

REFLECTÂNCIA ESPECTRAL DA ÁGUA EM FUNÇÃO DE VARIAÇÕES TEMPORAIS DO USO E COBERTURA DA TERRA

Gustavo Rodrigues Toniolo¹

Resumo: O objetivo da pesquisa foi avaliar a reflectância da água em função das variações temporais do uso e cobertura da terra. Os usos e coberturas da terra foram classificados no entorno do reservatório Passo Real no Estado do Rio Grande do Sul, a partir de dados de imagens do sensor TM/Landsat-5 (novembro/2008, março e agosto/2009). A classificação foi supervisionada por regiões, baseada na distância *Bhattacharya*, no *software* Spring 5.3. A partir das imagens foram extraídos os valores de reflectância da água. Nas avaliações consideraram-se também as precipitações pluviométricas ocorridas próximas as datas de aquisição das imagens. Os resultados demonstraram maiores valores de reflectância em novembro de 2008 (primavera) e agosto de 2009 (inverno), provavelmente devido ao incremento de sólidos em suspensão, decorrentes do escoamento superficial em função das precipitações pluviométricas sobre áreas de lavoura em preparo do solo para os plantios das culturas de verão e inverno.

Palavras-chave: Uso e Cobertura da Terra; Reservatório; Reflectância Espectral.

SPECTRAL REFLECTANCE OF WATER BASED ON LAND USE AND LAND COVER TEMPORAL CHANGES

Abstract: The aim of the research was to evaluate reflectance of water based on land use and land cover temporal changes. Land use and land covers were classified in the reservoir surrounding of Passo Real, in Rio Grande do Sul, from image data TM/Landsat-5 (November/2008, March and August 2009). The classification was supervised by regions, based on the distance *Bhattacharya*, in *software* Spring 5.3. The values of the reflectance of water were extracted from these images. In the evaluations, the rainfalls occurred next to the dates of the acquisitions of the images were also considered. Results showed higher values of reflectance in November 2008 (spring) and in August 2009 (winter), probably due to the increase of suspended solids, caused by the surface drainage related to rainfalls on farming area in soil preparation for planting of summer and winter crops.

Keywords: Land Use and Land Cover; Reservoir; Spectral Reflectance.

INTRODUÇÃO

As áreas agrícolas no entorno de corpos de água, são responsáveis pela entrada de nutrientes nos corpos de água devido ao escoamento superficial, impactando a qualidade da água (NASCIMENTO *et. al.*, 2011). Um exemplo é o caso do reservatório da Usina Hidrelétrica Passo Real (UHE Passo Real), localizado

¹ Mestrando em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). gustavotoniolo1@gmail.com.

Estudos Geográficos, Rio Claro, 14(1): 50-61, jan./jun. 2016 (ISSN 1678—698X) <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo>

na bacia hidrográfica do Rio Jacuí no Estado do Rio Grande do Sul. O uso e ocupação da terra nessa região são formados principalmente por áreas destinadas a culturas temporárias como a soja, trigo, milho e criação de gado bovino, sendo que essas atividades são realizadas próximas às margens e inclusive em áreas de proteção ambiental. De acordo com o estudo realizado por Silveira e Pereira Filho (2014) 6.803,55 ha deveriam ser destinados à área de preservação permanente no entorno do reservatório, no entanto foram constatados conflitos de usos em 6.024,69 ha, 88,55% da área de preservação permanente.

Neste sentido, o mapeamento do uso e cobertura da terra representa as diferentes ocupações antrópicas sobre o meio ambiente, permitindo o seu monitoramento ao longo do tempo, o que assume fundamental importância nos aspectos socioeconômicos de uma região (MOTA, 1981). Nesta perspectiva, apresentam-se os produtos gerados por sensores orbitais no âmbito do Sensoriamento Remoto, que são vistos como importantes instrumentos para a análise do impacto que essas ações antrópicas sem o devido cuidado causam nas variações espacial e temporal nos usos da terra e dos componentes presentes na água. Assim é possível determinar a origem e o comportamento de determinadas substâncias em suspensão ou dissolvidas na água (JENSEN, 2010).

Além das moléculas de água, os sedimentos em suspensão, pigmentos fotossintetizantes e matéria orgânica dissolvida são conhecidos como os principais agentes determinantes das propriedades ópticas da água, os denominados Constituintes Ópticamente Ativos (COAs) (RUDORFF *et. al.*, 2007). Tais substâncias quando misturadas na água são responsáveis por alterar suas características ópticas, assim como sua coloração e desta forma pode-se observar as condições de uso da terra em espectros de reflectância da água e estimar as concentrações de determinados constituintes opticamente ativos da água a partir de dados espectrais.

Vários pesquisadores verificaram correlação entre a reflectância (ρ_λ) medida acima da superfície da água e o aumento da concentração de sólidos suspensos (NOVO *et. al.*, 2001; LODHI *et. al.* 1997; DOXARAN *et. al.*, 2002). Essa correlação é estatisticamente significativa e constante dentro do intervalo de 450 a 900 nm, associadas à taxa de mudança na reflectância espectral com pico de concentração de Total de Sólidos em Suspensão (TSS) na região do vermelho do espectro. A concentração de clorofila *a* (pigmento fotossinteticamente ativo do fitoplâncton) também proporciona diferenças significativas em espectros de reflectância. Em estudos realizados por Pereira Filho *et. al.* (2011) verificou-se que altos índices de clorofila *a* podem determinar espectros de reflectância e criar compartimentos aquáticos bem definidos na água.

