Real, com pontos localizados a montante do reservatório indicando valores mais altos para a banda 3. Mais a sudoeste do reservatório, pontos amostrais indicam tendência à ocorrência de floração, mas somente nos pontos 28 e 29 é, de fato, ocorre, possuindo valores da banda 2 maiores que os valores da banda 3 (Figura 4).

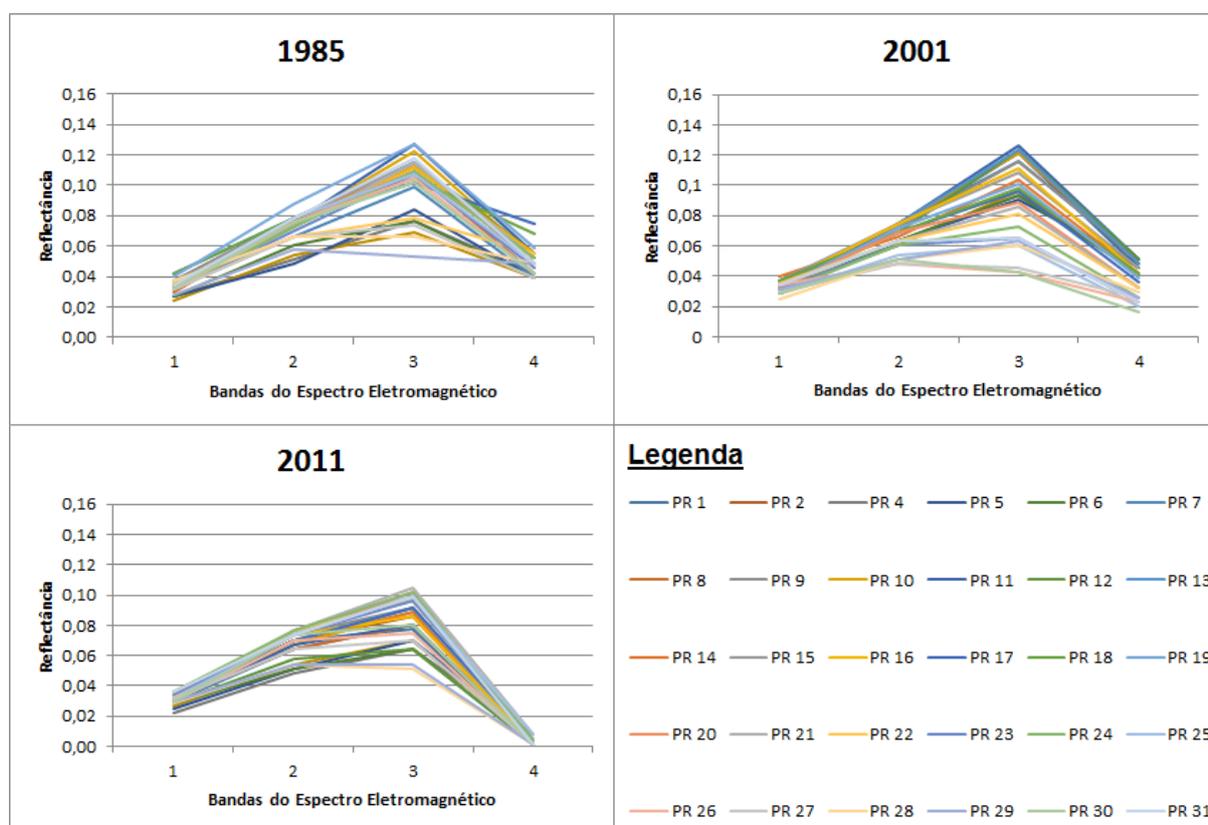


Figura 4. Gráficos dos anos 1985, 2001 e 2011.

3.3 Altíssima Floração

No gráfico da imagem do ano de 1991 apresentou valores da banda 2 maiores que os da banda 3 do ponto 20 ao 31, exceto nos pontos 29 e 30, portanto, a sudoeste do reservatório. Os pontos localizados na entrada das águas do Jacuí indicam ser uma zona de transição para um ambiente lântico. Em outros pontos nota-se uma tendência em apresentarem valores da banda 2 maiores que os valores da banda 3. O ponto 27 apresentou valor da banda 4 maior. No ano de 1999 nota-se em seu gráfico valores da banda 2 maiores que os valores da banda três nos pontos 27, 28, 26, 30 e 31, localizados no sudoeste da bacia. Os pontos localizados na entrada das águas do Jacuí indicam ser uma zona de transição para um ambiente lântico. Nos pontos 26, 27 e 28 foram encontrados valores da banda 4 maior do que os valores da banda 3, indicando altíssima concentração de clorofila-a.

