

ANÁLISE DO POTENCIAL DE IMAGENS LANDSAT-8/OLI E SENTINEL-2/MSI COMO SUBSÍDIO À AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA RESEX DE CASSURUBÁ E NO PARNAM DOS ABROLHOS

Marília das G. M. Repinaldo¹, Luiz de S. Oliveira², Geilson S. Lírio³ e Pedro H. D. Marques⁴

¹Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Rua Getúlio Vargas, 326 – Ponta de Areia – Caravelas/Bahia, marilia.silva@icmbio.gov.br;

²Universidade do Estado da Bahia, Av. Dr. Sócrates Ramos, 88 AA – Tancredo Neves – Caravelas/Bahia, luiz_oliveira456@hotmail.com; ³Projeto Áreas Marinhas e Costeiras Protegidas (GEF Mar), Rua Riachuelo, 101 – Ponta de Areia – Caravelas/Bahia, geilson.lirio.bolsista@icmbio.gov.br; e ⁴Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia/Universidade Federal do Sul da Bahia, Praça Joana Angélica, 58 – São José – Teixeira de Freitas/Bahia, pedro.ufmg.dias@gmail.com

RESUMO

Na Região dos Abrolhos estão localizados o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e a Reserva Extrativista de Cassurubá, que protegem recursos naturais e direitos de populações tradicionais. O entorno dessas áreas protegidas marinhas possui empreendimentos que geram conflitos, envolvendo principalmente a classe pesqueira, dentre os quais destaca-se a dragagem do Canal do Tomba, licenciada pelo IBAMA desde 2001. O objetivo deste trabalho é gerar dados para subsidiar a avaliação de impactos ambientais nessas unidades. Para isso, estão sendo realizadas análises de imagens de satélite (Landsat 8/OLI e Sentinel-2/MSI) e de dados de turbidez medidos em campo. Até o momento foi realizada uma campanha de campo, na qual os valores de turbidez medidos apresentaram forte correlação com as bandas 2, 3, 4 e 5 do satélite Landsat 8/OLI - R (Pearson) variando entre 0.72 (banda 2) e 0.87 (banda 5), mostrando grande potencial do uso desse satélite para a análise proposta.

Palavras-chave — Região dos Abrolhos, áreas protegidas marinhas, impactos ambientais, populações tradicionais, imagens de satélite.

ABSTRACT

The Abrolhos Marine National Park and the Cassurubá Extractivist Reserve are located in the Abrolhos Bank. These Marine Protected Areas (MPAs) protects the nature resources and traditional communities rights. The surrounding region of these MPAs having a big enterprise that realize the dredging in the river with license of the Brazilian government, but still generating conflicts with the impacted artisanal fishers. The propose of this paper is to generate datas for subsidize the environmental impacts avaliation. For this, are being carried out satellite imagery analysis

(Landsat 8/OLI and Sentinel-2/MSI) and moreover collecting turbidity data measured in the field. Until now the results of this collection demonstrate that turbidity presents strong correlation with the 2, 3, 4 and 5 bands of the satellite Landsat 8 - R (Pearson) with variation between 0.72 (2 band) and 0.87 (5 band) affirming the great potential of using this satellite for future analyzes.

Keywords — Abrolhos Bank Region, Marine Protected Areas, environmental impacts, Traditional communities, satellite imagery.

1. INTRODUÇÃO

O Parque Nacional Marinho (PARNAM) dos Abrolhos, primeiro PARNAM do Brasil – criado em 1983, e a Reserva Extrativista (RESEX) de Cassurubá, criada em 2009, são unidades de conservação federais inseridas na região dos Abrolhos e possuem papel importante na proteção de recursos naturais e do direito das populações tradicionais. A região dos Abrolhos abriga ecossistemas de manguezais, restingas, brejos, entre outros. Na zona costeira adjacente, entre 20 e 70 Km da linha de costa, está localizado o Complexo Recifal dos Abrolhos, o maior do Oceano Atlântico Sul Ocidental [1]. A RESEX de Cassurubá beneficia mais de 1.600 famílias, que vivem principalmente da pesca e catação de mariscos [2].

