



Análise da correlação entre a concentração de sedimentos em suspensão e imagens OLI/Landsat 8 no Reservatório de Cana Brava, GO

Wilkison Queiroz de Brito^{1*} (IC), Patrick Thomaz de Aquino Martins² (PQ)

Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Formosa, e-mail: wilkisonbrito7@gmail.com

Resumo: A transferência sedimentar para o sistema aquático resulta em uma série de impactos, ocasionando alterações nos processos físicos, na diversidade ecológica e na qualidade da água para consumo humano. Entendendo a importância do monitoramento dos sedimentos em suspensão como vital à manutenção dos usos múltiplos do reservatório de Cana Brava, bem como a viabilidade do uso do sensoriamento remoto para a realização do mesmo, este trabalho tem como objetivo analisar a correlação entre imagens do sensor OLI/Landsat-8 e a Concentração de Sedimentos em Suspensão (CSS) no reservatório de Cana Brava, Goiás. A metodologia utilizou uma imagem do sensor OLI/Landsat, coleta de amostras de água *in situ*, análise laboratorial e modelagem estatística. Os resultados demonstraram baixos valores de CSS, provavelmente resultado do bom estado de preservação da vegetação na bacia hidrográfica e da pouca precipitação pluviométrica nos dias que precederam a coleta. Provavelmente como resultado dos valores de CSS, a correlação, embora negativa, não apresentou valores significativos, impossibilitando, para este conjunto de dados, e possivelmente para esta área de estudo, o monitoramento da CSS por imagens orbitais.

Palavras-chave: CSS. Sensoriamento remoto. Usina hidrelétrica. Modelagem.

Introdução

Sensoriamento remoto pode ser entendido como a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações, a partir de imagem e outros sensores, sobre a Terra e seu ambiente sem entrar em contato com os mesmos (ISPRS, 2017).

O sensoriamento remoto possui uma vasta gama de aplicações, sobretudo ligado aos estudos ambientais. Florenzano (2002) organiza as aplicações em três grupos: (1) estudos dos fenômenos ambientais, estando neste as possibilidades de estudos associadas à revisão do tempo, aos focos de incêndio e áreas queimadas, ao desmatamento, à erosão e escorregamento de encostas e à inundação; (2) estudos de ambientes transformado, sejam eles aquáticos, rurais ou urbanos; e (3)



estudos de ambientes naturais, como, por exemplo, aqueles vinculados às florestas tropicais, aos recursos naturais e feições de relevo e de ambientes aquáticos.

No ambiente aquático, Novo (2010) cita algumas possibilidades do uso do sensoriamento remoto, como no monitoramento das emissões térmicas nas regiões costeiras, na qualidade de águas costeiras, na variação sazonal das propriedades da água, o mapeamento de vegetação aquática e o mapeamento da distribuição de sedimentos em reservatórios hidroelétricos.

Em estudos que buscam o mapeamento da distribuição de sedimentos em reservatórios hidroelétricos o uso desta ferramenta se destaca, em detrimento de outras, pois permite a estimativa do sedimento em suspensão de forma sinóptica, rápida e econômica (CURRAN; NOVO, 1988; SCHMUGGE et al., 2002).

Sendo o mais antigo programa de satélites de sensoriamento remoto, tendo o primeiro satélite da série lançando no início da década de 1970 (USGS, 2017), as imagens do programa Landsat se destacam por ser amplamente utilizadas em estudos de sedimento em suspensão (e.g. KONG et al., 2015; CAI et al., 2015), havendo, deste modo, uma sólida base teórica e aplicada. Mesmo estando em uma região de reconhecida importância hídrica, e dos impactos que a transferência sedimentar pode causar aos corpos d'água, poucos são os trabalhos desta natureza, utilizando dados de sensoriamento remoto, no Cerrado, evidenciando a relevância da presente proposta. Este trabalho tem como objetivo avaliar a correlação entre uma imagem do sensor OLI/Landsat-8 e a concentração dos sedimentos em suspensão do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava, Goiás.

Material e Métodos

A área de estudo está localizada entre os municípios de Minaçu, Cavalcante e Colinas do Sul, norte do estado de Goiás (Figura 1). O reservatório da UHE de Cana Brava possui área inundada de 139 km², com volume total de 2,36 x 10⁹ m³ e nível d'água nominal máximo nominal de 330 m (SUEZ, 2005).

