



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA REFLECTANCIA ESPECTRAL DA CLOROFILA-A NO AÇUDE CASTANHÃO-CE USANDO ESPECTROSCOPIA NO VERDE (530 - 590 nm) E ANÁLISE DERIVATIVA

Juarez Antônio da Silva Junior ^(a) João Rodrigues Tavares Júnior ^(b)

(a) Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco, juarez.ufpe@gmail.com.

(b) Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco, juarez.ufpe@gmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A água tem importante papel na sociedade humana, especialmente no Brasil. Seus usos são múltiplos, incluindo o abastecimento, produção energética, lazer, entre outros. Entre os vários parâmetros que buscam analisar a qualidade físico-química da substância, busca-se entender a distribuição espacial da clorofila-a na superfície dos reservatórios que abastassem os municípios brasileiros, uma vez que, a variação dos componentes que alteram este parâmetro pode ser detectada por meio do sensoriamento remoto passivo. Este trabalho busca aplicar e avaliar a espacialização da clorofila-a no Açude Castanhão por meio da análise derivativa e a espectroscopia da faixa do verde, utilizando imagens do satélite Sentinel 2A, analisando espacialmente a sua distribuição e ocorrência nos dias 26/09/2017 e 26/09/2018. Procura-se, portanto, relacionar a segunda derivada espectral nas amostras com a precipitação, e cobertura do solo e o volume do reservatório bem como o padrão de comportamento da refletância de clorofila-a ao longo do reservatório.

Palavras chave: Reflectância, clorofila-a, Açude Castanhão, Ceará

1. Introdução



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A reflectância da água é condicionada por diversos fatores, dentre eles pode-se destacar: a concentração do total de sólidos em suspensão (TSS), concentração de clorofila e concentração de carbono orgânico dissolvido. Um exemplo de aplicação de técnicas de sensoriamento remoto é a estimativa da clorofila-a (Yacobi et al., 2011). (GITELSON et al., 2008), (VENTURA et al., 2013) e (BATISTA et al., 2014), observaram que a direção da mudança na clorofila-a na água depende da combinação de fatores diversos, intensidade das chuvas, temperatura da água, dimensões, volume do afluxo e uso do solo na bacia hidrográfica.

A maior ou menor biomassa fitoplânctônica na água pode ser indicada pela concentração de clorofila-a, que é o pigmento mais comum nos diferentes gêneros presentes na coluna d'água. Quanto maior a concentração de clorofila-a, maior a biomassa fitoplânctônica. O aumento do volume de água diminui a biomassa fitoplânctônica, partículas em suspensão e substâncias orgânicas dissolvidas, tais componentes que afetam o comportamento espectral da água. Quanto mais pura ela estiver, mais baixa é sua reflectância, devido ao pequeno coeficiente de espalhamento e elevada transmitância (NOVO, 2010).

Dados gerados por sensores multiespectrais tem sido fontes valiosas de dados de sensoriamento remoto, e numerosos métodos efetivos tem sido desenvolvidos e aplicados com sucesso para análise destes dados espaciais ou espectrais, entre técnicas que foram desenvolvidas na espectroscopia, a análise derivativa é particularmente promissora para uso com dados de sensoriamento remoto. Em espectroscopia no sensoriamento remoto é usado em muitos estudos através da análise de derivada espectral para aplicações específicas, como concentração de parâmetros de qualidade da água de lagos e reservatórios.

2. Local de estudo



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O Açude Público Padre Cícero, mais conhecido como Açude Castanhão tem capacidade de armazenamento de 6.700.000.000 m³, é uma represa brasileira construída no leito do rio Jaguaribe, no estado do Ceará. O açude está localizado no município de Jaguaribara, embora atinja outros municípios.

