

Ferramentas de geoprocessamento aplicadas na análise temporal das conectividades entre lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil

Carlos Vinicius da Cruz Weiss^{1,2}
Heinrich Hasenack³
Fernando Gertum Becker³
Lucas Terres de Lima²
Abraão Martins Terceiro²

¹ Universidade Federal do Rio Grande – FURG
Caixa Postal 474 – 96201-900 – Rio Grande – RS, Brasil
carlosvinicius@furg.br, lucasterres@gmail.com, abraaoterceiro@hotmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS
Rua Eng. Alfredo Huch, 475 – 96201-460 – Rio Grande - RS, Brasil

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Av. Paulo Gama, 110 - Bairro Farroupilha – 90040-060 – Porto Alegre – RS, Brasil
{hhasenack, fgbecker}@ufrgs.br

Abstract. Connectivity between habitats is a key point in understanding many ecological processes, but little study of this kind has been done for aquatic environments. In this study we analyzed the structural connectivity among the 40 lakes of the northern coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil, belonging to the Tramandaí-river-system relating these to rainy and dry periods in the region. For such an approach, three methods were tested. Based on rainfall data of the hydrometeorological station Imbé-RS, two time periods were identified: a rainy and a dry one, respectively in August 1988 and August 2009. For each period we selected a Landsat TM 5 image and performed its processing analysis. Three methods were tested in this research aiming to generate, by each method, an image with two classes: water, not-water. The methods used were: unsupervised classification, reclassification of NDVI (Vegetation Index Normalized Difference) and reclassification of band 5. The product according to the reclassification of the three methods and for each of the dates was superimposed on the coastal lakes map to check for existence of connectivity between them. The best result was obtained with the unsupervised classification, since it allows differentiating more clearly the presence or absence of water from the other attributes, suggesting this method for monitoring the extent of water surface in the region.

Palavras-chave: image processing, structural connectivity, coastal lakes, coastal plain of States Rio Grande do Sul, processamento de imagem, conectividade estrutural, lagoas costeiras, planície costeira do Rio Grande do Sul.

1. Introdução

Planícies de inundação são caracterizadas como áreas inundadas durante períodos de cheias, sendo marcadas, pela sua alta complexidade estrutural, pelos diferentes estágios de sucessão, e pela diferença nos gradientes de fatores ecológicos (Ward et al., 2002). Refletem, assim, um mosaico paisagístico e funcional decorrentes das modificações sazonais às quais o sistema é submetido periodicamente (Junk et al., 1989). A inundação está diretamente associada ao regime hidrológico, a qual pode provocar a expansão, contração e a fragmentação dos sistemas aquáticos, além de interferir no grau de conectividade entre as partes deste sistema (Tockner et al., 1999).

Em períodos de inundação os sistemas aquáticos expandem suas áreas, estabelecendo ligações entre diferentes tipos de compartimentos do sistema. Nesses ecossistemas aquáticos continentais, a transferência de matéria e nutrientes, o deslocamento de organismos entre os compartimentos, e as características de um habitat (físicas e químicas), depende dos padrões de conectividade hidrológica em varias escalas temporais e espaciais (Pringle, 2003; Soares et al., 2010).

A grande variedade de conectividade hidrológica nos sistemas fluviais sul-americanos e da sazonalidade nos regimes de inundação, fez com que surgisse o conceito de pulso de inundação (Junk et al., 1989; Neiff, 1990). O pulso de inundação nos sistemas aquáticos é regulado através da sazonalidade pelo regime de chuvas (Soares et al., 2010). Como consta em IPCC (2001), em uma escala global, os efeitos das alterações climáticas interferem fortemente no regime hidrológico, devido a períodos de seca prolongada e ao aumento da probabilidade de eventos chuvas torrenciais.

Segundo Sakamoto et al. (2007), o sensoriamento remoto possui técnicas que objetivam detectar áreas inundadas. Portanto, aplicações práticas de sensoriamento remoto orbital podem ser realizadas em corpos hídricos, pois estes apresentam componentes que justificam sua utilização, tanto pela sua facilidade em interagir com a energia eletromagnética, como pela sua importância estratégica (Martini et al., 2006). Liu (2006) afirma que dentre as principais aplicações das imagens de satélite Landsat, esta o monitoramento de secas e inundações de corpos de água.

A conectividade entre ambientes é essencial para o entendimento de vários processos ecológicos, porém foi pouco estudada em ambientes aquáticos. Neste trabalho foram analisadas estas conectividades estruturais, perante o uso do sensoriamento remoto aplicado e do geoprocessamento de imagens de satélite. Foram selecionadas imagens Landsat TM da área de estudo de acordo com os dados de pluviosidade obtidos na estação hidrometeorológica de Imbé no Rio Grande do Sul, para dois períodos no tempo, um de estiagem e outro de cheia.

