ISSN: 2594-6153

Potencial do uso de imagens de satélite multiespectrais para estudo de dispersão das plumas superficiais de efluentes do Emissário Submarino de Santos – SP (2019-2020)

Daniel Nascimento[1,2,*], Renan Braga Ribeiro[1,2], Fabio Giordano[1,3]

[1]Programa de Pós-Graduação em Auditoria Ambiental, Universidade Santa Cecília, Santos-SP, Brasil
[2]Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas, Universidade Santa Cecília, Santos-SP, Brasil
[3]Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Universidade Santa Cecília, Santos-SP, Brasil

*E-mail: nascimento.daniel@outlook.com

Resumo: O presente artigo tem como objetivo demonstrar o potencial do uso de imagens do satélite multiespectral Sentinel-2, de alta resolução espacial, para estudo de dispersão das plumas superficiais de efluentes do Emissário Submarino de Santos-SP. As imagens foram processadas, classificadas e comparadas entre 3 diferentes algoritmos para determinação do melhor resultado. O estudo demonstrou seu potencial de utilização para identificação preliminar de alteração de estado no entorno da área estudada. As imagens do Sentinel-2 têm um bom potencial para esses tipos de estudo, podendo ser aplicáveis à identificação de plumas de emissários submarinos, sendo que das nove imagens obtidas ao longo de 12 meses, na maioria das vezes a pluma foi visível com relevante área na superfície do mar.

Palavras-chave: pluma; emissário submarino; imagens de satélite; Sentinel-2.

Potential of using multispectral satellite images to study the dispersion of superficial plumes of effluents from the Outfall Wastewater of Santos - SP

Abstract: This article aims to demonstrate the potential of using high spatial resolution images from the multispectral Sentinel-2 satellite to study the dispersion of surface effluent plumes from the Santos Submarine Outfall. The images were processed, classified and compared between 3 different algorithms to determine the best result. The study demonstrated its potential to be used for the preliminary identification of changes in status around the studied area. The Sentinel-2 images have a good potential for these types of studies, and may be applicable to the identification of plumes from underwater outfalls, being that of the nine images obtained over 12 months, in most cases the plume was visible with relevant area on the sea surface.

Keywords: plume; submarine outfall; satellite images; Sentinel-2.

Introdução

Grande parte da população mundial vive perto da costa, de acordo com uma estimativa de 2003 [1], 23% da população mundial vive a 100 km de distância da costa e a menos de 100 m acima do nível do mar. Estes números representam quão intensa é a ocupação da zona costeira, e consequentemente a pressão sobre os ecossistemas costeiros, assim evidenciando a necessidade de gestão para diminuir os impactos negativos causados à essas zonas.

O tratamento das águas residuais e a disposição dos seus resíduos é uma das características mais importantes da gestão costeira [2]. O cenário é complexo pois deve-se considerar os contextos sociais, ambientais e técnicos. A disposição das águas residuais no oceano, através de emissários, é uma das soluções utilizadas nas regiões costeiras. Os emissários constituem-se de uma longa tubulação, assentada no fundo marinho e que em seu trecho final atinge maiores profundidades, onde ocorre o lançamento do efluente por meio de difusores. Assim, permitindo uma diluição eficaz do mesmo, se bem dimensionado e operado, caso contrário, podem trazer prejuízos ambientais [3].

Na região central da Baía de Santos ocorre a disposição dos efluentes domésticos através de emissário submarino que atende a população do município de Santos e parte do município de São Vicente (Figura 1). Construído em 1979, passou por uma reforma em 2009, e atualmente atende uma população fixa de 551.395 habitantes [4], possui 4.425 m de extensão, mas foi projetado para atender uma população de até 1.322.100 habitantes. Com vazão máxima de 5,3 m³/s e 1,75 m de diâmetro, apresenta 158 orifícios ao longo de 400 m do tubo difusor, que possui a função de lançar o efluente, misturando-o com a água do mar, na chamada zona de mistura.



Figura 1. Região de estudo com a localização da tubulação do emissário submarino de Santos (linha tracejada em vermelho) na área central da Baía de Santos

Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo explorar o potencial do uso de imagens de um satélite multiespectral de alta resolução espacial, o Sentinel-2, para estudo de dispersão das plumas superficiais de efluentes do Emissário Submarino de Santos-SP.

Material e Métodos

Foram selecionadas imagens dos satélites Sentinel 2, obtidas durante um ano completo (entre maio/2019 a maio/2020) considerando a correção atmosférica aplicada pela Agência Espacial Europeia e analisadas apenas imagens sem cobertura de nuvens na região de estudo.