Frente ao exposto o presente trabalho teve como objetivo avaliar a reflectância da água em função das variações temporais do uso e cobertura da terra.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o reservatório da Usina Hidrelétrica Passo Real localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí no setor Centro-Norte do Estado do Rio Grande do Sul, que banha parte dos municípios de Ibirubá, ao Norte, Salto do Jacuí, ao Sul, Campos Borges e Jacuizinho, a Leste e Fortaleza dos Valos a Oeste (Figura 1). Passo Real faz parte de um complexo de represas construídas no alto curso no Rio Jacuí, formado pelos seguintes reservatórios (de montante para Jusante): Ernestina, Passo Real, Jacuí, Itaúba e Dona Francisca. A sua lâmina de

água ocupa uma área de 225,3 km², tendo como principais tributários os rios Jacuí, Jacuí-Mirim e Ingaí.

O clima é mesotérmico úmido (Cfa e Cfb) pela classificação de Köppen-Geiger. As temperaturas variam sazonalmente, com verões quentes e invernos rigorosos (formação de geada e eventuais ocorrências de neve). As médias de temperaturas variam de 15°C a 18°C com mínimas de 10°C e máximas de 40°C. A distribuição anual das precipitações pluviométricas é relativamente equilibrada, oscilando entre 1.500 e 1.800 mm, (RIO GRANDE DO SUL/SCP, 2013).

A economia na área de estudo é basicamente agrícola, com produção de soja, milho e trigo, além dos cultivos de aveia e azevém, principalmente para alimentação de gado bovino leiteiro, tanto no período de verão como no de inverno. Com a construção do reservatório, outras atividades como residências para fins de lazer e silvicultura, tomaram lugar em seu entorno (CEEE-GT, 2009).

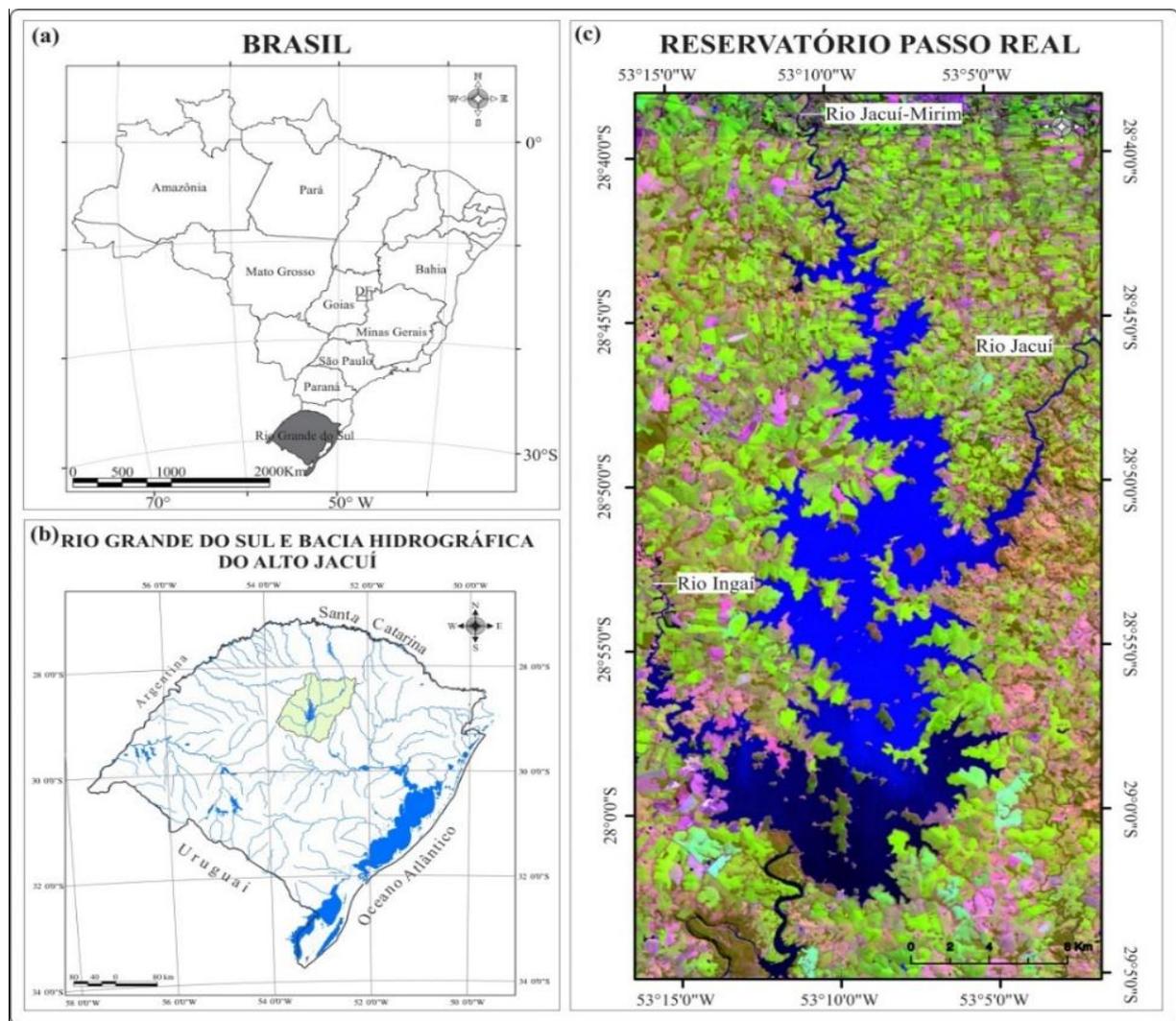


Figura 1 - Localização do estado do Rio Grande do Sul no Brasil (a); localização do reservatório Passo Real no Estado do Rio Grande do Sul (b); Composição colorida, RGB543, de uma cena da imagem LANDSAT capturada pelo sensor *Thematic Mapper* no dia 26 de agosto de 2009 (c).