A imagem do ano de 2009 apresenta em sua maior parte homogêneo, com valores da banda três maiores que as demais. No entanto, a jusante do reservatório, os pontos 27 e 30 apresentam valores maiores para a banda 2 em comparação com a banda 3. Os pontos 26, 28 e 29 apresentaram valores mais altos para a banda 4 em comparação com a banda 3 (Figura 5).

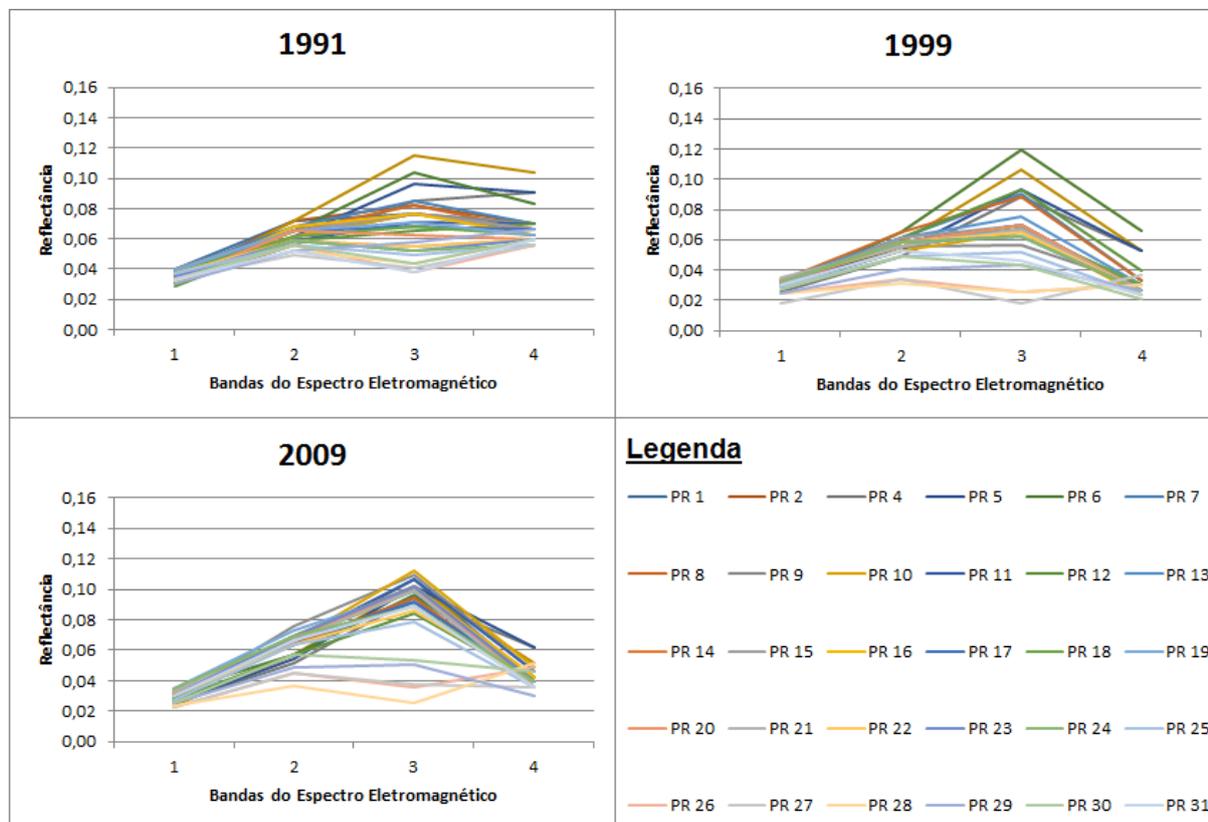


Figura 5. Gráficos dos anos 1991, 1999 e 2009.

3.4 Quase floração

A imagem da Figura 6 apresenta dois grupos, um homogêneo nos pontos a montante do reservatório, com valores da banda três maiores que as demais. O segundo grupo apresenta uma diferença menor entre os valores da banda 3 com as bandas 2 e 4, embora não tenha apresentado valores maiores para estas duas últimas bandas em relação a banda 3.

O gráfico da imagem do ano de 1995 apresenta em sua maior parte homogêneo, com valores da banda três maiores que as demais. No entanto, a jusante do reservatório, pontos apresentam uma diferença menor entre os valores da banda 3 com as bandas 2 e 4, embora não tenha apresentado valores maiores para estas duas últimas bandas em relação a banda 3.