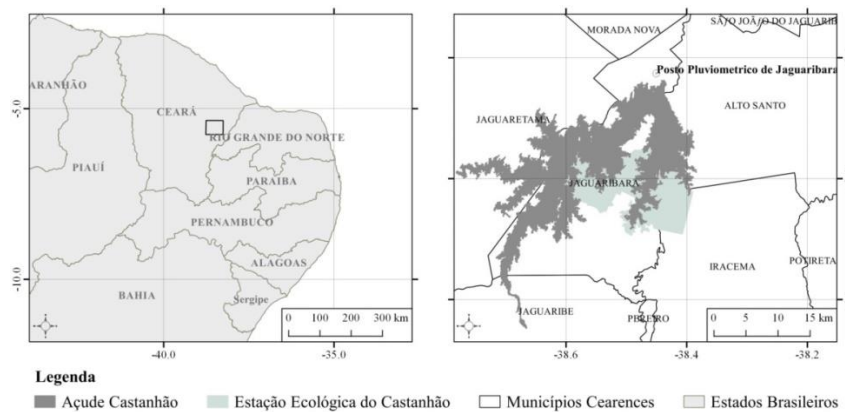
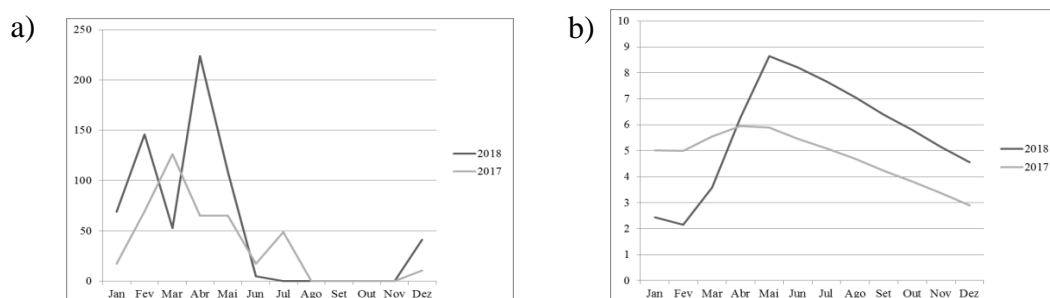


Figura 1 – Localização do Açude Castanhão - CE. Fonte: Autor

Historicamente, os meses de setembro e outubro são os de menor volume de chuvas no Ceará. A figura 02 mostra que em 2017 e 2018 as chuvas concentraram no primeiro semestre e já no segundo semestre o gráfico apresenta caráter pouco chuvoso. De 2017 para 2018 houve um aumento de 34% de precipitação acumulada mensal porém ambos anos seguem abaixo da média de precipitação. Nas datas em estudo foram registradas precipitação acumulada de 00 mm em ambos anos. No geral, esse comportamento segue à média histórica da distribuição temporal das chuvas no semi-árido com médias mensais muito pequenas





XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Figura 2 a) Gráfico de precipitação acumulada em (mm) e a b) Gráfico de volume em (%).

Fonte: Posto Pluviométrico de Jaguaribara e COGERH.

Em 26 de setembro de 2017 o Castanhão atingiu cota de 70,16 metros que corresponde ao volume de 235 milhões de m³, abaixo da cota 71,00 metros que corresponde ao início de seu volume morto. Menor volume registrado da história desde 2012. Em 26 de setembro 2018 o açude apresentou uma cota de 74 metros, um aumento de volume útil de quase 55% e vazão da barragem em 31% em relação ao mesmo dia em 2017. Interferências antrópicas, aliadas com fatores sazonais, como chuvas abaixo da média anual, baixo volume e o uso da terra contribuem para maiores valores de reflectância da água do açude.

3. Materias e Métodos

Para este trabalho foi utilizada duas cenas da correspondente ao comprimento de onda central 560 nm do Satélite Sentinel-2A adquirida pelo sensor Multi Spectral Instrument (MSI). Este produto foi obtido gratuitamente pelo endereço eletrônico <https://earthexplorer.usgs.gov>. O dado empregado possui nível 1C de processamento, que conta com a imagem geometricamente corrigida (ortoretificada), valores de reflectância no topo da atmosfera (TOA) e resolução espacial de 10 metros. As contagens digitais numéricas de cada imagem de pixel e cada banda espectral são convertidas em reflectância de TOA .