Fonte: Dados IBGE (2010); USGS (2012).

Os dados espectrais utilizados nas avaliações foram adquiridos em imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat-5 (USGS, 2015), dos dias 27/11/2008, 03/03/2009 e 06/05/2009 cobrindo o final da estação da primavera (fase de preparo da terra para plantio das culturas de verão), do verão (culturas em fase reprodutiva) e do inverno (cultivos para pastoreio do gado - Aveia e azevém). Portanto, as imagens foram selecionadas levando-se em consideração cenas sem cobertura de nuvens, e datas de aquisição das mesmas em função da dinâmica do uso e cobertura da terra, ou seja, cobrindo períodos de cobertura da terra pelas culturas agrícolas e períodos de entre safra, quando as lavouras, em sua maior parte, estavam sem cobertura vegetal, favorecendo o carregamento de material particulado pelo escoamento superficial em caso de ocorrência de precipitações pluviométricas.

PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

O pré-processamento das imagens TM envolveu as etapas de correção radiométrica (para remoção dos efeitos atmosféricos) e correção geométrica (registro).

A calibração radiométrica e a correção dos efeitos da atmosfera são passos fundamentais no processo de correção radiométrica, para se obter valores de parâmetros físicos (radiância e reflectância) das imagens passíveis de serem interpretados espectralmente, comparados e com o mínimo de influência de gases da atmosfera (JENSEN, 2010; MARKHAM e BARKER, 1986).

Para isso, foi utilizado o módulo de correção atmosférica Fast Line of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH) presente no software ENVI 5.3. O módulo exige a entrada de dados orbitais calibrados radiometricamente e que estejam em valores de radiância aparente ($mW/(cm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1})$). O FLAASH incorpora o código de transferência radioativa MODTRAN4 e requer que alguns parâmetros sejam informados, como: a latitude e longitude da cena, tipo de sensor, elevação média do terreno, data e horário de captura da cena e parâmetros para o modelo atmosférico (MATEW *et al.*, 2002).

O resultado final foram as imagens em reflectância de superfície para as três imagens do estudo que foram utilizadas para mapeamento do uso e cobertura do solo e extração de espectros de reflectância da água.

O processo de correção geométrica das imagens adquiridas foi realizado com o método de registro de imagem do ENVI 5.3, com base em cenas ortorretificadas (*TM/Landsat*) da área de estudo. O desenvolvimento destas etapas contribuiu para o sucesso nos resultados, que depende diretamente da utilização de dados, os mais puros o possível e, a reflectância dos alvos com o mínimo de ruído.

ESPECTROS DE REFLECTÂNCIA E USO E COBERTURA DA TERRA

Sabendo-se sobre a diminuição da reflectância da água em função do aumento do comprimento de onda (JENSEN, 2010), para as avaliações espectrais referentes à água do reservatório foram consideradas as bandas da região do visível e do infravermelho próximo. Os usos e cobertura da terra foram avaliados em uma composição colorida falsa cor RGB345 em uma faixa de 500 metros no entorno do reservatório Passo Real. Para a água foram gerados espectros de reflectância conforme metodologia proposta por PEREIRA FILHO *et al.* (2011), com a

distribuição de pontos sobre a lâmina de água do reservatório, perfazendo os variados compartimentos aquáticos do mesmo, com foco naqueles que englobam os exutórios dos principais tributários.

O mapeamento do uso e cobertura da terra das imagens foi definido a partir da classificação supervisionada por regiões, baseado na distância *Bhattacharya*, no *software* Spring 5.2. A partir da interpretação visual das imagens em composição colorida falsa-cor foram determinadas quatro classificações temáticas, devido observações realizadas em campo, a saber: área florestal; campo/pastagem; cultura temporária; solo exposto (lavouras em fase de preparo da terra).

A área considerada para as avaliações nas adjacências do reservatório foi uma faixa de 500 metros a partir da margem da lâmina de água. Para essa avaliação foi gerado um buffer com a utilização da ferramenta *Mapa de Distância* do SPRING. Ressalta-se que a nomenclatura e a definição das classes temáticas usadas no mapeamento do uso e cobertura da terra, tiveram como base o Manual de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006).

Para verificação da influência dos usos da terra na reflectância da água foram efetuadas as medições de áreas de abrangência dos usos da terra em cada data citada e, essas comparadas com a reflectância espectral da água, considerando que um aumento de área de lavoura em preparo do solo (solo exposto), aliadas as precipitações pluviais e conseqüentemente ao escoamento superficial produz um maior incremento de material particulado (sólidos em suspensão) nas águas do reservatório e aumento de reflectância em determinados comprimentos e onda.

