

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE DA ASSINATURA ESPECTRAL DA ÁGUA EM AMBIENTE ESTUARINO DA LAGOA DOS PATOS – RS

*Michaela Bárbara Neto¹; Lukas dos Santos Boeira²; Viviane Santos Silva Terra³; Peterson
Ricardo Fiorio⁴*

RESUMO – O uso de tecnologias providas do sensoriamento remoto tem auxiliado cada vez mais no monitoramento integrado dos recursos naturais, propiciando um gerenciamento preciso. Neste contexto os estudos sobre assinaturas espectrais, ou seja, o quanto de energia é refletida por cada alvo, mostram-se cruciais. Através deles é possível determinar previamente a condição de um ambiente. O objetivo deste estudo foi analisar as variações ocorridas na assinatura espectral da água no ambiente estuarino ao longo do ano de 2018, na Lagoa dos Patos – RS. A metodologia utilizada baseia-se em rotina pré-estabelecida de geoprocessamento para a extração de curvas espectrais. Para tal, foram utilizadas imagens dos satélites Sentinel 2, cedidas pela European Space Agency (ESA). Era esperado que as curvas ao longo do ano fossem discrepantes uma vez que as atividades do entorno do ambiente se diversificam, assim como o clima. Os resultados mostraram que as curvas se diferenciam, ademais, janeiro foi considerado o mês mais crítico, com alta presença de macrófitas e de sedimentos em suspensão, enquanto junho foi considerado o mês com a mais baixa presença. Isso revela um grande potencial de uso de imagens de satélite como ferramenta de gestão integrada dos recursos hídricos.

Palavras-Chave – sensoriamento remoto, hidrossedimentologia, qualidade da água.

ANALYSIS OF WATER SPECTRAL SIGNATURE IN ESTUARINE ENVIRONMENT IN PATOS LAGOON - RS

ABSTRACT– The use of technologies from remote sensing has increasingly, it has been assisting in the integrated natural resources monitoring and providing a precise management. In this context the studies about spectral signatures, in other words, how much energy is reflected by each target, are shown to be crucial. Through them, it is possible to determine previous the condition of an environment. The aims of this study was analyze the variations occurring in the water spectral signature into the estuarine environment, during the year 2018, in Lagoa dos Patos - RS. The methodology used was based on a pre-established geoprocessing routine for spectral curves extraction. For this purpose, images from Sentinel 2 satellites were used, provided by the European Space Agency (ESA). It was expected that curves throughout the year were diverge, because activities around the environment are diversified, as much as the climate. The results showed that the curves differ, in addition, January was considered the most critical month, with high presence of macrophytes and suspended sediments, while June was considered the month with the lowest presence. It reveals a great potential of using satellite images as an integrated water resource management tool.

Keywords – remote sensing, hydro-sedimentology, water quality.

1) Mestranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo – USP/ESALQ, Piracicaba –SP, e-mail: michaela.neto@hotmail.com

2) Doutorando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, lukasboeira.eng@gmail.com;

3) Profª Dra. do CDTEC, Curso de Engenharia Hídrica, UFPEL/Campus Anglo, Pelotas–RS, vssterra10@gmail.com

4) Profª Dr. do Departamento de Engenharia de Biossistemas, Universidade de São Paulo – USP/ESALQ, Piracicaba –SP, e-mail: fiorio@usp.br

INTRODUÇÃO

O uso de geotecnologias aplicadas ao monitoramento do meio ambiente tem sido cada vez maior, dessa forma apresentando um grande potencial em identificar variáveis presentes no meio. Em estudos de recursos hídricos não tem sido diferente, sendo possível identificar as mais diversas anomalias através de imagens de satélite, pois cada alvo interage de maneira diferente conforme é impactado pelo meio (LIU, 2006).

Segundo estudos de monitoramento levantados por Sampaio et al. (2013), o uso de imagens de satélite possui pelo menos três (03) grandes vantagens: a cobertura espacial contínua, a obtenção de dados de lugares inacessíveis e obtenção de séries históricas de dados. Assim sendo, missões espaciais como a Sentinel tornaram-se ferramentas imprescindíveis para o monitoramento dos recursos hídricos.