Foi utilizada uma imagem do sensor OLI (Operational Land Imager), acoplado ao Landsat-8. Ela foi requisitada do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos,



no portal Earth Explorer, (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Por disponibilizar as imagens do sensor OLI em reflectância de superfície, às imagens OLI foi preciso apenas a divisão dos DN (digital numbers) por um fator ($L\lambda = DN/10000$).

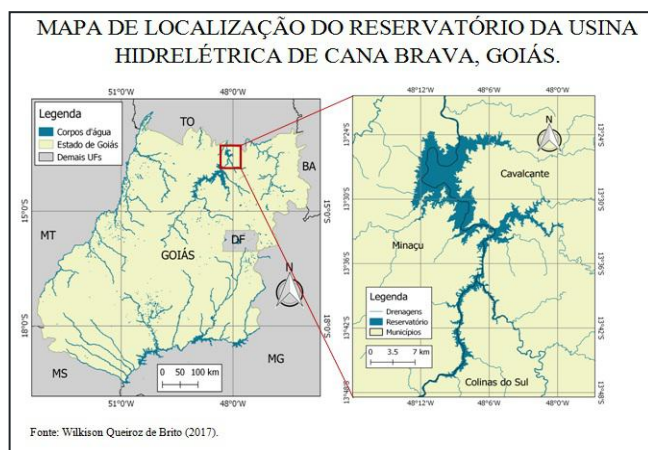


Figura 1 – Localização do objeto de estudo

Foram coletadas, manualmente, 21 amostras de 1000 ml de água (Figura 2). A realização da coleta coincidiu com o dia de registro da imagem pelo sensor, conforme sugerido por Chen e Yu (2009). Todos os pontos foram marcados com o receptor GPS (sistema de referência de coordenadas WGS 84, UTM, Zona 22), sendo registradas as coordenadas geográficas de cada ponto. Logo após esse processo, as amostras foram colocadas em recipiente com ausência de luz e refrigerado.



Figura 2 – Identificando a amostra recém coletada em um dos pontos.

As amostras foram todas filtradas em laboratório (GUY, 1969), utilizando filtros de microfibra de vidro 0,45 μm previamente numerados e pesados, em balança analítica, secos em estufa (após a filtragem), resfriados à temperatura ambiente e pesados novamente (Figura 3). A concentração do sedimento em suspensão foi obtida subtraindo o peso do filtro após a filtragem (e resfriamento) pelo peso do filtro antes da filtragem, de acordo com a equação 1.

$$CSS_{\text{total}} = (P_s - P_i) \quad (1)$$

Onde:

CSS_{total} = concentração total de sedimentos em suspensão (mg/l);

P_i = peso inicial da membrana após secagem;

P_s = peso da membrana, após filtração e secagem;



Figura 3 - Equipamentos utilizados na filtragem: dessecador (1), balança de precisão (1 e 2), sistema de filtragem (3 a 5).

Para a realização da modelagem, foram correlacionados os valores de reflectância de cada banda da imagem com o peso resultante da filtragem, uma vez



que todos os pontos foram espacializados no QGIS, com uso das coordenadas geográficas que foram obtidas no momento da coleta das amostras. Foram feitos recortes de 3 x 3 pixels, cujo pixel central coincide com o ponto de amostragem. Os valores de reflectância utilizados na correlação foram as médias deste conjunto de nove pixels.

A banda que apresentou uma correlação mais abrangente foi a sexta entre todas, sendo assim ela foi utilizada como referência para fazer o aferimento da influência do efeito de reflexão especular (*sun glint*) nos valores obtidos nos pixels. Uma vez que o efeito foi confirmado, a partir da forte correlação das bandas do infravermelho médios (6 e 7), com $R^2 = 0,97$, a correlação entre cada banda e a CSS foi calculada subtraindo-se a banda 6, retirando, assim, objeto efeito sun glint.

A análise de correlação da CSS para cada banda se faz necessária devido ao fato de que a reflectância não é linearmente dependente da CSS e varia conforme a faixa de concentrações e a banda espectral utilizada (CURRAN e NOVO, 1988, 1996; LODHI et al., 1997; RITCHIE e SHIEBE, 2000).