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Os dados de precipitação pluviométrica foram adquiridos no site da Agência Nacional das Águas (ANA) – HidroWeb (2015) referentes a sete estações meteorológicas, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Localização das estações meteorológicas

Municípios	Coordenadas Geográficas (Graus decimais)	
	Longitude	Latitude
Carazinho -RS	-52,793791	-28,292895
Cruz Alta - RS	-53,605766	-28,645684
Não Me Toque - RS	-52,820504	-28,460150
Passo Fundo - RS	-52,409674	-28,257864
Ibirubá- RS	-53,095577	-28,630788
Soledade - RS	-52,511784	-28,829999
Selbach - RS	-52,950783	-28,629881

Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ilustrar a influenciados usos da terra na resposta espectral da água do reservatório, associada a precipitação pluviométrica, foram determinados sete pontos amostrais que representam as principais diferenças espectrais presentes no mesmo,

conforme Figura 2. De maneira geral, verificaram-se maiores valores de reflectância nos dados do mês de novembro de 2008 (primavera - Figura 2a) e agosto de 2009 (inverno - Figura 2c), provavelmente devido ao incremento de sólidos em suspensão, decorrentes do escoamento superficial em função das precipitações pluviométricas (Figura 3) sobre áreas de lavoura em preparo do solo para os plantios das culturas de verão (soja e milho) e do pastoreio de gado bovino em lavouras com cultivos de aveia ou azevém nos meses de inverno. Este fato pode observado nos picos de reflectânciada banda 3 (vermelho) da faixa do visível, que tem uma resposta positiva proporcional a concentração de sólidos em suspensão na água (NOVO, 2001; Miller eMcKee, 2004), indicando os meses de novembro (primavera) e agosto (inverno) como períodos de acréscimo de material particulado nas águas do reservatório.

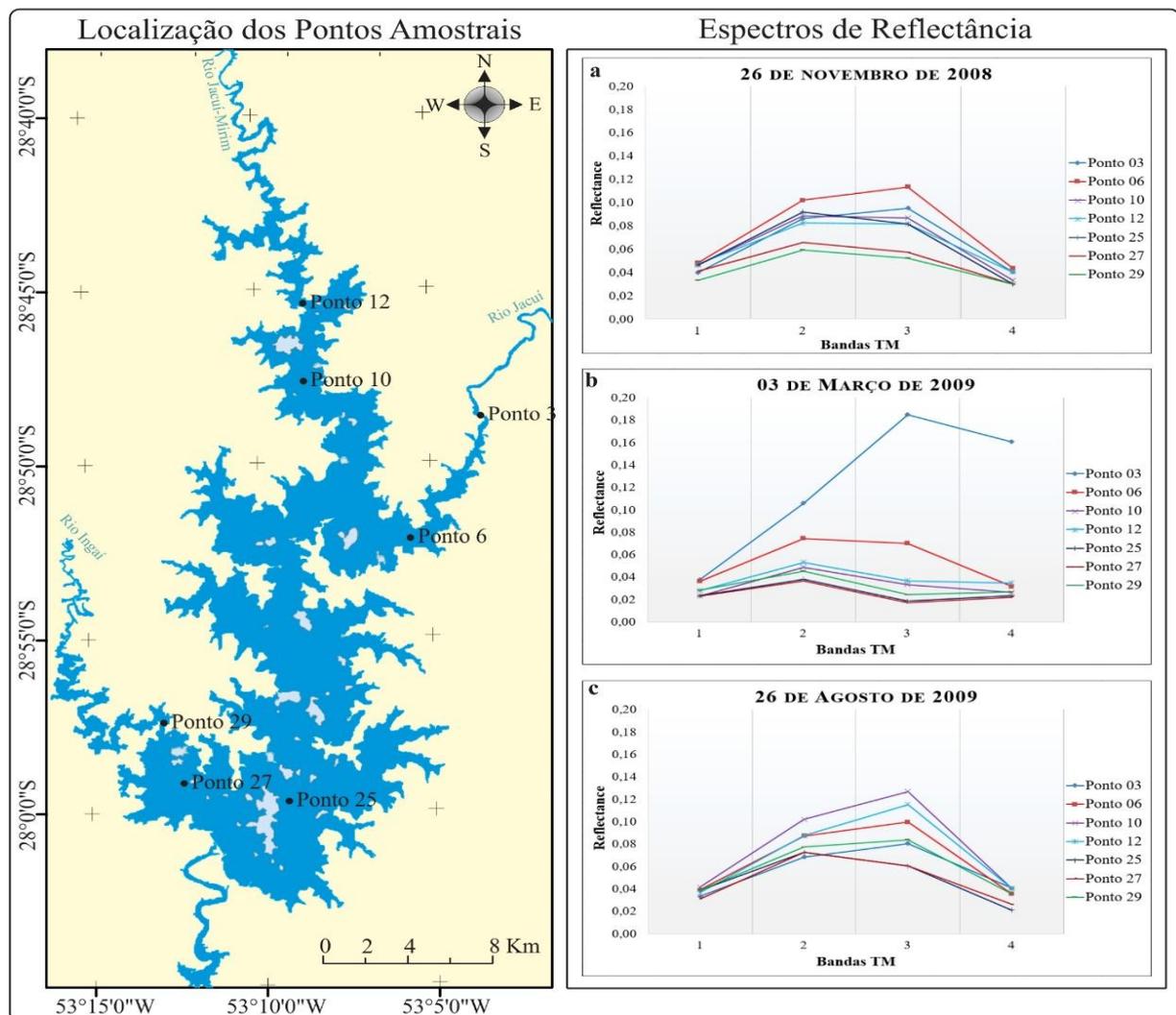


Figura 2 - Espectros de reflectância extraídos de pontos (pixels) específicos das imagens TM/Landsat-5

Nos dados espectrais do mês de março do ano de 2009 (Figura 2b) observou-se no ponto amostral 03 um acréscimo significativo de reflectância, sendo este provavelmente decorrente do incremento de sólidos em suspensão de áreas de solo exposto ou outro fenômeno (não avaliado) na bacia hidrográfica do rio Jacuí a montante do reservatório, em função das precipitações pluviométricas ocorridas na

data de coleta dos dados espectrais e nos dias que a antecedeu, como será discutido mais adiante com base na Figura 3.