Empreendimentos na região têm gerado conflitos envolvendo principalmente a classe pesqueira, com destaque para a dragagem do canal do Tomba, licenciado pelo Ibama em 2001. A percepção de muitos pescadores é que a dragagem tem afetado negativamente a pesca [3]. Altas taxas de sedimentação e elevada turbidez também são uma grande ameaça para os ambientes coralíneos, pois afetam a estrutura e funcionamento do ecossistema recifal [4].

Para avaliar a dinâmica de sedimentos, um dos parâmetros ambientais utilizados é a turbidez. A turbidez

indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água, devido à presença de sólidos suspensos [5], partículas suspensas com diâmetro maiores que 0,2 μm [6]. Assim, águas com elevado valor de turbidez tendem apresentar maiores concentrações de sólidos suspensos [6].

Além de afetar diretamente variáveis limnológicas e serem utilizadas como indicadores de poluição, partículas suspensas na água também podem reduzir a fotossíntese de organismos aquáticos, como o fitoplâncton, que tem papel vital na cadeia alimentar do ecossistema aquático [6, 7].

Dados de sensores remotos podem ser usado para monitorar as concentrações de sedimentos em suspensão nos corpos d'água, sendo importante a comparação desses dados com medidas *in situ* e a correlação dessas medidas entre si [7]. Há imagens de satélite disponíveis gratuitamente (Ex. Landsat e Sentinel), bem como programas, como o QGIS, que permitem a utilização dessa ferramenta mesmo em um cenário de recursos limitados.

Diante do conflito gerado por essa e por outras atividades econômicas e da ameaça à proteção dos ecossistemas existentes, o objetivo deste trabalho é gerar dados para subsidiar a avaliação de impactos ambientais na RESEX de Cassurubá e PARNAM dos Abrolhos através de análise de imagens do satélite e dados de turbidez.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos aplicados nesse trabalho estão resumidos na Figura 1. Primeiramente, foi realizado um levantamento das imagens dos satélites Landsat 8/OLI e Sentinel-2/MSI, disponibilizadas gratuitamente no sítio do *United States Geological Survey* (USGS). As imagens são ortorretificadas.

O sensor espectral *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8 – lançado em 2013, possui oito bandas espectrais, variando entre 430 nm – 2300 nm, com resolução espacial de 30 m e uma banda pancromático com resolução espacial de 15 m. O sensor OLI possui resolução temporal de 16 dias e 12 *bits* de resolução radiométrica [8]. Já o sensor *Multispectral Instrument* (MSI) do satélite Sentinel-2 – com 2 satélites em órbita simultaneamente, lançados em 2015 e 2017 - possui treze bandas espectrais, variando entre 443 nm – 2190 nm com resolução espacial de 10m (4 bandas nas faixas do visível e infravermelho próximo), 20m (6 bandas *red-edge* e infra vermelho de ondas curtas) e 60m (3 bandas para correções atmosféricas). A resolução temporal do MSI é de 5 dias e a resolução radiométrica é de 12 *bits* [9].

A malha amostral para o estudo foi definida a partir dos pontos do monitoramento de turbidez vinculados à atividade de dragagem (Fibria) e informações obtidas através de entrevista com pescadores artesanais da região sobre áreas/pontos possivelmente impactados pela elevação de turbidez, bem como informações levantadas na reunião de apresentação do projeto à comunidade local.

A seleção das imagens de satélite a serem utilizadas no estudo está sendo feita a partir da avaliação de cobertura de

nuvens sobre os pontos. Estão sendo selecionadas apenas as imagens que possuem cobertura baixa ou inexistente na região do estudo.

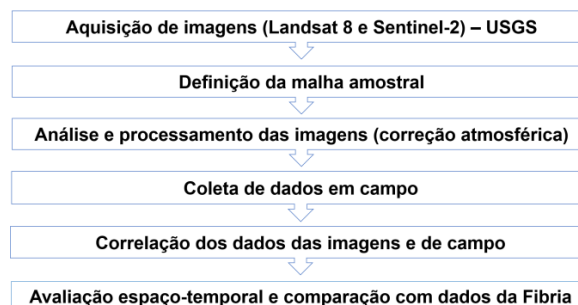


Figura 1. Procedimentos metodológicos para o desenvolvimento da pesquisa.