3.5 Floração bem distribuída

O gráfico da imagem do ano de 2003 apresenta-se heterogêneo, com pontos indicando zonas de transição rio/reservatório, ausência e presença de clorofila. Valores que indicam floração de algas foram encontrados nos pontos 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 30 e 31, localizados na porção central e sudoeste do reservatório.

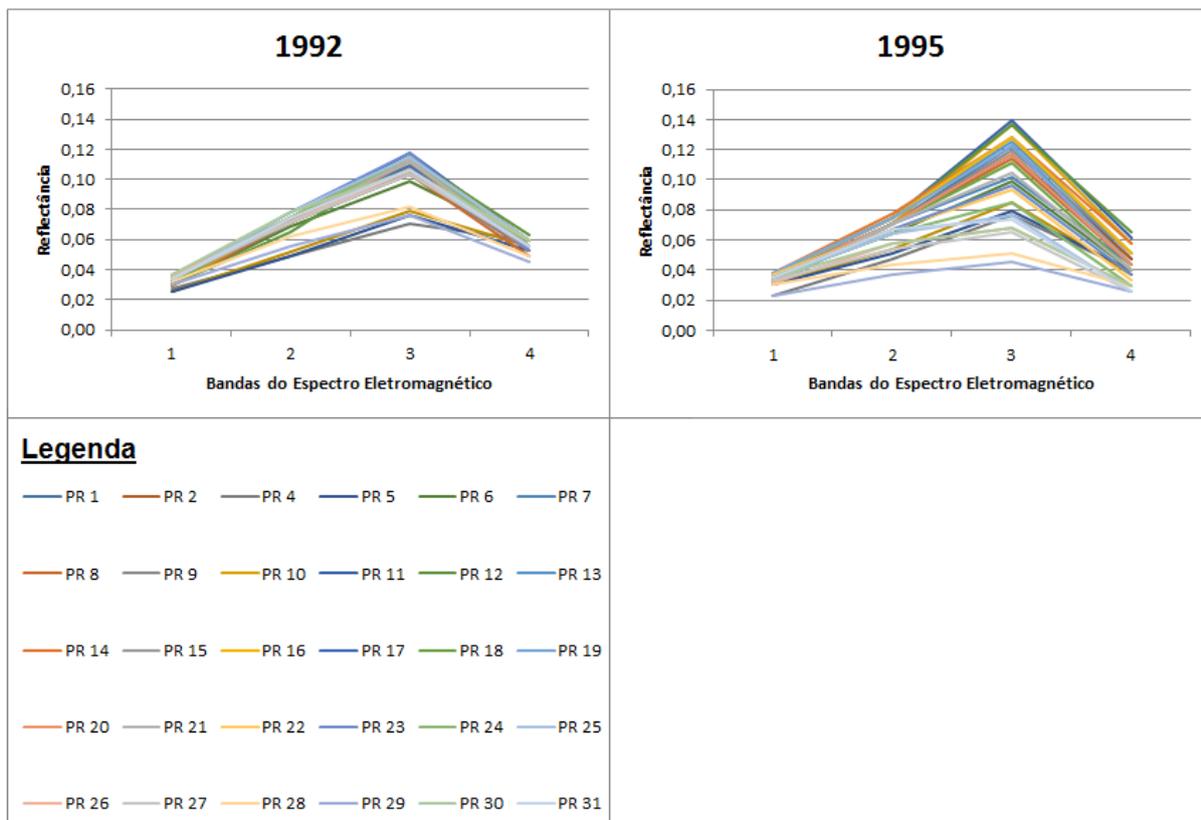


Figura 6. Gráfico dos anos 1992 e 1995.

Comportamento semelhante foi encontrado no gráfico do ano de 2006, indicado na Figura 7. Neste há indicação de presença de clorofila em 23 dos 31 pontos, sendo os pontos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 13 aqueles que indicarem ausência de floração de algas. Foram encontrados, ainda, pontos amostrais com altíssima concentração de clorofila: 25, 26, 27, 28, 30 e 31.