Segundo Pereira Filho *et. al.* (2011) o ponto 03 representa o compartimento aquático em que ocorre a transição do rio Jacuí para lago, e provavelmente cargas consideráveis de materiais provenientes da erosão de áreas agrícolas entram no reservatório durante eventos de precipitação pluviométrica. Por outro lado, para os demais pontos amostrais, as feições dos espectros (março de 2009) são típicas de ambientes em que a água se encontra com baixas concentrações de matéria orgânica e inorgânica, levando ao aumento do espalhamento da radiação na Banda 1, ou no comprimento de onda responsável pela cor azul (0,400 – 0,500 μm), indicando que o incremento de material particulado foi menor neste período em função de maior cobertura da terra pelas culturas de verão (Figura 4).

Outro fator que provavelmente influenciou para a diminuição da reflectância na faixa do vermelho do espectro visível e também para máxima reflectância na banda 2 (região do verde para os pontos amostrais 02, 01, 07, 06 e 05) em março de 2009 é a clorofila das algas (JENSEN, 2010). Estas mesmas feições espectrais foram observadas nos pontos amostrais 06 e 05 nos meses de novembro e agosto, o que está de acordo com os resultados de experimento realizado por Han (1997) que verificou menor absorção na faixa do verde à medida que algas eram introduzidas em água pura.

Na Figura 3 estão expostos os dados de precipitação pluvial observados para os períodos e estações meteorológicas destacados no presente trabalho. Considerando quinze dias até as datas de coleta dos dados espectrais, são significativas as diferenças de precipitação acumulada, que podem ser correlacionadas aos espectros de reflectância da água do reservatório em função das concentrações de sólidos em suspensão.

A média para os 15 dias até a data de coleta dos dados espectrais em 03 março de 2009 foi superior aquelas observadas para os 15 dias anteriores as demais datas. Este fator quando associado às condições de uso da terra demonstram a importância da cobertura do solo pela vegetação para a minimização de incremento de sólidos em suspensão nos corpos de água, independentemente se a vegetação for nativa ou culturas plantadas em atividades agropecuárias.

Em condições de cobertura da terra com as culturas de verão (Março - Figura 4) a ocorrência de precipitações pluviométricas significativas não acarretou em acréscimo de material em suspensão na água do reservatório e a resposta espectral da água, em comparação com as demais datas de coleta de dados, foi menor na maioria dos pontos amostrais. Por outro lado, no período entre safra (preparo do solo), com menores índices de chuva influenciaram significativamente para o acréscimo de sólidos em suspensão, verificado no aumento de reflectância para os meses de novembro e agosto, quando as áreas de solo exposto no entorno do reservatório são notadamente significativas (Figura 4), refletindo as condições de uso da terra na área total de captação daquele ambiente aquático.