A correção atmosférica das imagens, com conversão dos valores dos níveis de cinza (Número digital – DN) para reflectância - método *Dark Object Subtraction* (DOS), e a extração dos dados de reflectância estão sendo realizadas no *software* QGIS.

As campanhas de campo para medição dos dados de turbidez estão sendo realizadas considerando os períodos de dragagem: pré, durante e pós-dragagem. Além disso, as datas das campanhas são definidas considerando as datas de passagem dos satélites. Estão previstas, pelo menos, 3 campanhas.

Para avaliar a viabilidade do uso das imagens Landsat 8/OLI e Sentinel-2/MSI, os dados de turbidez estão sendo correlacionados aos dados de reflectância das bandas espectrais dessas imagens. Os testes estatísticos estão sendo realizados no *software* BioEstat – versão 5.3. A Tabela 1 indica uma escala de avaliação proposta para o coeficiente de correlação [10].

Tabela 1. Avaliação do coeficiente de correlação (R) de Pearson [10].

<i>R</i> (Pearson)	Definição
0,00 – 0,19	Correlação bem fraca
0,20 – 0,39	Correlação fraca
0,40 – 0,69	Correlação moderada
0,70 – 0,89	Correlação forte
0,89 – 1,00	Correlação muito forte

A avaliação espaço-temporal dos valores de reflectância das imagens poderá subsidiar a análise de turbidez na região de estudo, contribuindo, assim, para a avaliação de impactos ambientais na área em questão.

3. RESULTADOS

Para o ano de 2017, foram identificadas um total de 22 imagens para o satélite Landsat 8/OLI e 25 imagens para o Sentinel-2/MSI. Desse total, foram selecionadas 7 imagens Landsat 8/OLI e 10 do Sentinel-2/MSI com cobertura baixa

ou inexistente sobre região de estudo. A malha amostral do estudo, elaborada a partir de entrevistas com 8 pescadores e discussão em uma reunião com a comunidade local, resultou em pouco mais de 60 pontos para avaliação de dados de

reflectância. Desse total, 22 pontos estão sendo usados como referência para realização das medições de turbidez, por estarem bem distribuídos e serem representativos da malha amostral mais ampla (Figura 2).

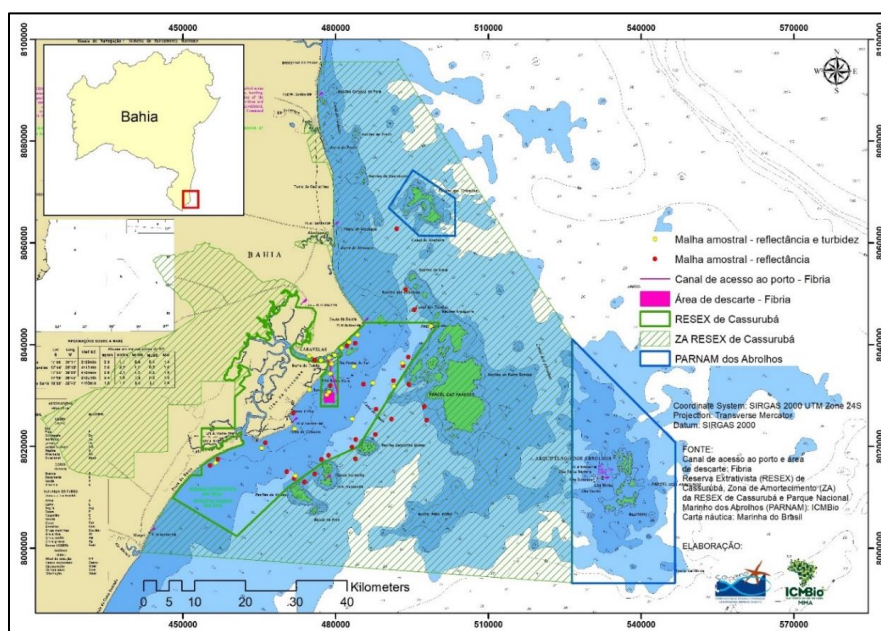


Figura 2. Malha amostral apontada pelos pescadores artesanais da RESEX de Cassurubá.

