

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE LAGOAS COSTEIRAS DO RIO GRANDE DO SUL UTILIZANDO IMAGENS SENTINEL-3/OLCI

PAULA ANDREA CONTRERAS ROJAS¹; FELIPE DE LUCIA LOBO²

¹Universidade Federal de Pelotas – pacontrerasr@unal.edu.co

²Universidade Federal de Pelotas – felipe.lobo@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico e científico, se buscam alternativas para a obtenção de resultados confiáveis na medição de parâmetros de qualidade d'água minimizando as limitações dos monitoramentos; uma das alternativas é o uso do sensoriamento remoto (VENEROS *et al.*, 2020). Por meio de imagens multiespectrais das quais pode-se obter diversas variáveis da qualidade d'água (BARBOSA *et al.*, 2019) entre elas os sólidos suspensos totais (TSS) e a Clorofila, que fazem parte deste estudo.

RODRIGUES *et al.* (2022) propõe uma metodologia para o monitoramento da qualidade da água num reservatório por meio de imagens do satélite Sentinel 3 e seu instrumento a bordo OLCI (Ocean and Land Color Instrument) e faz uma contribuição aos usos potenciais na obtenção de concentrações de clorofila e turbidez, destacando os possíveis avisos antecipados na identificação de áreas críticas de afloramentos de algas cianobactérias.

VANELLEMONT Q & RUDDICK (2018) usa OLCI para calcular concentrações de clorofila e turbidez em águas costeiras, obtendo uns valores muito próximos entre amostras de campo e imagens satelitais, além de concluir que a ferramenta mais adequada para correção das imagens satelitais e obtenção de parâmetros é a ferramenta Acolite, desenvolvida na linguagem de programação python.

Este estudo analisa um grupo de 3 imagens satelitais localizadas espacialmente no sul do Brasil, na Lagoa dos Patos, a Lagoa Mangueira e a Lagoa Merín, quantifica a concentração de clorofila por meio do algoritmo de MISHRA & MISHRA (2012) e turbidez pelo algoritmo de DOGLIOTTI ET AL. (2015) e analisa a espacialidade das concentrações.

2. METODOLOGIA

Este estudo tem como localização espacial a Lagoa dos Patos, a Lagoa Mangueira e a Lagoa Mirim, as imagens espaciais foram obtidas pelo site da agência europeia espacial (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, acesso no dia 2 de janeiro de 2023), sendo selecionadas vinte imagens do satélite Sentinel 3/OLCI do nível 1B “full resolution” (unidades geofísicas; W.m-2. sr-1 μm^{-1} ; 300m) cada uma com nove elementos e 21 número de bandas.

Foram feitas correções radiométricas, geométricas e atmosféricas, para cada uma das imagens, depois se realizou a obtenção da concentração de clorofila em $\mu\text{g/l}$ por meio do índice de clorofila de diferença normalizada (NDCI) de MISHRA & MISHRA (2012) definido pela equação 1, e turbidez semi-empírica de banda única, em unidades de formacina nefelométrica (FNU) pelo algoritmo de DOGLIOTTI ET AL. (2015) definido na equação 2, o pré-processamento das imagens foi gerado com ajuda da ferramenta ACOLITE (2022).

$$C_{chl-a} = \frac{[R_{rs}(708) - R_{rs}(665)]}{[R_{rs}(708) + R_{rs}(665)]} \quad \text{Equação 1.}$$

Onde C_{chl-a} é o índice de clorofila de diferença normalizada, $R_{rs}(708)$, é a reflectância corrigida da banda 708 e $R_{rs}(665)$, é a reflectância corrigida da banda 665.

$$T = \frac{A_T \rho_w^\lambda(\lambda)}{(1 - \rho_w(\lambda)/C^\lambda)} \quad \text{[FNU]} \quad \text{Equação 2.}$$

T é a turbidez em unidades de formacina nefelométrica A_T e C são coeficientes de calibração dependentes do comprimento de onda, λ é o comprimento de onda, ρ_w é a reflectância da água.

Conseqüentemente ao pré-processamento, se selecionaram três imagens de satélites das datas: Agosto 16 de 2020, Outubro 02 de 2021 e Janeiro 11 de 2022. Depois da obtenção das concentrações de clorofila e turbidez para cada imagem, foi baixado um arquivo da ocorrência da água de 2021, da Global Surface water (<https://global-surface-water.appspot.com>, acesso no dia 03 de junho de 2023), esse arquivo tem uma dimensão individual de $10^\circ \times 10^\circ$, sendo selecionada para este estudo a placa 30-40S, 50-60W, com ela foi feita uma máscara de água, arquivo raster com valores de 0 e 1, sendo 0 as áreas que contêm água em menos de um 90% do tempo, e 1 as áreas que contêm água mais de um 90% do tempo.