A Missão Sentinel desenvolvida pela ESA (European Space Agency) em conjunto com a GMES (Global Monitoring for Environment and Security), tem como principal objetivo o monitoramento da Terra, sendo a mesma iniciada em meados de 2014. Atualmente a missão conta com seis (06) desdobramentos, ou seja, submissões compostas por satélites intitulados “Sentinel” desenvolvidos para os mais diversos tipos de monitoramento (climático, agrícola, oceânico, florestal) (ESA, 2015).

Neste contexto que se insere a escolha dos satélites da submissão Sentinel 2, os satélites dessa submissão têm como objetivo o monitoramento da vegetação, solo e áreas costeiras. Esta submissão é composta por 2 satélites gêmeos com órbita polar, alta taxa de revisita, e capacidade de capturar valores de reflectância entre 443 nm a 2.190 nm em 13 bandas do espectro eletromagnético (ESA, 2015).

Estudos mais aprofundados em sensoriamento remoto têm evidenciado ao longo dos anos que a assinatura espectral da água, ou seja, quantidade de energia refletida por ela, é resultado de interações entre compostos inorgânicos e orgânicos (LIU, 2006; JESSEN, 2000). E que a água com “alta qualidade”, tende a apresentar uma assinatura espectral entorno de 5% de reflectância na região visível (400 nm a 500 nm) e entorno de 1% no restante do espectro, sendo a faixa que compreende 400 nm a 700 nm do espectro eletromagnético a mais relevante (LIU, 2006; GALO et al., 2002)

Este estudo teve como objetivo analisar as variações ocorridas na resposta espectral da água, no decorrer de 2018, em ambiente estuarino da Lagoa dos Patos – RS, visando dessa forma compreender melhor as interações da água com o meio ao qual ela está inserida. Uma vez que a Lagoa dos Patos, é a segunda maior lagoa do Continente Sul - Americano e possui importante função econômica e social para as comunidades do seu entorno, abrigando as suas margens ao longo dos

anos desde comunidades ribeirinhas a grande parte do polo industrial presente na costa do Rio Grande do Sul (SCHWOCHOW & ZANBONI, 2007).

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado na Lagoa dos Patos, no estado do Rio Grande do Sul, onde foi selecionada uma área de 145.600 m², ou seja, 14,56 hectares, localizada dentro do ambiente estuarino da Lagoa, a aproximadamente 500 m da desembocadura do Canal São Gonçalo, na latitude 31°47,389'S e longitude 52°13,071'W (Figura 1).

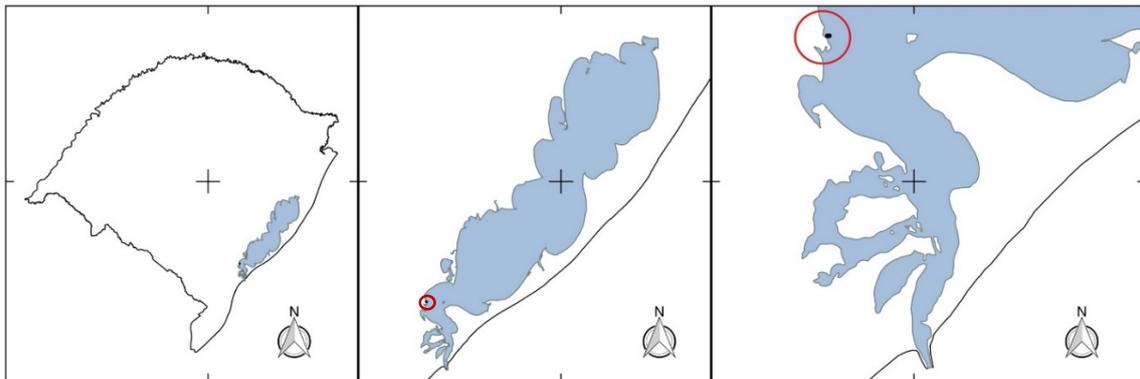


Figura 1 – Localização da área de estudo, circulado em vermelho.

A Lagoa em questão, possui uma área de aproximadamente 9.900 km², caracterizada como planície baixa formada por escudo cristalino com rochas graníticas e metamórficas, inserida especialmente entre a costa brasileira e o Oceano Atlântico sendo separada apenas por uma restinga de dunas centenárias (ALVAREZ et al., 1981).