Resultados e Discussão

Os pontos registrados das amostras coletadas foram distribuídos ao longo do reservatório com a intenção de aferir uma maior variação dentro da área de estudo, podendo esses serem visualizados na Figura 4. É importante relatar que foram realizados dois campos, sendo que no primeiro ocorreram alguns imprevistos, tendo o descarte dos dados do processo no campo e no laboratório. Já o segundo, sem contratemplos, permitiu a averiguação e análise dos resultados. Foram verificados baixos valores em grande parte dos 21 pontos, com uma variação entre 0,0001 mg/l a 0,001 mg/l.

Estes valores denotam uma área com pouca produção sedimentar, a qual é influenciada por diversas variáveis, das quais se destacam os fatores hidrológicos, a estrutura geológica, as condições topográficas e a cobertura vegetal (CHRISTOFOLETTI, 1981). Levando isso em consideração, é importante enfatizar que essa área do Norte Goiano ainda apresenta grandes áreas de preservação com

vegetação nativa (SANO et al., 2008; CARVALHO et al., 2008; DIAS CARDOSO et al., 2012). Esse pode ter sido um fator determinante para esse resultado, conjuntamente com o período de baixa precipitação e consequente baixa descarga sedimentar proveniente da montante.

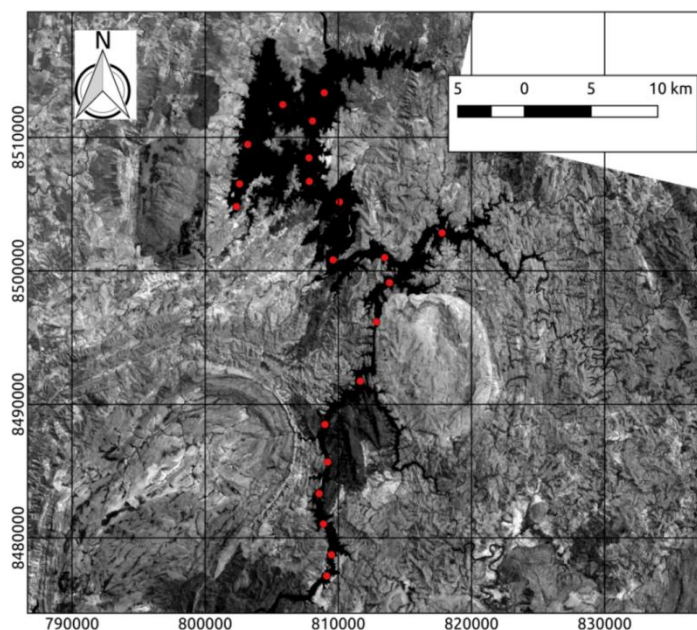


Figura 4 - Quantitativo e localização dos pontos de coleta.

Diversos trabalhos desenvolvidos em relação a essa temática, mas realizados em outras localidades, apresentam resultados totalmente diferentes, como os de Paiva (2007), Cabral et al. (2012), Vilhena et al. (2003) e Braga et al. (2012). O ponto principal é que todos esses trabalhos citados apresentaram bons resultados de correlação entre o sedimento e a outra variável que foi escolhida para o estudo.

O modelo de correlação entre a CSS e as bandas de reflectâncias demonstrou uma correlação negativa. Esse padrão apareceu para quase todas as bandas, exceto para a banda 3 que teve um desempenho diferente (apresentando uma correlação considerável boa) em relação as outras(Figura 5).