O objetivo deste é analisar a conectividade estrutural entre as 40 lagoas da planície costeira do Rio Grande do Sul pertencentes ao sistema do rio Tramandaí, relacionando a mudança no grau de conectividade a dados pluviométricos da região, para constatar quais as lagoas que se encontram conectadas, e de que forma períodos extremos de estiagem e de cheia afetam o grau de conexão entre elas. Devido à falta de trabalhos publicados e de pesquisas científicas que abordam corpos d'água em função da sua conectividade nas lagoas do Sistema Tramandaí, este trabalho tende a trazer novas informações de âmbito ecológico das lagoas do litoral norte do Rio Grande do Sul. Além de testar a eficácia das metodologias empregadas nas análises digitais das imagens de satélite utilizadas.

2. Área de estudo

A área de estudo (Figura 2/1), compreendida entre as coordenadas geográficas de 29°37' a 30°30' de latitude Sul e 49°44' a 50°24' de longitude Oeste, situa-se no litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Sua faixa costeira é de aproximadamente 115 km, e abrange uma área

de aproximadamente 2700 km². Está inserida no sistema do Rio Tramandaí, estendendo-se da Lagoa da Itapeva, ao norte, até a Lagoa da Cerquinha, no seu limite sul.

Possui uma seqüência de 40 lagoas paralelas à linha de costa, estas com diferentes graus de interconexão, embora existam algumas pequenas lagoas isoladas. Esta seqüência de lagoas esta ligada com o mar apenas através do estuário de Tramandaí, onde as lagunas de Tramandaí e Armazém, e as lagoas Custódias e Gentil sofrem processos de mistura de águas continentais com a do mar (Schwarzbold, 1982).

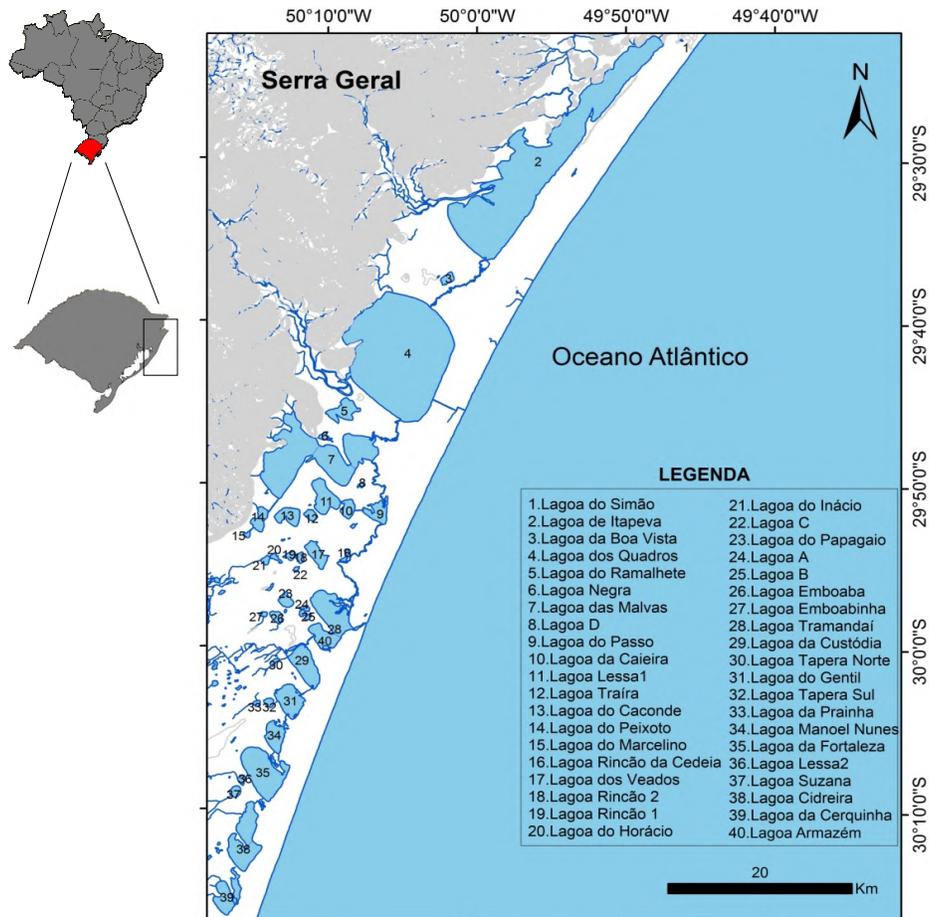


Figura 2/1. Localização da área de estudo, situando as 40 lagoas analisadas com seus respectivos nomes.

3. Metodologia de Trabalho

Primeiramente foram analisados os dados de pluviosidade do município de Imbé – RS, desde 1980 até o ano de 2009. Seleccionadas os dois anos para as imagens de satélite, sendo estes, 1988 (estiagem) e 2009 (chuvoso). Foram pegadas duas cenas para cada ano, a fim de obter toda a área de estudo, totalizando 4 imagens. Estas foram georreferenciadas no programa ENVI© 4.4.

A metodologia empregada para analisar as áreas de analisar as conectividades e áreas alagadas foi a de classificação não supervisionada, onde os padrões de resposta espectral dominantes em uma imagem são extraídos buscando a identificação dos diferentes agrupamentos de dados, neste método se utilizou a composição RGB das imagens.