Esta conversão leva em consideração o espectro solar extraterrestre equivalente a direção solar de entrada definida pelo seu ângulo zenital para cada pixel da imagem e a calibração absoluta do instrumento MSI. As imagens utilizadas são datadas 26/09/2017 e 26/09/2018 ambas correspondentes ao período de seca e estiagem do



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

semi-árido. Com a finalidade de avaliar a atribuição da banda verde para mapeamento de biomassa fitoplactônica na água, foi utilizado o método da análise derivativa. Este método compreende no realce de feições que se destacam na assinatura espectral de um alvo, tanto em picos de reflectância como bandas de absorção. Essa técnica calcula uma taxa de mudança da reflectância em relação taxa de variação em relação ao comprimento de onda.

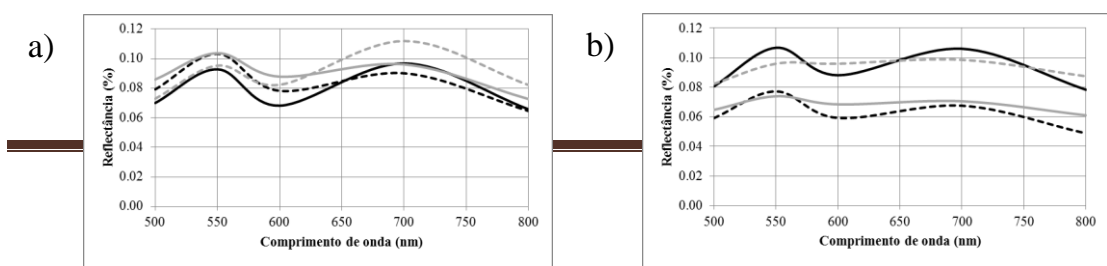
Em espectros de reflectância da água serve para primeira derivada Remove o sinal de reflectância da superfície da água, facilitando a detecção de sedimentos em suspensão Remove o efeito espectral das partículas inorgânicas em suspensão, mantendo nos dados apenas a informação associada à presença da clorofila (TSAI e PHILPOT, 1998). A segunda derivada é estimada pela equação 01.

$$\frac{d^2s}{d\lambda^2} \approx \frac{s(\lambda_i) - 2s(\lambda_u) + s(\lambda_r)}{(\Delta\lambda)^2} \quad (\text{eq.01})$$

Onde: d^2s – Segunda derivada espectral, s – Sinal verdadeiro da reflectância (λ_i - maior comprimento de onda λ_u - menor comprimento de onda) e $\Delta\lambda$ – separação entre as bandas adjacentes (constante).

Resultados

A figura 03 exibe as curvas espectrais das massas de água em todos os comprimentos de onda dos pontos amostrais A,B,C e D nas datas em estudo.





XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Figura 03 - Assinatura espectral da água em a) 2017 e b) 2018

Observa-se na figura 03 que há diminuição de reflectancia na faixa do azul, isso se deve a matéria orgânica dissolvida na água reduz sua reflectância, nessa faixa.

Houve em ambos os anos um pico de valores de reflectância na faixa do verde. Este aumento nos valores de reflectância, aconteceu devido ao processo de espalhamento no interior das células do fitoplâncton que possuem pigmentos de clorofila-a.

Por outro lado houve um pico de absorção em 615 nm, de acordo com Gitelson (1992), este comportamento pode estar associado à presença de ficocianina, um pigmento acessório encontrado em alguns tipos de algas, como as cianobactérias. A figura também mostra uma inversão de tendência do efeito da matéria orgânica dissolvida quando se passa da região do visível para o infravermelho. Segundo (NOVO, 2010) essa inversão ocorre devido no infravermelho próximo apresentar um espalhamento celular que supera o efeito da absorção da água aumentando assim os valores de reflectância nessa faixa.