Até o momento, foi realizada apenas uma campanha de campo para coleta de dados de turbidez - 03/set/18 (período pré-dragagem). A equipe de campo incluiu pescadores da região, que possuem importante saber sobre a dinâmica do ambiente, fundamental para o melhor planejamento da atividade e compreensão sobre o processo estudado. Os valores de turbidez dessa primeira campanha variaram entre 1.4 a 105 NTU. Além de turbidez, nesses 22 pontos também foram realizadas medidas de salinidade (média = 32.37‰; Desvio padrão = 0.52) e temperatura da água (média = 25.33 °C; Desvio padrão = 0.49). A análise de correlação entre turbidez e os valores de reflectância das bandas 2, 3, 4 e 5 (Landsat 8/OLI) – n = 18 - indicam forte correlação positiva, com Coeficientes de *Pearson* variando entre 0.72 (banda 2) e 0.87 (banda 5) - Figura 3. A banda 4 também se destacou na análise de correlação ($R_{Pearson} = 0.81$; $p < 0.0001$).

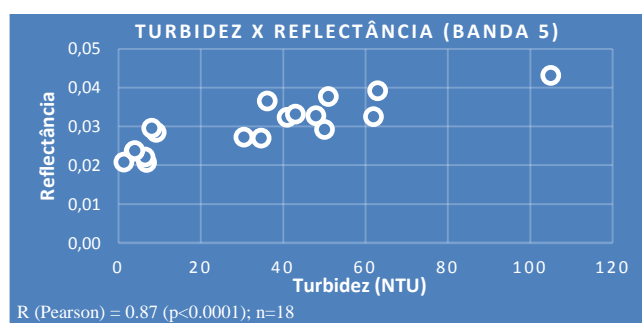


Figura 3. Correlação entre os dados de turbidez e reflectância (Banda 5 – Landsat 8/OLI) - 03 de setembro de 2018.

Apesar de esperado, o satélite Sentinel-2/MSI não gerou imagem nessa data. Assim, até o momento, foi realizada apenas correlação entre os dados de turbidez e as bandas espectrais do Landsat 8/OLI. Dos 22 pontos onde foram realizadas medidas de turbidez, 4 apresentaram cobertura de nuvens na imagem Landsat 8/OLI.

4. DISCUSSÃO

Apesar de preliminares, os resultados dessa pesquisa já demonstram grande potencial dos dados das imagens de satélites na avaliação dos impactos ambientais proposta no estudo. Há forte correlação entre turbidez e reflectância das bandas espectrais da imagem Landsat 8/OLI, com destaque para as bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo). Esse resultado confirma a descrição da literatura que indica as regiões do espectro eletromagnético correspondente às faixas do vermelho (0,62-0,70 μm) e do infravermelho próximo (0,70 a 1,30 μm) como altamente sensíveis à concentração de sedimentos em suspensão [7, 11]. Vários estudos já vem demonstrando o potencial dessa análise para os sensores OLI/Landsat 8 [6, 11, 12, 13 e 14] e MSI/Sentinel-2 [12]. Avaliação de sedimentos em suspensão no Rio Doce (ES) e no rio Ivaí (RS) também obtiveram bons resultados para banda 4 (OLI/Landsat 8) [11, 13]. Estudo na mesma região obteve alta correlação entre turbidez e reflectância, tanto para infravermelho próximo (banda 8 do Sentinel e 5 do Landsat 8) como para índices espectrais da água [12]. A faixa de comprimento de onda do

infravermelho próximo se destaca, em estudos dessa natureza, quando os sedimentos em suspensão são os constituintes predominantes nas águas [7, 12 e 14].