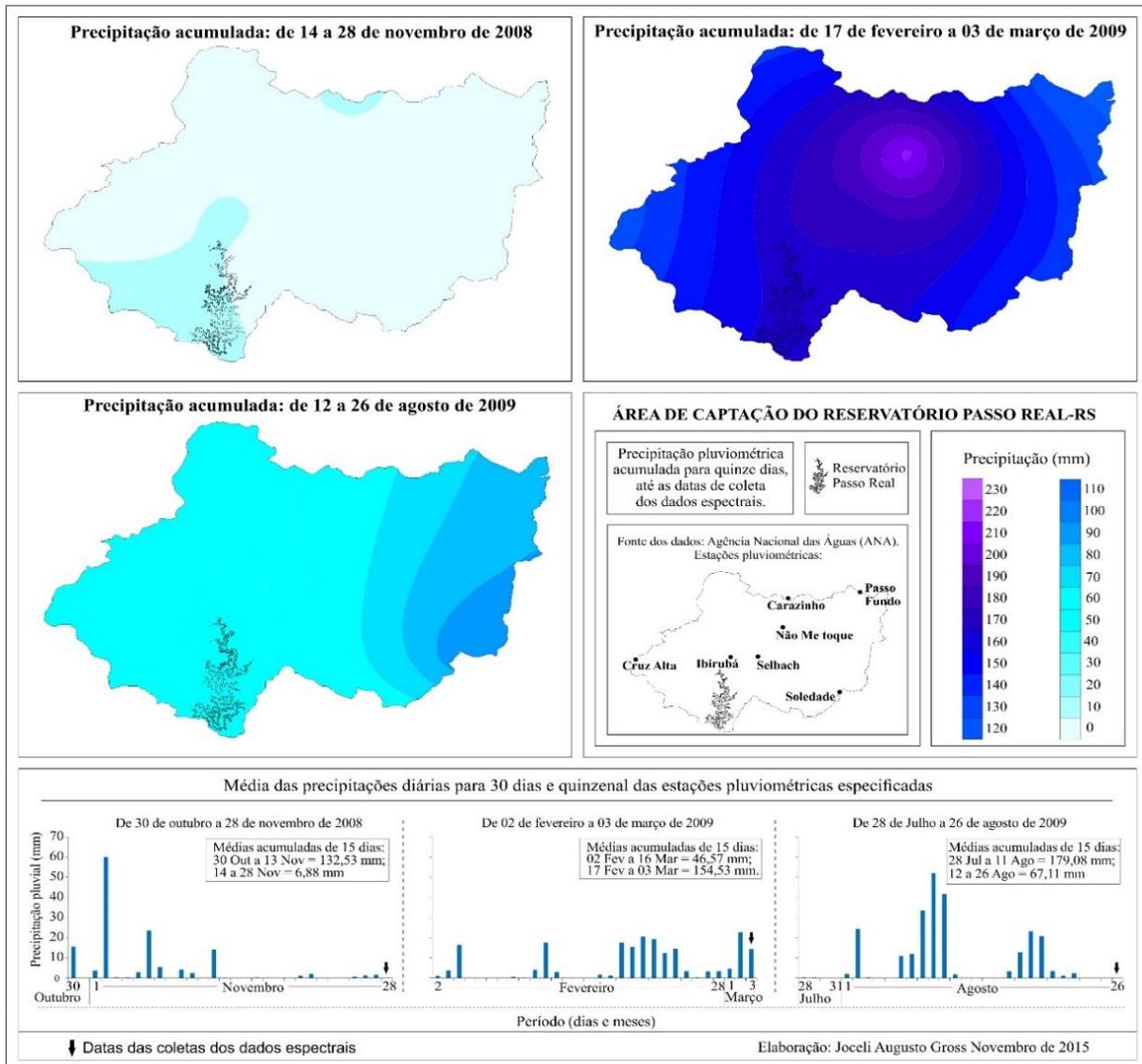


Figura 3 - Precipitação pluviométrica acumulada e diária, para 15 e 30 dias, anteriormente as datas de coleta dos dados espectrais

Na Figura 4 estão expostos os dados referentes aos usos e cobertura da terra no entorno do reservatório Passo Real (faixa de 500 m), onde fica demonstrado que as margens do reservatório são intensamente utilizadas para atividades agrícolas. Nota-se que as áreas de solo exposto são significativas nos meses de agosto e, principalmente, novembro. Em março de 2009 as lavouras estavam cobertas pelas culturas agrícolas como a soja e o milho. Esses fatores são de fundamental importância para o entendimento da influência destes usos da terra no que se refere ao incremento de material particulado (sólidos em suspensão) nas águas do reservatório, quando associados às precipitações pluviométricas ocorridas (Figura 3) e que influenciaram os dados espectrais.