As assinaturas espectrais seguiram o mesmo comportamento de com algas nas análises de (JENSEN, 2009) e (NOVO, 2010). De modo geral, os quatro espectros de reflectância apresentaram curvas com assinaturas semelhantes, porém com picos mais acentuados e valores maiores em 2017, exceto no ponto A. Nas curvas de segunda derivada que, de acordo com Goodin et al. (1993), mantêm realçadas feições que indicam a presença de clorofila e mostra que a mesma remove efeitos de sólidos em suspensão na água. Verificam-se feições de análise ponto A, B, C e D.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

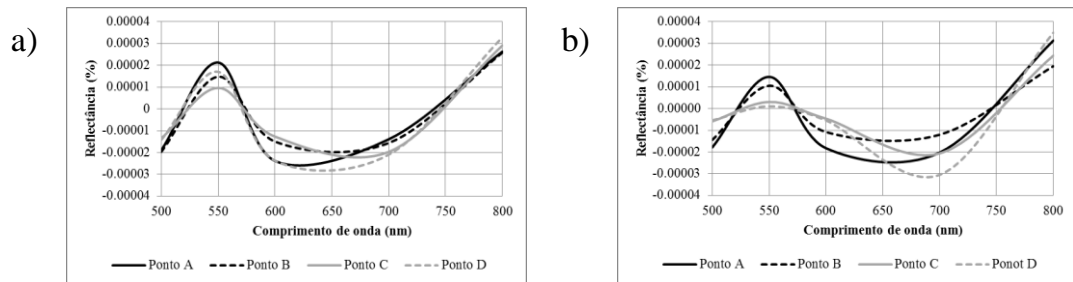


Figura 4) Segunda derivada da reflectancia da água em a) 2017 e b) 2018

Na região visível, um pico no espectro na faixa do verde (500 a 600 nm) principalmente nas curvas de 2017 que é específico para clorofila predominante. Já na a curva de reflectancia da segunda derivada mostram um forte pico de absorção vermelho e infra-vermelho 660 e 710 nm. Isso ocorre devido a absorção da água após a remoção dos efeitos de turbidez de segunda derivada, o efeito restante é específico apenas para a clorofila.

O observa - se nas curvas dos ambos os anos o intercepto com o eixo das abcissas. Segundo Goodin et al (1993), os pontos de intersecção com o eixo das abcissas representa nenhum padrão de componentes opticamente ativos ou estrutura ordenada que possa ser atribuída a condições na água. De modo geral as assinaturas das figuras 5 estão em concordância com o que foi exposto por Goodin et al. (1993), percebe-se que as regiões indicadas nesses cinco pontos apresentam fortes relações com as curvas de reflectância original.

Visto que após a análise derivativa da assinatura espectral foi observado que a faixa do verde é a melhor, após a remoção de efeitos de sólidos inorgânicos em suspensão, para identificação de biomassa fitoplanctônica no Açude Castanhão através disso, foi gerado os mapas de distribuição espacial de clorofila-a a partir de valores de reflectância da banda de comprimento de onda central 560 nm, para as datas de 26/09/2017 e 26/09/2018 processadas no software QGIS 2.18. Foram escolhidos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

quatro pontos – A, B, C e D - como pontos característicos para discussão dos resultados.