Gerada a máscara de água, foi operada a máscara com os resultados de concentração de clorofila e de turbidez, obtendo os arquivos raster apresentados na figura 1. apresentada na seção de resultados.

Uma vez gerados os arquivos tipo raster, foram feitos três polígonos para cada uma das lagoas de estudo, em cada polígono foram criadas 100.000 estações aleatórias, cada uma com a informação da clorofila e turbidez separadamente, depois da obtenção dos dados para cada ano analisado, foram gerados algoritmos na linguagem R, onde foi feita a geoestatística de cada lagoa, para cada ano, os resultados podem ser observados na tabela 1, em total foram analisados 1.800.000 dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para o ano Agosto 16 de 2020 podem-se observar na figura 1. A figura 1(A) apresenta o arquivo tipo raster com a reflectância resultante do pré-processamento com uma configuração de bandas vermelha, verde e azul, na figura 1 (B) se apresenta o mapeamento da turbidez junto com um gráfico de frequência de turbidez do conjunto de lagoas onde pode-se observar que a maior frequência de concentrações para o 2020, é de 0 a 20 FNU; com a figura 1 junto com os resultados da tabela 1 se analisa que a Lagoa Mirim possui uma maior quantidade de valores altos de turbidez para agosto 16 de 2020; para outubro 02 de 2021 se obteve uma maior média de concentrações de turbidez na Lagoa dos Patos, e um equilíbrio de concentrações para a data do Janeiro 11 de 2022 o que marca uma possível variabilidade sazonal de concentração para cada uma das lagoas. Para a figura 1 (C) se apresenta o mapeamento da clorofila, junto com um gráfico de frequência de clorofila do conjunto de lagoas onde apresenta a maior frequência nas concentrações de 15 a 20 ($\mu\text{g/l}$) para esse ano; resultados que em

conjunto com a tabela 1, apresentam uma maior Mirim obteve uma meia maior do que a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mangueira, mas nota-se que o afloramento das algas diminui na Lagoa Mirim e aumenta na Lagoa dos patos, além na Lagoa dos Patos se observa uma mudança de concentração e distribuição da clorofila, aumentando na primavera e se agrupando e concentrando na parte superior e inferior da lagoa em verão.

Figura 1. Mapeamento e distribuição de turbidez e clorofila do conjunto de lagoas