Considerando a elevada cobertura de nuvens na região de estudo, o entendimento da dinâmica de sólidos em suspensão na área requer uma série temporal ampla. Das 22 imagens geradas para o sensor OLI/Landsat 8, apenas 7 são adequados para a avaliação em 2017, por exemplo. Merece destaque no estudo a utilização do conhecimento tradicional dos pescadores artesanais acerca da qualidade ambiental da região. Os Povos e Comunidades Tradicionais manejam a natureza por gerações, o que permite um conhecimento associado à biodiversidade muito desenvolvido [15]. Tal conhecimento foi de grande relevância para a definição dos pontos de amostragem. A proposta da pesquisa é também envolvê-los no processo de avaliação de resultados e das variáveis de vento, maré, entre outras, contribuindo para a divulgação e popularização da ciência.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou resultados preliminares sobre o potencial de imagens Landsat 8/OLI e Sentinel-2/MSI como subsídio à avaliação de impactos ambientais na região dos Abrolhos. Tais resultados indicam grande potencial do uso de imagens Landsat 8/OLI, com destaque para a banda 5, para a avaliação proposta. O conhecimento tradicional das comunidades pesqueiras locais são de extrema importância no planejamento, execução e análise de dados dessa pesquisa. Em função da elevada cobertura de nuvens na região de estudo, o entendimento da dinâmica de sólidos em suspensão na área requer uma série temporal ampla, o que reforça a viabilidade do uso de imagens Landsat, que possuem uma série histórica de mais de 30 anos, permitindo avaliar a situação da região em período anterior à dragagem realizada e outras atividades econômicas.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Andrade, A. C. S.; Dominguez, J. M. L., “Informações Geológico-Geomorfológicas como subsídios à Análise Ambiental: O Exemplo da planície costeira da Caravelas – Bahia”, *Boletim Paranaense de Geociências*, n.51, pp. 9-17, 2002.
- [2] Leite, C. A. M.; Toledo, C.; Cardoso, P. O., “Apoio ao Processo de Identificação das Famílias Beneficiárias e Diagnóstico Socioeconômico em Unidades de Conservação Federais”, Relatório Técnico, 2015.
- [3] Curado, I., “Socioeconomic and Governance Assessment – Cultural Roles”, *Marine Managed Area Science*, Relatório Técnico 2009.
- [4] Rogers, C. S., “Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation”, *Marine Ecology*, v. 62, pp.185-202, 1990.
- [5] Agência Nacional de Águas, “Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas”, disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br>>, acesso em: 17 de Jul. 2018.
- [6] Bernardo, M. N. R., “Análise do potencial do sensor OLI (Operational Land Imager) a bordo do Landsat-8 em estimar a concentração de sólidos totais em suspensão no reservatório de Barra Bonita”, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, 119 p., 2015.
- [7] Jensen, J. R., “Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres – Capítulo 12”, Parêntese, São José dos Campos – SP, 2009.
- [8] Embrapa Monitoramento por Satélite, “Satélites de Monitoramento - Landsat”, disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missa_o_landsat.html>, acesso em: 13 de Dez. 2018.
- [9] European Space Agency, “Sentinel-2”, disponível em: <https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2>, acesso em: 13 de Dez. 2018.
- [10] Devore, J. L. “Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências”, Thomson Pioneira, São Paulo, 706 p., 2006.
- [11] Fagundes, H.; Fassoni-Andrade, A., “Análise dos Sedimentos em Suspensão na Bacia Hidrográfica do Rio Doce com imagens de satélite”, II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, Interciência, Foz do Iguaçu, 2017.
- [12] Foesch, M. D. S., “Características físico-químicas e comportamento espectral de águas contaminadas por rejeitos de mineração: o caso de Mariana, MG”, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 76 p., 2017.
- [13] Peixoto, D. W. B., Guasselli, L. A., Pereira Filho, W., “Estimativa de concentração de sedimentos em suspensão a partir de imagens Landsat 8 em PCHs no rio Ivaí-RS”, *Revista de Geociências - UNESP*, v. 37, n. 1, pp. 147 - 154, 2018.
- [14] Andrade, A. C. F. de, “Dados MODIS e Landsat-8 para análise da água da Lagoa dos Patos”, RS”, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 65 p., 2016.
- [15] Toledo, V. M., “A memória biocultural: a importância ecológica das sabedorias tradicionais”, Expressão popular, São Paulo, 1. ed., 272 p., 2015.