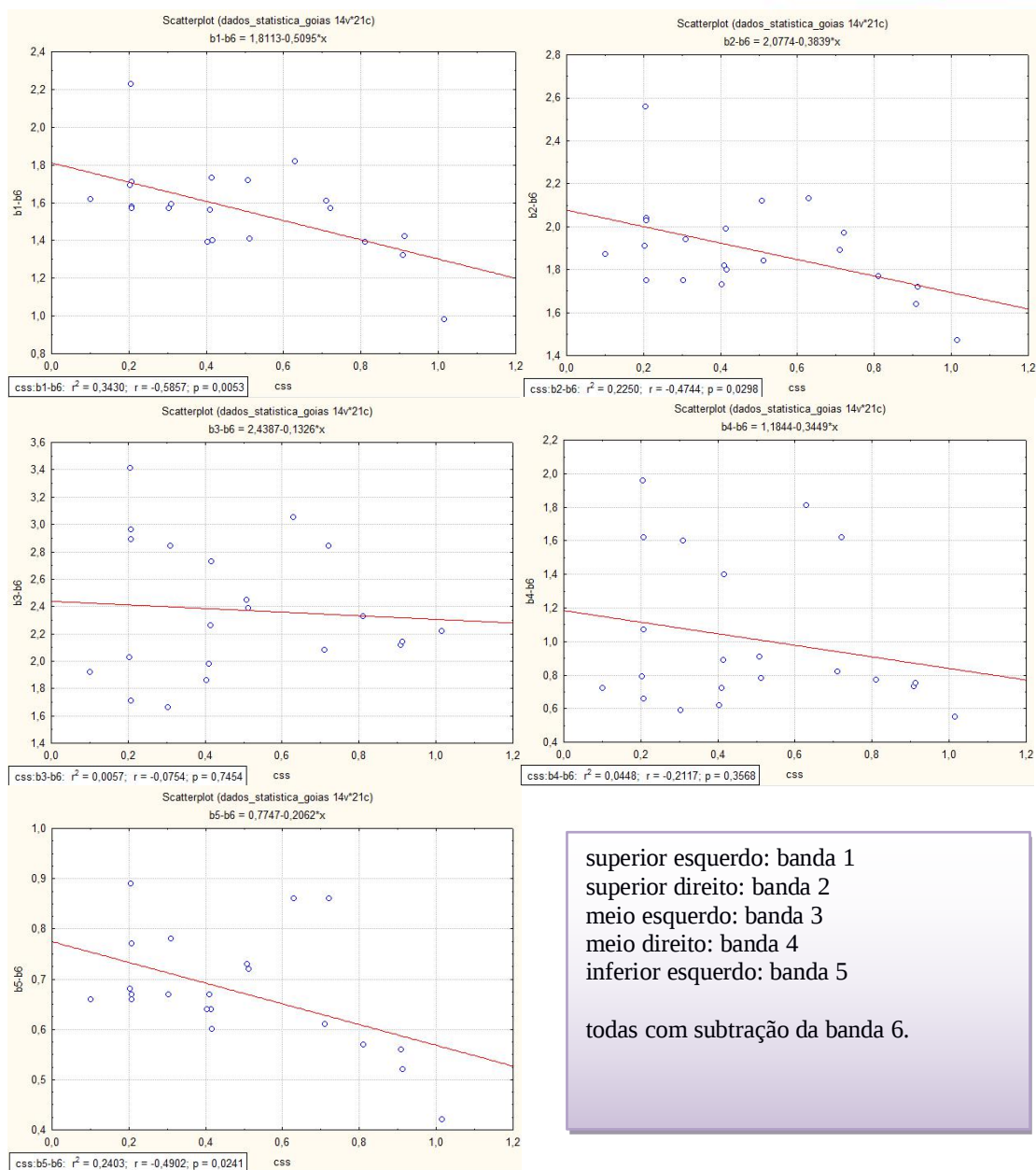


Figura 5 - Correlação da CSS com bandas do sensor OLI/Landsat-8.

Uma vez que a ação antrópica acelera drasticamente os processos naturais, ou seja, alterando o ciclo natural desse ambiente (BRITO, et al., 2009), é provável que a existência de algumas atividades antrópicas (criação de rodovias, cortes de estradas, etc.) em alguns trechos da bacia hidrografia não está tendo influência direta no reservatório, em relação à quantidade de sedimentos carregados para essa área de estudo.



Considerando que, para se realizar o monitoramento da estimativa de concentração de sedimentos em suspensão em corpos d'água por imagens remotamente sensoriadas, é, geralmente, necessária uma relação quantitativa entre medidas *in situ* da concentração de sedimentos e a correlação dessas medidas com dados de sensores remotos (JENSEN, 2009) e que há uma alta incidência de nuvens no período de maior precipitação (SANO et al., 2007) a baixa correlação torna improvável o uso das imagens deste sensor neste reservatório.