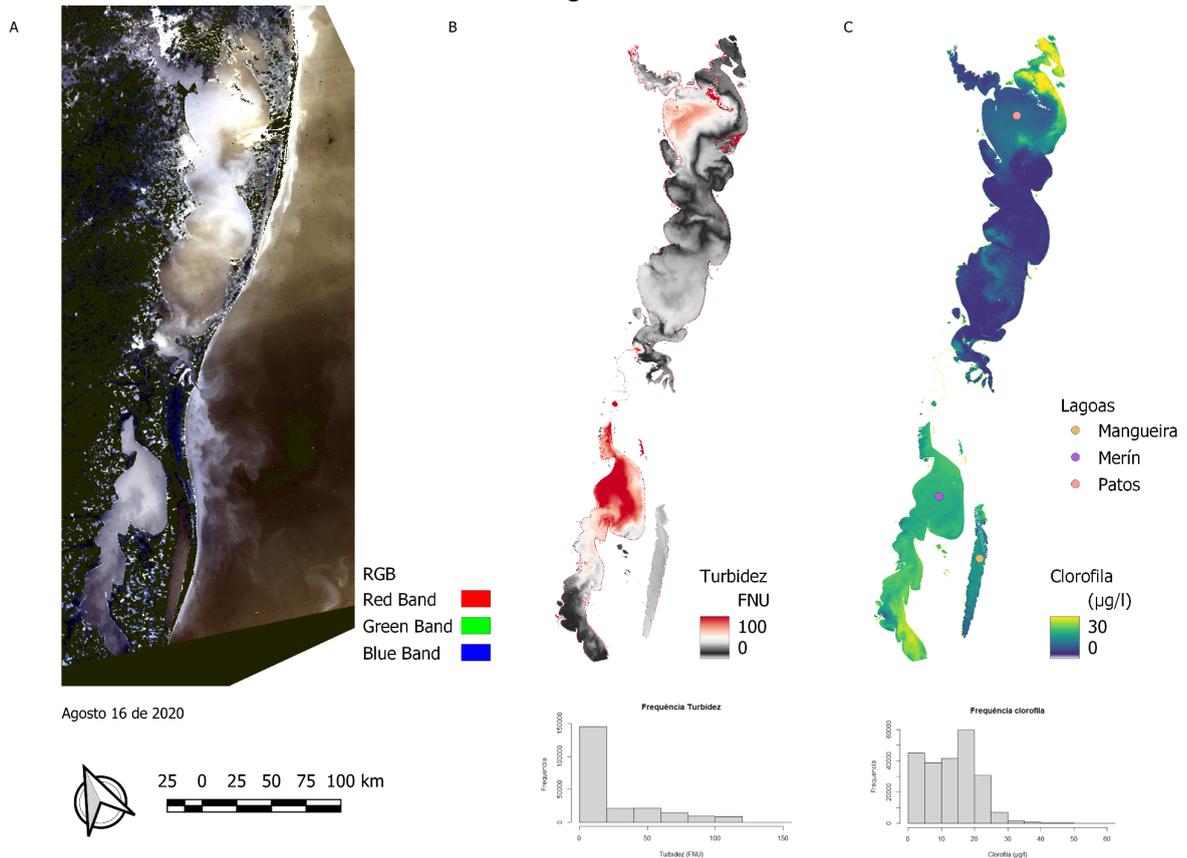


Tabela 1. Estatísticas básicas das concentrações de clorofila e turbidez das três datas analisadas

Imagem	Concentração de clorofila (µg/l)			Turbidez (FNU)		
	Lagoa dos Patos	Lagoa Merín	Lagoa Mangueiro	Lagoa dos Patos	Lagoa Merín	Lagoa Mangueiro
Agosto 16 de 2020	8,44	17,06	13,81	19,65	51,38	5,72
Outubro 02 de 2021	12,42	14,10	7,57	74,78	23,12	6,44
Janeiro 11 de 2022	13,82	16,18	11,34	51,73	57,66	27,36

4. CONCLUSÕES

Foi feito um adequado pré-processamento das imagens e posteriormente se apresentaram as quantidades e distribuição da clorofila e a turbidez para a Lagoa dos Patos, a Lagoa Mangueira e a Lagoa Mirim.

Se realizaram as análises estatísticas para 100.000 estações aleatórias em cada uma das lagoas, para um total de 300.000 pontos analisados com dados de clorofila e turbidez no conjunto de lagoas costeiras do Rio Grande do Sul.

Com os análises estatísticos gerados e o mapeamento dos resultados das concentrações de clorofila e turbidez se compararam os resultados das datas de agosto, outubro e janeiro, conseguindo obter uma possível resposta sazonal e dinâmica da turbidez e da clorofila.

Tendo em consideração que o satélite Sentinel 3B, começou orbitar no 25 de abril do 2018, e que as pesquisas com o instrumento OLCI em qualidade da água são escassas mundialmente e quase nulas no Brasil, o trabalho aqui realizado serve de base para futuras pesquisas e abre uma gama de possibilidades para um possível monitoramento da qualidade da água ou a criação de programas de avisos antecipados ante a contaminação das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul ou diferentes lagoas ou reservatórios do Brasil.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOLITE, User Manual, Novembro 14, 2022. Acessado em 23 março. 2023. Online. Disponível em: <https://github.com/acolite/acolite/releases/tag/20221114.0>
- BARBOSA, C. *et al.* **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos**: princípios e aplicações. 1. ed. São José dos Campos: LabISA/INPE, 2019. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/labisa/livro/res/conteudo.pdf>.
- DOGLIOTTI, A. I., RUDDICK, K., NECHAD, B., DOXARAN, D., KNAEPS, E. A single algorithm to retrieve turbidity from remotely-sensed data in all coastal and estuarine waters. **Remote Sensing of Environment**. 156, 157–168, 2015.
- MISHRA, S., MISHRA, D. R. Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters. **Remote Sensing of Environment** 117, 394–406, 2012
- VANHELLEMONT, Q., RUDDICK, K., Atmospheric correction of Sentinel-3/OLCI data for mapping of suspended particulate matter and chlorophyll-a concentration in Belgian turbid coastal waters, **Remote Sensing of Environment**, Volume 256, 112284, ISSN 0034-4257. 2021.
- RODRIGUES, G.; POTES, M.; PENHA, A.M.; COSTA, M.J.; MORAIS, M.M. The Use of Sentinel-3/OLCI for Monitoring the Water Quality and Optical Water Types in the Largest Portuguese Reservoir. **Remote Sens.**, 14, 2172, 2022.
- VENEROS, J. *et al.* Aplicación de sensores remotos para el análisis de cobertura vegetal y cuerpos de agua. **Scielo - Idesia (Arica)**, v. 38, n. 4, p. 99-107, 2020. ISSN