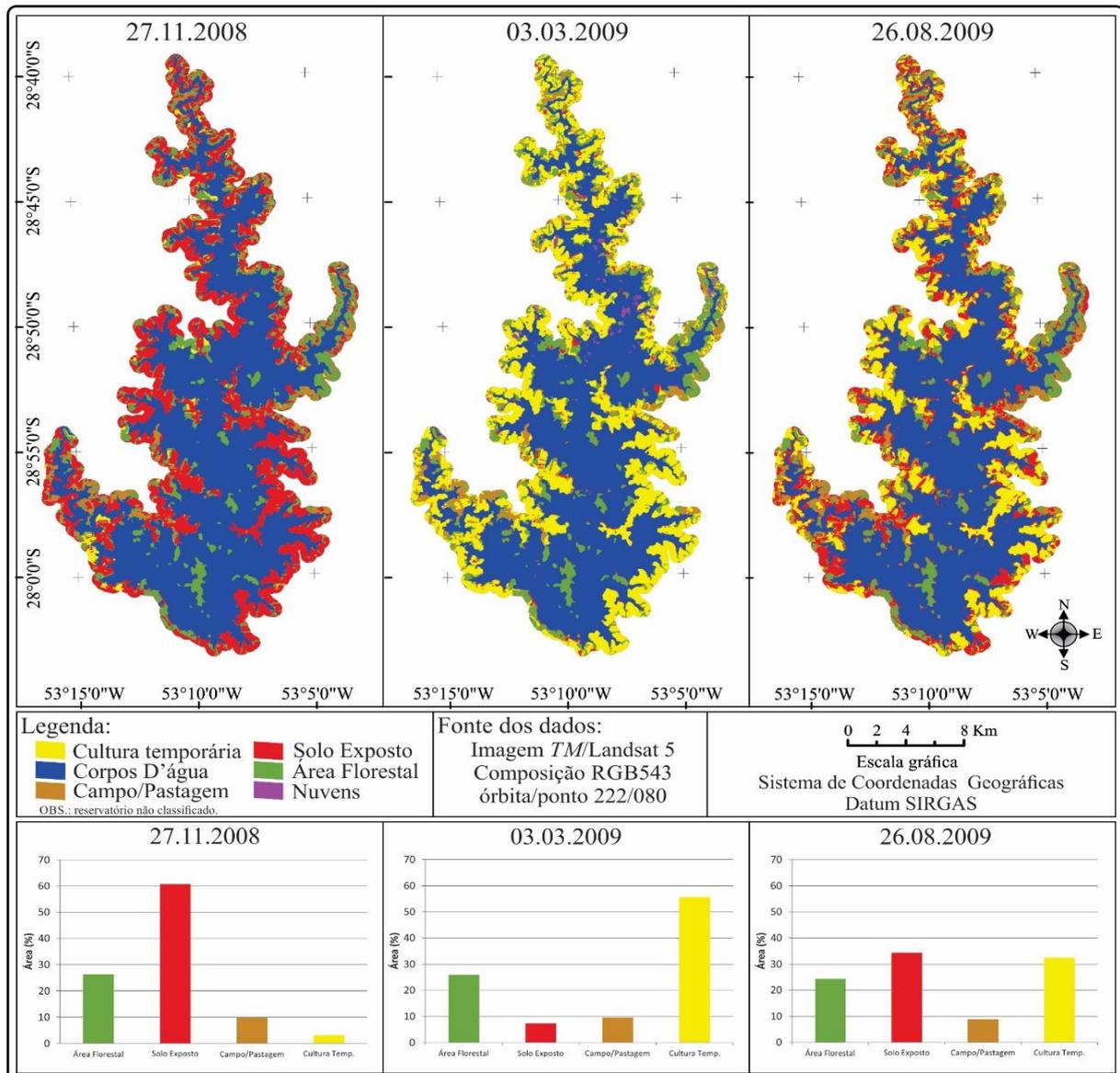


Figura 4 - Dinâmica do uso e cobertura da terra as margens do reservatório Passo Real

As maiores taxas de reflectância, e os picos de alta reflectância na Banda 3, estão associados principalmente ao espalhamento devido aos sedimentos em suspensão e a baixa absorção pela água da REM nesta região (NOVO, 2001). Segundo Miller e McKee (2004) o espalhamento a partir dos sedimentos em suspensão na água frequentemente afeta o espectro de reflectância quando comparado à água pura. Na Figura 5 estão expostos os dados de reflectância da água do reservatório Passo Real para a banda 3 (Região do Vermelho) do sensor TM Landsat-5 para as três datas de aquisição das imagens. A partir da figura 5 é possível verificar as diferenças das características espectrais da água em função do uso da terra em seu entorno, provavelmente devido aos sedimentos em suspensão para novembro de 2008 e agosto de 2009 e a influência da clorofila das algas em março de 2009.

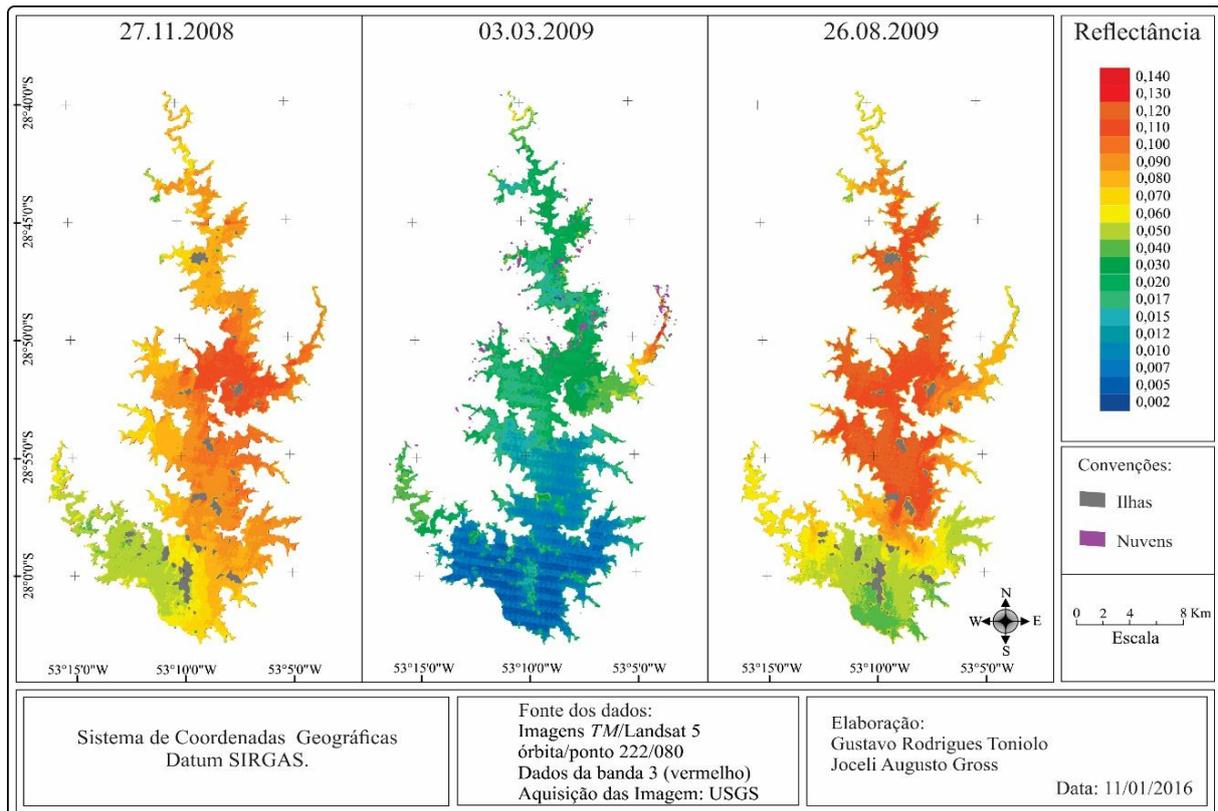


Figura 5 - Reflectância da água do reservatório Passo Real-RS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi analisar a relação entre a reflectância da água e o uso e cobertura da terra no entorno do reservatório Passo Real no Estado do Rio Grande do Sul. A metodologia proposta atendeu ao objetivo do trabalho, possibilitando observar as variações da reflectância da água em função da dinâmica do uso da terra no entorno do reservatório associada às precipitações pluviométricas e conseqüentemente ao escoamento superficial das águas pluviais com o carregamento de material particulado para o reservatório.