Considerações Finais

A utilização do sensor OLI/Landsat-8 em relação ao monitoramento de concentração de sedimentos em suspensão apresentou pouco rendimento na área estudada. Vale ressaltar que esse resultado pode estar associado a diversos fatores, como o período que foi monitorado, uma vez que sensores remotos orbitais não são recomendáveis em período chuvoso, período que pode apresentar uma maior concentração de sedimento em suspensão; por outro lado, a ocorrência de pouco sedimento em suspensão pode ser devido à preservação da sua vegetação, mesmo com algumas ações antrópicas ocorrente nesse espaço.

Buscando alternativas que contornem a questão da ocorrência da presença de nuvens, o uso do VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) como plataforma pode auxiliar em futuros estudos, embora este tenha outras limitações intrínsecas, como a área imageada ou a necessidade de correção geométrica com precisão topográfica.

Agradecimentos

À Universidade Estadual de Goiás, pela concessão de bolsa BIC/UEG (Bolsa de Iniciação Científica da UEG) ao primeiro autor e de bolsa PROBIP/UEG (Programa de Bolsa de Incentivo à Pesquisa e Produção Científica) ao segundo autor. Ao corpo de Bombeiros de Minaçu (GO), pelo apoio na estrutura e segurança nas saídas de campos. Ao Laboratório de Geoquímica e Água (LAGEQ), da Universidade de Brasília (UnB), pela disponibilização do Laboratório para a realização da análise laboratorial.

Referências

- BRAGA, C. C.; CABRAL, J. B. P.; ROCHA, H. M.; ROCHA, I. R. Distribuição Espacial e Temporal de Sólidos em Suspensão no Reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros – Go. **Geoambiente**, UFG, Jataí – GO. nº 19, 2012.
- BRITO, R. N. R.; ASP, N. E.; BEASLEY, C. R.; SANTOS, H. S. S. Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 173-180, 2009.
- CABRAL, J. B. P.; SANTOS, F. F.; NOGUEIRA, P. F.; Braga, C. C. Análise espacial de sólidos em suspensão em reservatórios do estado de Goiás: Estudo de caso da UHE Caçu e Barra dos Coqueiros. **Revista GeoNorte**, v. 4, p. 1460-1471, 2012.
- CHEN, X.; YU, Z. Remote Sensing of water environment. In: LI, D.; SHAN, J.; GONG, J. (Edit) **Geospatial Technology for Earth Observation**, Springer, 2009. p. 431-471.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Volume I – o canal fluvial. São Paulo: Edgard Blücher. 1981. 297p.
- 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.
- GUY, H. P. Laboratory theory and methods for sediment analysis. Book 5. **Laboratory analysis**. Chapter C1. USGS: Washington, DC. 1969.
- ISPRS. **International Society for Photogrammetry and Remote Sensing**. Disponível em: <<http://www.isprs.org/society/history.aspx>>. Acesso em: 21 mar. 2018.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, SP: Parêntese. 2009. 598 p.
- 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, n. 1, p. 111-117, 1997.
- KONG, J.; SUN, X; WANG, W.; DU, D.; CHEN, Y.; YANG, J. An optimal model for estimating suspended sediment concentration from Landsat TM images in the Caofeidian coastal waters. **International Journal of Remote Sensing**. v. 36, n. 19-20, p. 5257-5272, 2015.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. 4. ed. São Paulo, SP: Blücher, 2010. 388p.



PAIVA, J. B. D. Avaliação de Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos em um Pequeno Rio Urbano. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 12 n.4 Out/Dez 2007, 05-21.

RITCHIE, J. C.; SHIEBE, F. R. Water Quality. In: SHULTZ, G. A.; ENGMAN, E. T. (Eds). **Remote Sensing in Hydrology and Water Management**, Springer, 2000.

SANO, E. E.; FERREIRA, L. G.; ASNER, G. P.; STEINKE, E. T. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. **International Journal of Remote Sensing** (Print), v. 28, p. 2739-2752, 2007.

SANO, E. E.; ROSA, R., BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.1, p.153-156, jan. 2008.

SUEZ. Tractebel Energia. **Cana Brava**: usina de um novo Brasil. Expressão editora. 178p. 2005.

VILHENA, R. M.; ROIG, H. L.; MENESES, P. R. Determinação do assoreamento de reservatório utilizando técnicas de geoprocessamento, o caso do reservatório de Funil.RJ. IN: XI SBSR, **anais...** (cdrom). Belo Horizonte – MG. P.2649-2651. 2003.

USGS. U. S. Geological Survey. **Landsat Mission**. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.