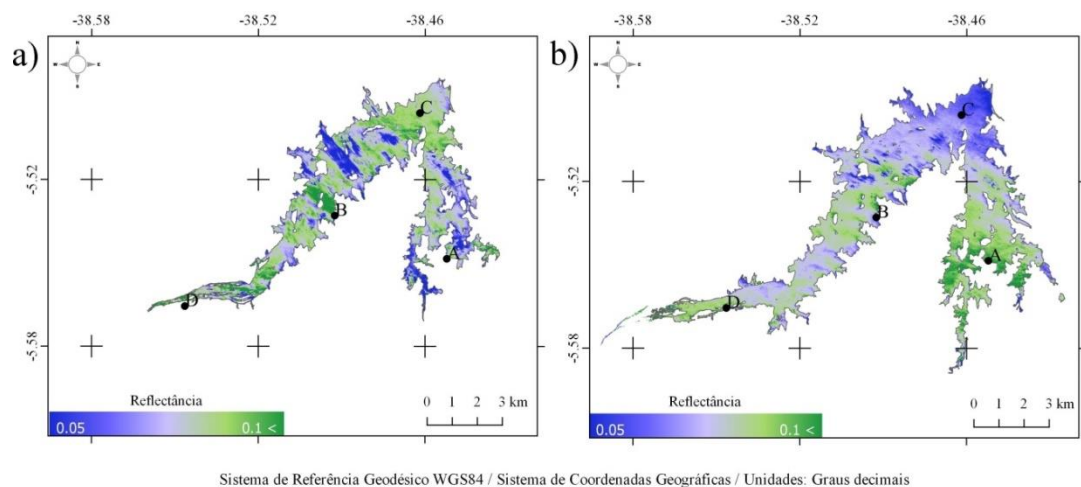


Figura 4 –a) mapa da Reflectancia de clorofila-a do Açude Castanhão em 2017 e em b) 2018.

Em 2018, no ponto A, devido à topografia acentuada e o início do acúmulo de água, foi formado uma inundação nas margens do açude, isso trouxe um aumento na concentração de clorofila-a e, conseqüentemente, altos valores de refletância em relação ao ano de 2017, onde houve um recuo de volume de água nas margens do açude. No ponto B é possível observar altos valores de refletância na água em ambos os anos, sendo mais acentuado em 2017.

Isso se deve aos afluentes do açude em contato direto com a vasta área de agricultura irrigada, localizada no centro da Estação Ecológica do Castanhão (figura 5 a). Apesar de ser uma unidade de conservação, existe uma área de aproximadamente 3 km² ocupada por culturas agrícolas às margens do açude. Essas culturas depositam diretamente compostos orgânicos no açude, acarretando no aumento de concentração de clorofila-a e, conseqüentemente, o aumento de material orgânico em suspensão. No ponto C, é a parte mais baixa do reservatório, onde está localizada a Barragem



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Castanhão com aproximadamente 20 metros de altura abaixo do ponto A e 19 metros abaixo do ponto D.

É possível observar, nesse ponto que, em 2018, devido ao aumento do volume de água e da área superficial do açude, apresentou baixos valores de reflectância, por conter menos concentrações sedimentos orgânicos dissolvidos na água. Já em 2017, apresenta valores altos de reflectância devido à quantidade de fitoplâncton em suspensão, já que nesta data, o açude se encontrava em volume morto e menor área superficial. O ponto D é a parte aluvial do açude que apresenta, em ambos os anos, valores altos de reflectância da água. Neste ponto, há pequenas ilhas que são mostradas na figura 05 a), deixando a espessura do curso d'água estreita, acarretando no depósito de compostos orgânicos trazidos da água, tornando-a rica em material clorofilado.

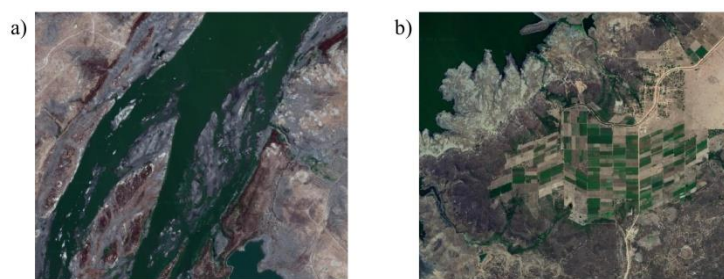


Figura 05 - Imagens de áreas próximas do ponto a) D e b) B. Fonte: Google Earth.

De modo geral, as datas em estudo, foram períodos de temperaturas elevadas que aceleram as florações de fitoplâncton na superfície do açude, em que seu comportamento espectral, é semelhante ao da vegetação terrestre com o máximo de reflectância na faixa do verde. Observou-se nos mapas que a reflectância da água está em sua totalidade acima de 0.05. Ambas as imagens apresentaram um valor médio 0.09 e desvio padrão de 0.02. É importante salientar mesmo com o aumento do volume da água e área superficial do açude em 2018, a média dos valores de reflectância da



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

água permaneceu inalterável. Segundo a Companhia de Gestão e Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) o Açude Castanhão se manteve em estado eutrofizado, com concentrações médias de clorofila-a de 43,39 ng/L e 42,23 ng/L em 2017 e 2018 respectivamente.