As imagens foram processadas com um software de código aberto, o QGIS [5], e o *Semi-Automatic Classification Plugin* [6] para classificação das imagens, utilizando as bandas 2, 3, 4 e 8, e definindo 4 classes (pluma, água do mar, área urbana e vegetação). Para a classificação das imagens foram testados três algoritmos: i. *Maximum Likelihood* [7], ii. *Minimum Likelihood* [7]; e iii. *Spectral Angle Mapping* [8]. Por fim, foram calculadas as áreas de abrangência das plumas superficiais oriundas do emissário submarino.

Resultados

A análise e classificação foi realizada em apenas nove imagens (Tabela 1), sendo pelo menos uma em cada estação do ano, pois foram as que não apresentaram cobertura de nuvem na região de estudo. A figura 2 apresenta o resultado da classificação de duas dessas imagens, e a Tabela 1 a área das plumas do emissário submarino calculadas com base na classificação.

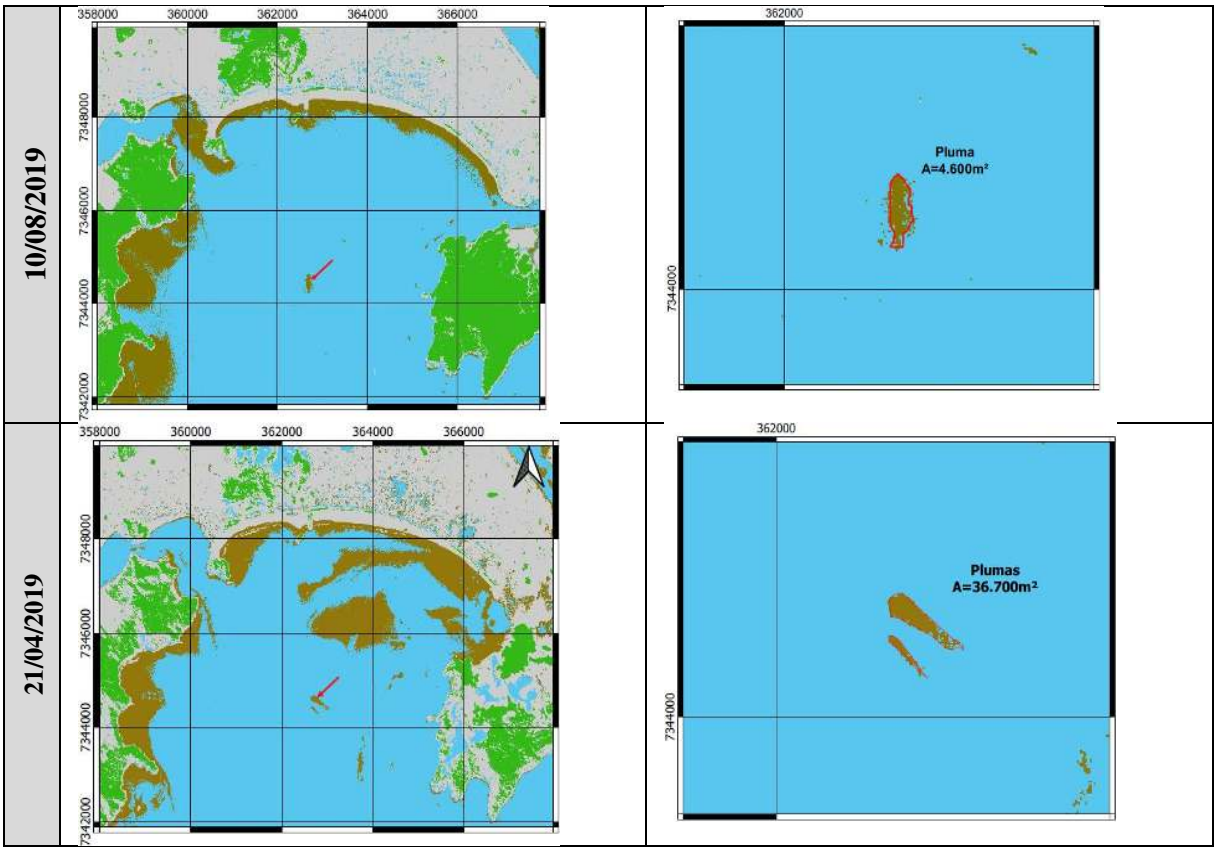

Figura 1. Resultado da classificação com o algoritmo *Spectral Angle Mapping*. A área urbana é apresentada em cinza, a vegetação em verde, a água do mar e estuário em azul, e a pluma e água com maior concentração de sedimentos em marrom. A região estudada é apresentada à esquerda e um destaque para a região de disposição do emissário submarino é apresentado à direita.

ISSN: 2594-6153

Tabela 1. Área das plumas calculadas com base nas nove imagens de satélite.