Após a determinação da área de estudo foram levantados dados de estações meteorológicas próximas, sendo utilizados os dados da estação agroclimática de Pelotas-RS, localizada na latitude 31°52'00''S, longitude 52°21'24''W e altitude 13,24 m. Segundo os dados coletados pela estação, as temperaturas médias mensais apresentaram valores entre 11 °C a 24 °C, com uma média mensal de 18,3 °C, já a precipitação mensal, oscilou entre 50 mm a 280 mm, com uma média mensal de 116,5 mm e total de 1.397,9 mm para o ano de 2018 (EMBRAPA, 2018).

Como próxima etapa no estudo, foram obtidas imagens do local provenientes do satélite Sentinel-2, referentes ao ano de 2018. Ressalta-se que devido a proximidade do ambiente estuarino da Lagoa dos Patos com o Oceano Atlântico, não foi possível obter imagens livres de nuvens nos meses de maio, julho e dezembro. Portanto, não foi possível obter resultados espectrais referentes a esses meses.

As imagens em questão passaram por tratamento, sendo utilizado nesse processo o software QGIS 2.14, com rotina pré-definida, sendo extraídas das imagens do Sentinel-2 as curvas espectrais do local de estudo. Ressalta-se que com base em estudos que avaliam o espectro eletromagnético da

água foi selecionado para análise a faixa 490 nm a 783 nm, o que compreende as seguintes bandas espectrais nos satélites: B2-Blue (10 m de resolução), B3-Green (10 m de resolução), B4-Red (10 m de resolução), B5/B6/B7-Vegetation Red Edge (20 m de resolução) (ESA, 2015; GALO et al., 2002).

Essas por sua vez, foram estimadas através de interação do algoritmo de classificação, que utiliza como base de cálculo a distância Euclidiana para estimar a assinatura espectral de cada um dos pixels presente na área selecionada (CONGEL, 2018). Nesse processo, foram computados 1.456 pixels, em cada uma das bandas espectrais (B2, B3, B4, B5, B6 e B7), para cada mês de estudo. Logo, no total foram 54 imagens analisadas e 78.624 curvas espectrais ao longo do ano de 2018. Ressalta-se que a área delimitada para extração evitou o efeito de borda e pixels não puros conforme indicado em literatura (SHIMABUKURO & PONZONI, 2017).

Como próxima etapa, os valores de reflectância extraídos das imagens foram submetidos a diversas análises de estatística descritiva exploratória no software Excel, para a elaboração de gráfico de dispersão boxplot, com intuito de melhor compreender os dados observados.

E como última etapa, foram feitas as composições coloridas RGB (B4-B3-B2) dos meses com maior destaque.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo apresentou resultados que evidenciam alta variabilidade espaço temporal da reflectância, no ambiente estuarino da Lagoa dos Patos – RS. Ademais, os resultados indicam de maneira ímpar a presença de macrófitas e sedimentos em suspensão no local, destacando meses críticos ao longo do ano.

De acordo com a tabela 1, entre todos os meses analisados janeiro foi o que apresentou os valores mais elevados de reflectância em todas as bandas, com pico muito acentuado nas bandas B4 e B5. Já março e junho apresentaram os valores mais baixos de reflectância em todas as bandas, além disso ambos os meses mostram uma consistência e estabilidade nos valores, não havendo picos expressivos de reflectância, tal como apresentado em janeiro.

Tabela 1 - Valores de reflectância calculados para o local de estudo, entre 490 a 783 nm.

Bandas analisadas	Comp. de onda (nm)	Reflectância (%)								
		jan	fev	mar	abr	jun	ago	set	out	nov
B2 - Blue	490	0,09	0,07	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,08
B3 - Green	560	0,10	0,08	0,03	0,05	0,03	0,06	0,05	0,05	0,09
B4 - Red	665	0,12	0,09	0,02	0,05	0,02	0,07	0,06	0,07	0,10
B5 - *	705	0,12	0,08	0,02	0,05	0,02	0,07	0,06	0,08	0,09
B6 - *	740	0,09	0,05	0,01	0,04	0,01	0,05	0,04	0,05	0,06
B7 - *	783	0,09	0,05	0,01	0,04	0,01	0,05	0,04	0,05	0,07