Nos meses de novembro de 2008 e agosto de 2009 os valores de reflectância foram maiores na faixa do vermelho do espectro eletromagnético indicando concentrações maiores de sedimentos em suspensão na água para a maioria dos pontos amostrais. No entanto, em pelo menos dois pontos (06 e 05) os espectros tiveram reflectância máxima na região do verde e menor na banda do vermelho (absorção pela clorofila) indicando a presença de algas.

Para o mês de março de 2009 apenas em um ponto amostral (ponto 03) observou-se significativo aumento de reflectância na região do vermelho, o que indica a presença de sólidos em suspensão na água. No entanto, para os demais pontos amostrais desta mesma data, as reflectâncias na banda 3 foram menores comparadas aquelas observadas no ponto 03 (no mês de março) e nos demais pontos amostrais para os meses de novembro de 2008 e agosto de 2009. Este fato indica que a cobertura da terra pelos cultivos anuais resultou em um menor incremento de sólidos em suspensão na água do reservatório no mês de março de 2009, mesmo sob a influência de significativa precipitação pluviométrica, sendo o

oposto observado para os meses de novembro de 2008 e agosto de 2009, quando menores índices de chuva influenciaram significativamente para maiores concentrações de sólidos em suspensão na água e conseqüentemente para maiores valores de reflectância.

A partir do exposto pode-se confirmar a importância da cobertura da terra por vegetação, mesmo sendo culturas agrícolas, para a minimização do incremento de sólidos em suspensão em rios e reservatórios em períodos de chuvas significativas. É possível afirmar o importante apoio dos dados espectrais do sensor TM na possibilidade de estimativa da concentração de sólidos em suspensão e clorofila de algas na água e conseqüente monitoramento da qualidade das águas em reservatórios.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas (ANA). **HidroWeb**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: Novembro de 2015.

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, 2011.

DOXARAN, D.; FROIDEFOND, J. M.; LAVENDER, S. e CASTAING, P. Spectral signature of highly turbid waters: application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations. **Remote Sens. Environ**, 81, pp. 149–61, 2002.

HAN, L. Spectral reflectance with varying suspended sediment concentrations in pure and algal-laden waters. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Vol. 63(6), pp. 701-705, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico de Uso da Terra. **Manuais Técnicos em Geociências**. 2. Ed., n. 7, 2006. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manua_l_uso_da_terra.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2015.

JENSEN, John R., **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos/SP: Parêntese, 2010.

LODHI, M. A.; RUNDQUIST, D. C.; HAN, L.; KUZILA, M. S. The Potential for Remote Sensing of Loess Soils Suspended in Surface Waters. **Journal of the American Water Resources Association**, v.33, pp.111-117, 1997.

MATTHEW *et. al.* Atmospheric Correction of Spectral Imagery: Evaluation of the FLAASH Algorithm with AVIRIS Data. In: **Applied Imagery Pattern Recognition Workshop**, 31, 2002, Proceedings... pp. 157- 163, 2002.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L.; Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exo atmospheric reflectances and at-satellite temperature. **EOSAT Landsat Technical Notes**, nº 1, August, 8p., 1986.

MILLER, R. L.; B. A. MCKEE; Using MODIS Terra 250m Imagery to Map Concentrations of Total Suspended Matter in Coastal Waters. *Remote Sensing of Environment*. 93:259-266. 2004.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. Fortaleza, Edições UFC, 1981.

NASCIMENTO, R. F. F.; Alcântara, E.H.; STECH, J. L.; KAMPEL, M. Uso de dados MERIS/ENVISAT em águas interiores. In: Enner Alcantara; Evelyn Novo; Jose Luiz Stech. (Org.). **Novas tecnologias para o monitoramento e estudo de reservatórios hidrelétricos e grandes lagos**. 1ª ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011, v. 1, pp. 81-118.

NOVO, E. M. L. de M. Comportamento Espectral da Água. In: MENESES, P. R., MADEIRA NETTO, J. da S. (Orgs.). **Sensoriamento remoto: reflectância de alvos naturais**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001, pp. 203-221.

PEREIRA FILHO, W.; BARBIERI, D. W.; WACHHOLZ, Flávio; CORAZZA, Rosana; TRENTIN, Aline Biasoli; TRINDADE, P. M. P.; DOMINGUES, A. L. **Relação entre clorofila a com perfil espectral e imagem de satélite no reservatório Passo Real RS**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, pp. 5433-5440.

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO (SCP) **Atlas Socioeconômico do Rio Grande Do Sul**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/>>. Acesso em: 25 Set. 2013.

SILVEIRA, G. V.; PEREIRA FILHO, W. **Comparação do uso da terra no entorno dos reservatórios das UHES Passo Real e Dona Francisca – RS**. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia. V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento. XXV Expositiva. Gramado, 03 a 07 de agosto de 2014.

RUDORFF, C. M. *et al.* Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 37, 2007, pp. 269-280.

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos da América. **Earth Explorer**. Disponível em: <<http://lpcexplorer.cr.usgs.gov/>>. Acesso em: 22 de Março 2012.

Artigo submetido em: 09/03/2016

Aceito para publicação em: 09/10/2016

Publicado em: 16/12/2016