SENSORIAMENTO REMOTO MULTIFONTE APLICADO AO ESTUDO DO CORPO HÍDRICO DO RIO JULIANA NA APA DO PRATIGI

Erli Pinto dos Santos¹; Taíse Bomfim de Jesus² e Ayala de Souza Reis Carneiro³

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Engenheiro Agrônomo, Universidade Estadual de Feira de Santana, mestrando em Engenharia Agrícola, bolsista CNPq, Universidade Federal de Viçosa, e-mail: erlitec.agri@hotmail.com

2. Orientador, Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: taisebj@hotmail.com

3. Participante do projeto de pesquisa do Orientador, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: ayala.reis@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Espectrorradiometria; Sentinel-2; Rio Juliana.

INTRODUÇÃO

A redução da qualidade das águas dos rios, reservatórios, estuários e regiões costeiras, é uma preocupação mundial visto que resulta na restrição de seus múltiplos usos (CICERELLI; GALO, 2015) e nessa ótica a pesquisa tem analisado diversas substâncias e seres vivos presentes na água na busca de identificar padrões de qualidade para monitorar a presença destes (FERREIRA; GALO, 2012), dentre estes a clorofila-a tem sido muito estudada por ser um componente opticamente ativo (COA) em sensores. E nesse contexto se insere o sensoriamento remoto como ferramenta eficaz no monitoramento da qualidade da água, pois recobre extensas áreas e permite uma análise espaço-temporal, onde nos dados é permitido inferir sobre a presença de COAs.

Dessa forma o objetivo deste trabalho é analisar as variáveis (espectral e limnológica) do corpo hídrico no rio Juliana, na Área de Preservação Ambiental (APA) do Pratigi, correlacionando os dados de espectrorradiometria de campo e reflectância por satélite com a concentração da clorofila-a.

METODOLOGIA

A área de estudo, ilustrada na figura 1, compreende um lago artificial localizado no curso do rio Juliana, na Bacia Hidrográfica do Rio Juliana, na APA do Pratigi. A sua escolha se deu pela facilidade de acesso, pois, encontra-se dentro da Fazenda Juliana, além de o lago apresentar espelho d'água maior que 40 ha, dimensão que permite uso de imagem de satélite no seu estudo. Os pontos amostrais usados são os de 1 a 4, como visto na figura 1. A clorofila-a, variável limnológica escolhida para caracterizar o corpo hídrico em estudo, foi quantificada usando o método do *Standard Methods for Water and Wastewater Examination* e o material para análise foi coletado no campo realizado no dia 28/11/2017, onde concomitantemente os dados espectrorradiométricos foram coletados usando um espectrorradiômetro FieldSpec 4 Hi-Res de acordo com metodologia aplicada por Santos, Carneiro e Jesus (2017): na coleta há a mensuração da reflectância, sendo de interesse os valores na região espectral fotossinteticamente ativa (de 400 a 900 nm). Nos dados espectrorradiométricos foi aplicada a primeira derivada como técnica de extração de informações, seguindo a metodologia aplicada por Santos, Carneiro e Jesus (2017).

Figura 1. Lago na Bacia Hidrográfica do Rio Juliana na APA do Pratigi usada como área de estudo.

Além dos dados acima mencionados foi coletada a partir do portal Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu>) uma imagem do sensor MSI (*Multispectral Sensor*) do satélite Sentinel-2A, cuja medição data de 27/11/2017. A imagem foi utilizada para calcular a matemática de bandas (equação 1) usada por Toming et al. (2016) para relacionar com a concentração de clorofila-a, usando a reflectância das bandas B06, B05 e B04 do MSI (Infravermelho limítrofe 2, limítrofe 1 e vermelho) com e sem correção atmosférica (reflectância na base da atmosfera (BOA) e no topo da atmosfera (TOA), respectivamente), sendo que a correção atmosférica foi realizada com o modelo proposto por European Space Agency (2016) baseada na transferência radiativa libRadtran (Mayer e Kylling, 2005).

$$B05 = \frac{B04 + B06}{2} \quad (1)$$

Então para melhor visualização de todos os dados e verificar relação das concentrações de clorofila-a com a radiação eletromagnética em dados multi e hiperespectrais, foi aplicada a técnica de correlação de variáveis aleatórias e a análise de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados para analisar o comportamento da variável limnológica com a variável espectral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado trata-se da determinação das quantidades de clorofila-a das amostras dos pontos de estudo, exibidas na tabela 1. A clorofila-a é uma variável limnológica largamente aplicada nos estudos com COAs nos trabalhos de observação da Terra, pois ela denota a presença de biomassa de fitoplânctons nos corpos hídricos indica o estado trófico, e é essencial para interpretação de dados de sensoriamento remoto (GITELSON; SCHALLES; HLADIK, 2007; TOMING et al., 2016; HA et al., 2017) pois sua quantificação é um método analítico estabelecido.

Tabela 1. Valores de clorofila-a encontrados para as amostras dos pontos.

Ponto amostral	Concentração de
----------------	-----------------

	<i>clorofila-a</i> ($\mu\text{g/L}$)
01	28,74
02	26,13
03	12,02
04	16,21

Uma das formas de interpretar dados espaciais obtidos por sensores e variáveis ambientais é a análise multivariada, que permite observar o comportamento de duas variáveis independentes, portanto correlação foi aplicada para verificar o quanto a clorofila-a se relaciona com os dados dos sensores orbitais e de campo, bem como a regressão linear foi usada para verificar a feição dessa relação: estes resultados encontram-se na figura 2 logo abaixo.