*Vegetation Red Edge

Ao analisar mais a fundo, as reflectâncias e os dados agroclimáticos, foi possível detectar um fenômeno bastante interessante, a combinação da alta temperatura e alta precipitação no mês de janeiro, 23,7 ° C e 209,7 mm, respectivamente, sendo esses os maiores valores detectados em todo ano. O mesmo fenômeno de maneira inversa foi observado em junho, ou seja, a combinação da baixa temperatura e com baixa precipitação (11,4 ° C e 81,2 mm). O restante dos meses, apresentaram valores que oscilam entre os dois extremos detectados.

Em um segundo momento, foi realizada a estatística descritiva exploratória dos dados, visando uma melhor compreensão das assinaturas espectrais através do espectro. Para tal, foram feitas medidas de tendência central, medidas de dispersão, medidas de assimetria e curtose, para a partir delas elaborar os boxplots correspondentes de cada banda analisada (Figura 2). Dessa forma foi possível perceber a maior dispersão dos dados na banda B3 e B4. O que revela que elas foram as que “capturaram” as maiores alterações durante o ano.

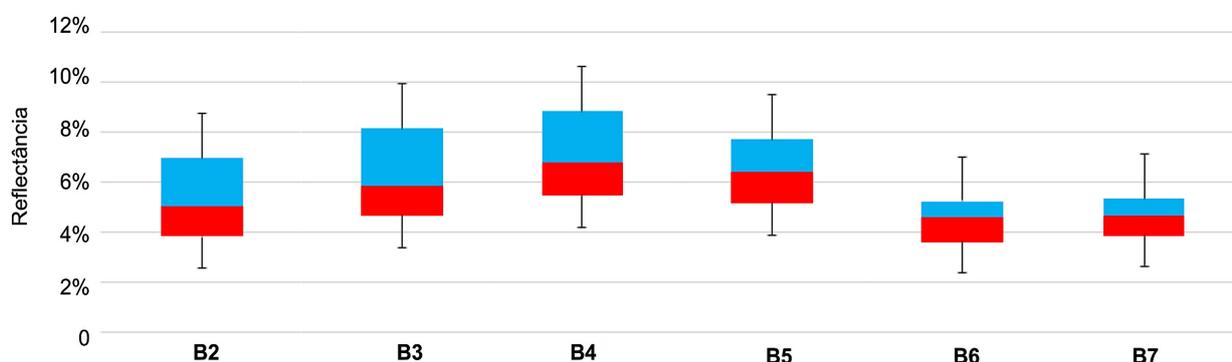


Figura 2 – Dispersão dos valores das bandas espectrais analisadas durante o ano de 2018.

A partir de tais resultados, foi possível presumir que existia uma polarização acentuada em alguns meses, logo uma plotagem das reflectâncias se fez necessária para uma melhor visualização da distribuição e discussão dos valores (Figura 3).

De acordo com a figura 3 e a tabela 1, analisando primeiramente as bandas azul (B2) e verde (B3), observa-se que na comparação entre elas em todos os meses ocorreu uma maior reflectância na B3, ou seja, todos os meses absorveram mais radiação no espectro do azul e refletiram mais no espectro do verde. Esse fenômeno indica que foi detectado tons de verde no local. A presença dessa coloração no local é um forte indicativo de plantas aquáticas, ou macrófitas, segundo estudos apresentados anteriormente por outros pesquisadores (MARTINI et al., 2006). De acordo com estudos sobre a Lagoa dos Patos, existem duas formas bastante distintas de ocorrer o surgimento de plantas aquáticas, a primeira é devido a precipitação incidente no ambiente estuarino oscilar, isso faz com que ocorra a formação de áreas alagadas com salinidade variantes, dessa forma favorecendo a formação de banhados salinos, ou seja, formação de um hábitat ideal para o surgimento de macrófitas

(SCHWOCHOW & ZANBONI, 2007). Já a segunda forma é através da ação antrópica que gera o excesso de nutrientes na água provenientes de fontes como: erosão de áreas agrícolas, esgoto doméstico, resíduos industriais (TRINDADE et al., 2010). Neste contexto, é possível inferir que o mês de janeiro foi o mês com maior concentração de macrófitas na lagoa, sendo os meses de março e junho os com menor concentração, esse resultado pode ser um indicativo de ações antrópicas incidentes no Canal São Gonçalo ao longo do ano.