Data	Área da pluma	Data	Área da pluma	Data	Área da pluma
27/05/2019	6.200 m²	09/09/2019	5.500 m²	27/03/2020	1.300 m²
11/07/2019	1.005 m²	03/11/2019	Não detectada	21/04/2020	36.700 m²
10/08/2019	4.600 m²	12/01/2020	3.200 m²	16/05/2020	5.200 m²

Discussão

O uso do sensoriamento remoto (SR) para estudo e monitoramento de sistemas aquáticos é crescente e pode ser conduzido de forma qualitativa ou quantitativa, se tornando uma ferramenta para a modelagem de inúmeros processos naturais, e oferecendo algumas vantagens em relação à medição *in situ*. A primeira delas é a não-intrusão no meio que se quer medir, pois o sensor registra passivamente a energia eletromagnética refletida ou emitida pelo objeto de interesse. Além disso, os equipamentos registram dados sistematicamente, de áreas geográficas grandes e não apenas pontuais, trazendo mais representatividade às informações [9].

O SR por satélites e sensores passivos apresentam limitações, uma delas é quando há nuvens, impede a visualização da superfície terrestre. Além disso, as condições atmosféricas influenciam no espectro registrado pelos sensores, necessitando de procedimentos para correção das imagens, assim podendo aumentar as incertezas dos resultados. Nesse sentido, foram utilizadas imagens corrigidas, minimizando assim essas incertezas.

Os algoritmos que melhor identificaram as plumas provenientes do emissário submarino, foram *Minimum Likelihood* e *Spectral Angle Mapping*, com destaque para o último.

Vale observar que no tratamento da imagem referente a 03/11/2019 não foi possível identificar a pluma de efluente. Provavelmente devido às condições oceanográficas, a pluma não estava visível na superfície.

Outro fator desfavorável é que esses algoritmos de classificação semi-automática classificaram a pluma, e água com maior concentração de sedimentos em uma mesma classe, por exemplo próximo às praias há o sedimento que é ressuspenso pelos movimentos das ondas, pois apresentam coloração espectral semelhante à da pluma do emissário submarino e, portanto se faz necessário cautela na análise e classificação das imagens.

Devido à cobertura de nuvens no período pesquisado, a disponibilização de imagens ficou restrita a nove imagens. Para a obtenção de um maior número de imagens, uma

alternativa seria restringir o filtro de cobertura de nuvens somente à área de influência da pluma do emissário submarino.

Vale destacar que apenas a utilização de imagens de satélite não é suficiente para determinar a qualidade da água, sendo necessárias medidas de parâmetros *in situ* a fim de determinar a balneabilidade, e outros indicadores de qualidade da água, sendo as imagens de satélite um indicativo preliminar de alteração no estado do ambiente.

Conclusões

Este estudo demonstrou o potencial de utilização das imagens do satélite Sentinel-2 para estudos de dispersão de plumas superficiais de emissários submarinos, usando como estudo de caso o emissário de Santos-SP. As imagens desse satélite têm um bom potencial para esses tipos de estudo, podendo ser aplicáveis à identificação de plumas de emissários submarinos, das nove imagens obtidas ao longo de 12 meses, na maioria das vezes a pluma foi visível com relevante área na superfície do mar.

Referências

1. Small, C., Nicholls, R. (2003). A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. *Journal of Coastal Research*, 19(3), 584-599. Acessado em 19 de agosto de 2020, disponível em http://www.jstor.org/stable/4299200.
2. Ortiz, J. P., Subtil, E., Garcia, R. (2011). New design of Santos submarine outfall: hydrodynamic modeling simulation at The Santos Bay. In *International Symposium on Outfall Systems*. OSMGP.
3. Lamparelli, C. C. (2006). Desafios para o licenciamento e monitoramento ambiental de emissários: a experiência de São Paulo. Em: Lamparelli, C. C., Ortiz, J. P. *Emissários Submarinos: Projeto, avaliação de impacto ambiental e monitoramento*. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 240p.
4. Sampaio, A. F. P., Cherbakian, E. H., Giordano, F., Júnior, F. C. R., Ribeiro, R. B. (2016). Sanitation and microbiological water quality in the watershed of Santos-São Vicente Estuary. *Revista DAE*. 204: 64-72. http://doi.org/10.4322/dae.2016.011
5. QGIS.org (2020). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.org.
6. Congedo Luca (2016). Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1
7. Richards, J. A., Jia, X. (2006). Remote sensing digital image analysis: an introduction. Berlin Heidelberg: SpringerVerlag. 454p.
8. Kruse, F., A. B. Lefkoff , J. B. Dietz (1993). Expert System-Based Mineral Maping in Northern Death Valley, California/Nevada, Using the Airbone Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS), Remote Sensing of Environment.
9. Jensen, John R. (2011). Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em Recursos Terrestres. Parêntese Editora, 598p.