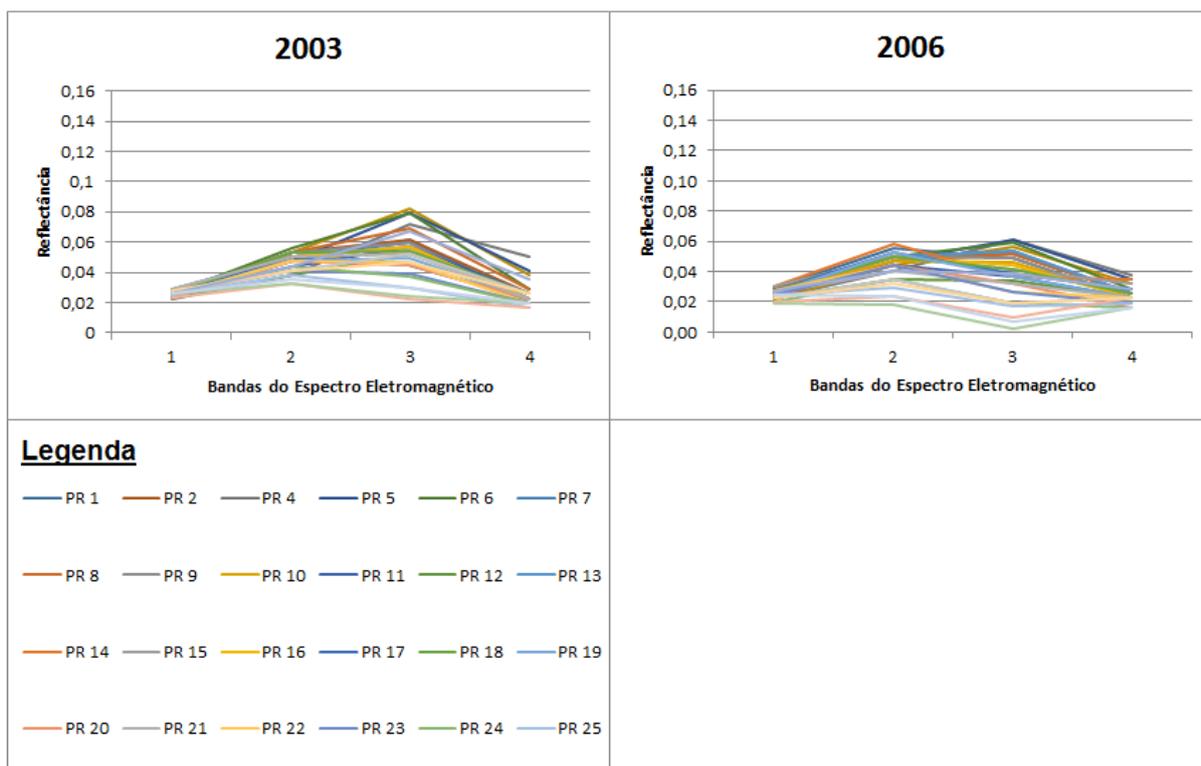


Figura 7. Gráfico dos anos 2003 e 2006

4. Conclusões

De acordo com os valores obtidos, a floração de algas no reservatório Passo Real é esporádica e quando ocorre, prevalece a floração nos pontos amostrais 26, 27 e 28, localizados no sudoeste do reservatório.

Os gráficos (dados) mostram também a influência do rio Jacuí nos valores das bandas, indicando a zona de transição entre as águas do rio e o reservatório.

O presente trabalho mostra resultados descritivos sobre observações em pontos amostrais, identificando em que locais a floração de algas é frequente. Serve, então, como princípio para análises mais profundas sobre o tema.

Referências Bibliográficas

Brandão, L. H; Domingos, P. Fatores ambientais para a floração de cianobactérias tóxicas. **Saúde & Ambiente em Revista**, v.1, n.2, p.40-50, 2006.

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.

CETESB-SP. **Matéria orgânica e nutrientes**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_materia.php> Acesso em 10 de setembro de 2012.

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**. Passo Fundo: Relatório Temático – RT 2. 2009.

COAJU – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. **História do Sistema Jacuí**. Disponível em: <www.upf.br/coaju/download/Historia_Sistema_Jacui_1.ppt>. Acesso em: 24 de julho de 2014.

Corazza, R. **Relações entre variáveis espectrais e limnológicas no Reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca – RS**. 2010. 103 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010.

Londe, L. R. *et al.* Avanços no estudo do comportamento espectral do fitoplâncton e identificação remota de algas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. Artigos, p. 389-396.

Londe, L. R. **Comportamento espectral do fitoplâncton de um reservatório brasileiro eutrofizado – Ibitinga (SP)**. 2008. 223p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008.

MPRS - Ministério Público do Rio Grande do Sul. **Análise das características da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, utilizando imagens do satélite CBERS**. (Parecer da Divisão de Assessoramento Técnico nº 2757/2008). Porto Alegre. 2008.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3 ed. São Paulo:Blucher, 2008.

Pereira Filho, W. *et al.* **Caracterização espectral e limnológica de ambientes lênticos e lóticos no Rio Grande do Sul, com abordagem espaço-temporal**. Santa Maria: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2010. 39 p. (CNPq-484712/2007-1).

Santos, F. C. **Influência dos constituintes opticamente ativos na reflectância espectral da água do Reservatório Passo Real, RS**. 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria. 2012.