Conclusão

A distribuição espacial da reflectância da água utilizando imagens de satélite Sentinel 2A, auxiliou no monitoramento espacial de parâmetros de qualidade da água no Açude Castanhão. Devido a resolução temporal do satélite Sentinel – 2A, este tipo de monitoramento pode ser desenvolvido de forma eficiente e sendo assim possível visualizar a distribuição espacial da resposta espectral da água com altas e baixas concentrações de clorofila-a durante um determinado período.

A resolução espectral do sensor MSI pode ter dificultado a caracterização de algumas feições espectrais da água que ocorrem em comprimentos de onda específicos. Essa particularidade, possivelmente pode ter generalizado a resposta espectral em certos intervalos espectrais, inibindo a indicação de objetos orticamente ativos predominante no reservatório. Este trabalho apresentou que o sensoriamento remoto oferece diversas técnicas de se monitorar parâmetros de qualidade bioquímica para recursos hídricos em diferentes áreas e escala de tempo. A derivação sucessiva na segunda derivada na faixa do verde mostrou-se sensível às concentrações de clorofila-a analisadas na segunda derivada, tão quanto a presença de outros componentes, que permitiram uma análise da clorofila-a, sugerindo a inserção de outras variáveis limnológicas.

Vale ressaltar que o uso de dados meteorológicos e a ocupação do solo foi extremamente importante para compreender a dinâmica da presença de clorofila no Açude que se que foram diretamente proporcionais ao comportamento espectral da água do Reservatório Castanhão em estado de eutrofizado.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Referencias bibliograficas

BATISTA.A.A, Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará, Brasil. Revista Agro@mbiente On-line, v. 8, n. 1, p. 39-48, janeiro-abril, 2014. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR.

CONGERH. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. Eutrofização dos Açudes do Estado do Ceará. Disponível em: www.hidro.ce.gov.br/acude/eutrofizacao . Acessado em 12/01/2019.

ESA Sentinel online. Level-1C Algorithm. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-1c/algorithm>. Acessado 10/01/2019.

GITELSON, A. A.. (2008). A simple semi-analytical model for remote estimation of chlorophyll-a in turbid waters: Validation. Remote Sensing of Environment.

GOODIN, D. G. et al. Analysis of suspended solids in water using remotely sensed high resolution derivate spectra. Manhattan, v. 59, n. 4, p. 505-510, abr. 1993, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

JENSEN, J. R. – 2009. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Parêntese Editora, São Paulo, 650 pp.

LONDE, L. Comportamento espectral de fitoplâncton de águas interiores do Brasil como suporte à aplicação de sensores hiperespectrais. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. Tese de Doutorado, Divisão de Sensoriamento Remoto.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

LORENZZETI, J. A. Princípios físicos de sensoriamento remoto. São Paulo: Blucher, 2015.

MENESES, P. R., MADEIRA NETTO, J. S. Sensoriamento remoto: reflectância de alvos naturais. Brasília: UNB-Embrapa Cerrados, 2001. 262 p.

NOVO, E. M. L. de M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. Editora Edgar Blücher Ltda. São José dos Campos, 1989. 308p.

TSAI, F. AND PHILPOT, W. (1998) Derivative Analysis of Hyperspectral Data. Remote Sensing of Environment, 66, 41-51. [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(98\)00032-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00032-7)

VENTURA.D.L.T. Uso do sensoriamento remoto para o monitoramento da concentração de clorofila-a em açudes do semiárido. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília – BRASÍLIA Março de 2013.

YACOBI, Y. Z. Remote sensing of chlorophyll in Lake Kinneret using high-spectral-resolution radiometer and Landsat TM: spectral features of reflectance and algorithm development. Journal of Plankton Research, v. 17, n.11, 2155- 2173, 1995.