Figura 2. A e B: correlação entre a altura do pico de 705 nm calculada a partir dos dados do Sentinel-2 e a concentração de clorofila-a, com dados oriundos da reflectância no topo da atmosfera na base da atmosfera, respectivamente; C: Correlação entre a reflectância em 672 nm (região do espectro vermelho) e a concentração de clorofila-a; D: Correlação entre a primeira derivada em 670 nm (região do espectro vermelho) e a concentração de clorofila-a.

Há maior correlação com os dados oriundos da reflectância TOA do que com a reflectância BOA (figuras 2 A e B), além disso observa-se que a linha de tendência é crescente, corroborando com Toming et al., (2016), entretanto os autores obtiveram coeficientes de correlação maiores do que os das figuras 2 A e B, pois, para reflectância TOA e BOA, encontraram correlações da ordem de 0,83 e 0,80. Isso pode ser explicado pelo número de amostras representativas tomadas no trabalho: Toming et al. (2016) obtiveram a clorofila-a de 22 amostras, e neste trabalho apenas 4. Mas apesar de as correlações serem menores, guardam a relação de os dados de reflectância TOA serem

superiores à reflectância BOA. A melhor correlação com a reflectância espectral (figura 2 C) encontrada neste trabalho foi obtida na região de 675 nm ($r^2 = 0,80$), região onde Rundquist et al., (1996) e Gitelson (1992) obtiveram picos de absorbância na região do vermelho associando à concentração da clorofila-a, quanto menor a reflectância nesse pico maior a concentração de clorofila, e isso foi observado. Contudo, a mesma correlação não pôde ser observada confrontando os dados de primeira derivada (figura 2 D), pois, foram escolhidos os valores de primeira derivada no comprimento de onda de 670 nm, onde Rundquist et al. (1996) obtiveram valores de r^2 entre 0,90 e 0,93, e neste trabalho pode-se dizer que não há correlação entre as duas variáveis, uma vez que o coeficiente de correlação encontrado foi de 0,0028.

CONCLUSÃO

Foi possível correlacionar os dados de clorofila-a com a reflectância por satélite e por espectrorradiometria de campo, além da derivada espectral, onde a espectrorradiometria em 672 nm apresentou melhor correlação; há um potencial de uso do sensor MSI/Sentinel-2 desde que aumentada a amostragem em campo; a primeira derivada não apresentou correlação. Portanto há um potencial no uso de métodos de sensoriamento remoto, pois estes confrontam com dados químicos.

REFERÊNCIAS

- SANTOS, E.P.; CARNEIRO, A.S.R.; JESUS, T.B.. Derivada espectral como técnica de extração de informações de espectros de reflectância de corpo hídrico do baixo curso do Rio Subaé, Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. **Anais...**. Santos: Inpe, 2017. p. 3894 - 3901.
- HA, N.T.T.; THAO, N.T.P.; KOIKE, K.; NHUAN, M.T. 2017. Selecting the Best Band Ratio to Estimate Chlorophyll-a Concentration in a Tropical Freshwater Lake Using Sentinel 2A Images from a Case Study of Lake Ba Be (Northern Vietnam). **ISPRS International Journal of Geo-information**, v. 6, n. 9, p.290-305, 13 set. 2017. <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6090290>.
- GITELSON, A.A.; SCHALLES, J.F.; HLADIK, C.M. 2007. Remote chlorophyll-a retrieval in turbid, productive estuaries: Chesapeake Bay case study. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, n. 4, p.464-472. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse>.
- TOMING, K.; KUTSER, T.; LAAS, A.; SEPP, M.; PAAVEL, B.; NÕGE, T. 2016. First Experiences in Mapping Lake Water Quality Parameters with Sentinel-2 MSI Imagery. **Remote Sensing**, v. 8, n. 8, p.640-654. <http://dx.doi.org/10.3390/rs8080640>.
- MAYER, B. & KYLLING, A. 2005. Technical note: The libRadtran software package for radiative transfer calculations - description and examples of use. **Atmospheric Chemistry and Physics**, 5 (7): 1855 – 1877.
- EUROPEAN SPACE AGENCY. 2016. Sen2Cor Configuration and User Manual. Disponível em: < [http://step.esa.int/thirdparties/sen2cor/2.3.0/\[L2A-SUM\]%20S2-PDGS-MPC-L2A-SUM%20\[2.3.0\].pdf](http://step.esa.int/thirdparties/sen2cor/2.3.0/[L2A-SUM]%20S2-PDGS-MPC-L2A-SUM%20[2.3.0].pdf) >. Acesso em: 15 mar. 2017.
- RUNDQUIST, D. C.; HAN, L.; SCHALLES, J. F.; PEAKE, J. S. 1996. Remote Measurement of Algal Chlorophyll in Surface Waters: The Case for the First Derivative of Reflectance Near 690 nm. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 62, n. 2, p. 195-200.
- GITELSON, A. 1992. The peak near 700 nm on radiance spectra of algae and water: relationships of its magnitude and position with chlorophyll concentration. **International Journal of Remote Sensing**, v. 13, n.17, p. 3367 – 3373.
- CICERELLI, R.E.; GALO, M.L. B.T. 2015. Sensoriamento remoto multifonte aplicado na detecção do fitoplâncton em águas interiores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 19, n. 3, p.259-265. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p259-265>.
- FERREIRA, M. S.; GALO, M. L. B. T.. 2013. Chlorophyll a spational inference using artificial neural network from multispectral imagens and in situ measurements. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.85, p.519-532.