Com relação a banda do vermelha (B4), foi possível afirmar que dos nove (09) meses analisados, sete (07) apresentaram valores bastante elevados de reflectância, ou seja, indicam a presença de tons avermelhados no local. A presença dessa coloração é um indicativo direto da presença de sedimentos em suspensão, tendo uma relação direta com a curva espectral apresentada, quando mais alta as curvas, maiores são os valores de concentração de sedimentos em suspensão (concentração medida em mg/L), conforme apresentado em experimentos laboratoriais e in loco (KARABULUT & CEYLAN, 2005; LOPES et al., 2019). Neste contexto, é possível inferir que o mês de janeiro foi o mês com maior quantidade de sedimentos em suspensão e o mês de junho foi o com menor quantidade.

Já as bandas do bordo vermelho (B5, B6 e B7), são naturalmente relacionadas a processo de estresse sofrido, sendo potenciais ferramentas de detecção precoce de estresses bióticos e abióticos (SEAGER et al., 2005). Analisando as imagens relativas a essas bandas é possível perceber que elas apresentam grande potencial de estudo, principalmente a B5. Contudo, os estudos sobre essa faixa do espectro ainda são muito prematuros e escassos principalmente relacionado a corpos hídricos. Dessa forma, qualquer indagação pode ser errônea com relação a essas bandas, havendo dessa forma uma necessidade clara de estudos que compreendam melhor o fenômeno estudado.

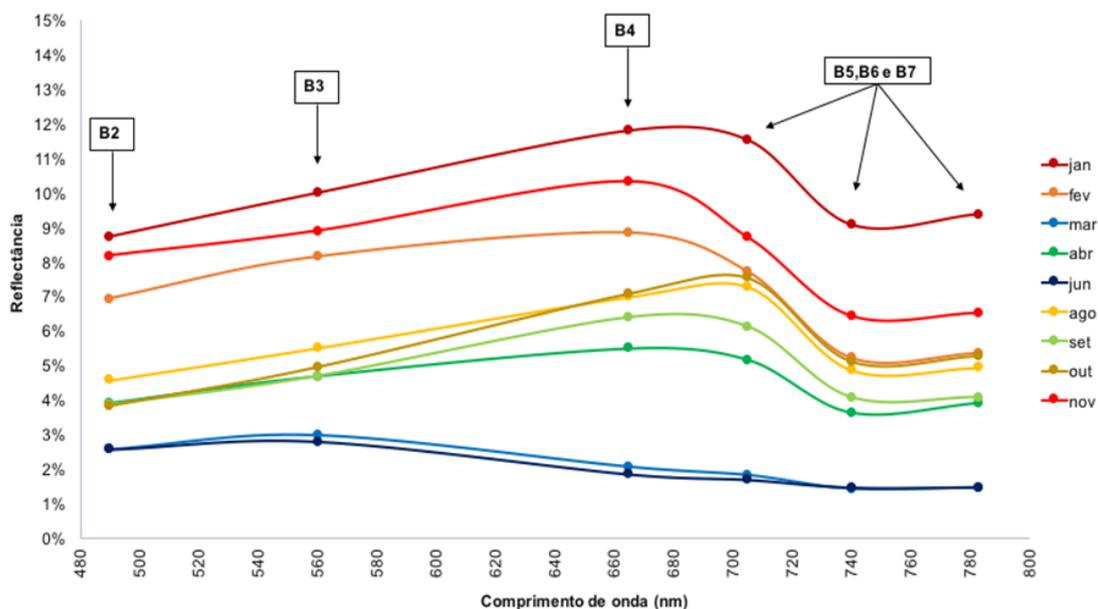


Figura 3 – Curvas espectrais da água, valores referentes a figura 4, ao longo de 2018.

Por fim, como última análise foram feitas as composições colorida RGB das imagens dos meses de janeiro e junho, apresentadas na figura 4, com o intuito de identificar visualmente se o ambiente estuarino se diferenciaria tanto quanto os valores de reflectância anteriormente encontrados.



Figura 4 – Composição colorida RGB (B4-B3-B2) do Sentinel-2.

O resultado da composição colorida se mostrou bastante impactante, a figura 4 evidencia a alta variabilidade espaço temporal da reflectância, no ambiente estuarino da Lagoa dos Patos, mostrando que o mês de janeiro considerado mês mais crítico apresentou uma coloração bastante diferente do que foi apresentada pelo mês de junho, considerado um mês ideal pelos “padrões” estabelecidos em literatura (SHIMABUKURO & PONZONI, 2017; LIU 2006; GALO et al., 2002).

CONCLUSÃO

Em conclusão, sobre as variações ocorridas na assinatura espectral da água no ambiente estuarino, pode-se dizer que o presente estudo obteve resultados bastante expressivos e que existe um

grande potencial de uso dessa técnica na gestão integrada dos recursos hídricos, no que tange o gerenciamento de bacias hidrográficas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, J.A.; MARTINS, I.R.; MARTINS, L.R. (1981). *Estudo da Lagoa dos Patos*. Pesquisas em Geociência – UFRGS, V.14, 41-66p

CONGEL, L. (2018). *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Release 6.1.0.1.*, 216p.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS - Capão do Leão. (2018) *Boletim Agroclimatológico: janeiro 2018, fevereiro 2018, março 2018, abril 2018, maio 2018, junho 2018, julho 2018, agosto 2018, setembro 2018, outubro 2018, novembro 2018, dezembro 2018*. Pelotas, BR.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). (2015). *Sentinel-2 User Handbook*. Revision 2. Paris, FR., 64p.

GALO, M.L.B.T.; VELINI, E.D.; TRINDADE, M.L.B.; SANTOS, S.C.A. (2002). *Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do complexo Tietê*. Planta Daninha, Viçosa, V.20, 7-20p.

JENSEN, J.R. (2000). *Remote sensing of the environment an Earth resource perspective*. Prentice Hall, 592p.

KARABULUT, M.; CEYLAN, N. (2005). *The spectral reflectance responses of water with different levels of suspended sediment in the presence of algae*. Turkish Journal Eng. Env. Science. N.29, 351-360p.

LIU, W.T. H. (2006). *Aplicações de Sensoriamento Remoto*. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 908p.

LOPES, J.W.B.; LOPES, F.B.; ANDRADE, E.M.; CHAVES, L.C.G.; CARNEIRO, M.G.R. (2019). *Spectral responses of water under different concentrations of suspended sediment: measurement and simplified modeling*. Journal of Agricultural Science. V.11, N.03, 327-340p.

MARTINI, L.C.P.; MATTOS D.S.; BARBOSA, D.F.P.; RECH, A.I.B. (2006). *Uso de sensoriamento remoto orbital para avaliação da distribuição espacial de clorofila-a na Lagoa da Conceição – Florianópolis, SC*. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, V.11, N.04, 318-324p.

SAMPAIO, F.G.; LOSEKANN, M.E.; BARRETO LUIZ, A.F.; NEVES, M.C.; FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; RODRIGUES, G.S. (2013). *Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanques-rede em reservatórios*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, V.34, n.272, 1-11p.

SEAGER, S.; TURNER, E.L.; SCHAFER, J.; FORD, E.B. (2005). *Vegetation's red edge: a possible spectroscopic biosignature of extraterrestrial plants*. Astrobiology. N.03, V.5, 372–390p.

SCHWOCHOW, R.Q.; ZANBONI, A.J. (2007). *O estuário da lagoa dos Patos: um exemplo para o ensino no nível médio*. Revista Eletrônica Cadernos de Ecologia Aquática. V.02, N.02, 13-27p.

SHIMABUKURO, Y. E.; PONZONI, F. J. (2017). *Mistura Espectral: modelo linear e aplicações*. São Paulo: Oficina de Textos, 127 p.

TRINDADE, C.R.T.; PEREIRA, S.A.; ALBERTONI, E.F.; PALMA-SILVA, C. (2010). *Caracterização e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do campus carreiros – FURG, Rio Grande, RS*. Revista Eletrônica Cadernos de Ecologia Aquática. V.05, N.02, 01-22p.