Utilizou-se no programa Idrisi Andes© 15.0 a ferramenta *Isoclust*, onde se é gerada uma imagem a partir de uma análise de um histograma, nesta foram separadas 13 grupos (*cluster*),

estes foram observados e classificados conforme sendo ou não água, comparando com a imagem original. Após determinar cada classe foi feita uma tabela no editor de texto do programa, esta foi cruzada com a imagem gerada pelo *Isoclust* através da ferramenta *Assign*, projetando uma imagem onde se delimitava apenas o que era água e o que não era, resultando em duas imagens, uma para o ano de 2009 e outra para o ano de 1988.

Como a área de interesse eram apenas as 40 lagoas e suas conexões, realizou-se no programa CartaLinx© uma delimitação desta área, utilizou-se a curva de 20 metros extraída do arquivo vetorial de curvas de nível da base cartográfica vetorial contínua do RS, elaborado por Hasenack e Weber (2010). Todas as áreas com cota acima de 20 metros foram excluídas do mapa, pois na área de estudo não ha lagoas costeiras nessa altitude, e as áreas de encosta sombreadas, voltadas para sudoeste, puderam ser excluídas. Também se utilizou do limite do oceano, extraído da mesma fonte, para cortar o mesmo da área. As duas imagens geradas foram multiplicadas com este arquivo gerado pelo CartaLinx©. Esta multiplicação foi realizada pela ferramenta *Overlay* do *software*, gerando imagens apenas com a área de interesse e a presença ou não de água, retirando o oceano e a serra geral destas.

Para gerar uma comparação entre as duas imagens, levando em consideração à presença de água, utilizou-se a ferramenta *CrossTab*. Onde estas foram sobrepostas, gerando uma imagem comparando estes dois períodos no tempo, de estiagem e de cheia. A imagem resultante da combinação indicou até quatro classes: inundada nas duas datas, não inundada em nenhuma das datas, inundado no período chuvoso, inundado apenas no período seco.

Para analisar quais os grupos de lagoas conectados, empregou-se a ferramenta *Groups* que mostrava através de imagens, quais as lagoas estavam conectadas, baseando-se na análise de pixel das imagens geradas pela ferramenta *Overlay*. Resultou-se duas imagens de grupos para cada método.

4. Resultados e Discussão

No ano de 1988, o qual foi selecionado como ano menos chuvoso, dentre os anos de 1980 a 2009, ocorreu, um evento de La Niña, conforme estudo realizado por Blank e Assis (2006), onde se acompanhou a precipitação da estação meteorológica do município de Torres - RS comparando com o histórico da ocorrência de El Niño e La Niña. Comprovando então que neste ano, ocorreu anomalia negativa devido à influência deste fenômeno.

Já no ano de 2009, selecionado como mais chuvoso, o mês de agosto teve as precipitações acima dos padrões climatológicos em praticamente todo o Rio Grande do Sul, exceto no sudoeste, conforme consta em (Boletim climático, 2009). Considerando que a imagem selecionada é do dia 28 de agosto, ou seja, no final do mês, provavelmente esse evento de pluviosidade acima do padrão pode ter influenciado na situação de inundação da imagem.

A classificação orbital de imagens consiste no estabelecimento de um processo de decisão no qual um grupo de pixels é definido como pertencente a uma determinada classe (Dainese, 2001). Esta pode identificar os diferentes tipos de solo, vegetação e recursos hídricos, porém a classificação com dados de média resolução espacial, tal como as do satélite Landsat, usada neste trabalho, ainda requerem uma técnica adequada para obter uma acurácia confiável (Liu, 2006). Apesar destas deficiências, estas imagens do satélite Landsat encontram-se como uma boa opção de trabalho, pois não tem custo e são de fácil acesso. Para evitar problemas, realizou-se uma seleção prévia das melhores cenas, e a classificação foi realizada eliminando algumas categorias que foram restituídas manualmente.

Analisando o produto do cruzamento (*Cross-Classification*) (Figura 4/1) entre as imagens de 1988 (seca) e 2009 (cheia), feitos através da ferramenta *CrossTab* do Idrisi Andes© 15.0. Nota-se que ocorre um aumento significativo de áreas úmidas, segundo a classificação feita pela ferramenta. Onde a cor verde significa o aumento das áreas úmidas perante o ano de estiagem, ou seja, é a área alagada. A cor laranja representa os corpos d'água coincidentes nos

dois anos, onde havia água nas duas imagens. Na cor magenta, esta situada tudo aquilo que não é água, e na cor amarela queimada, seria onde há presença de água em 1988 e é seco no ano chuvoso.

Na análise de classificação não supervisionada feita pelo cruzamento das imagens, se observou um acréscimo de áreas alagadas (áreas hachuradas na cor verde). Sempre considerando que as ferramentas do *software* utilizadas para as classificações e análises digitais das imagens de satélite, podem considerar outros pixels que não sejam água como água. Isto devido à similaridade na refletância do infravermelho. Estas áreas consideradas como alagadas também podem vir a ser áreas de banhado, plantações em período de irrigação e dentre outras áreas úmidas que não venham a fazer parte das lagoas e suas conexões.

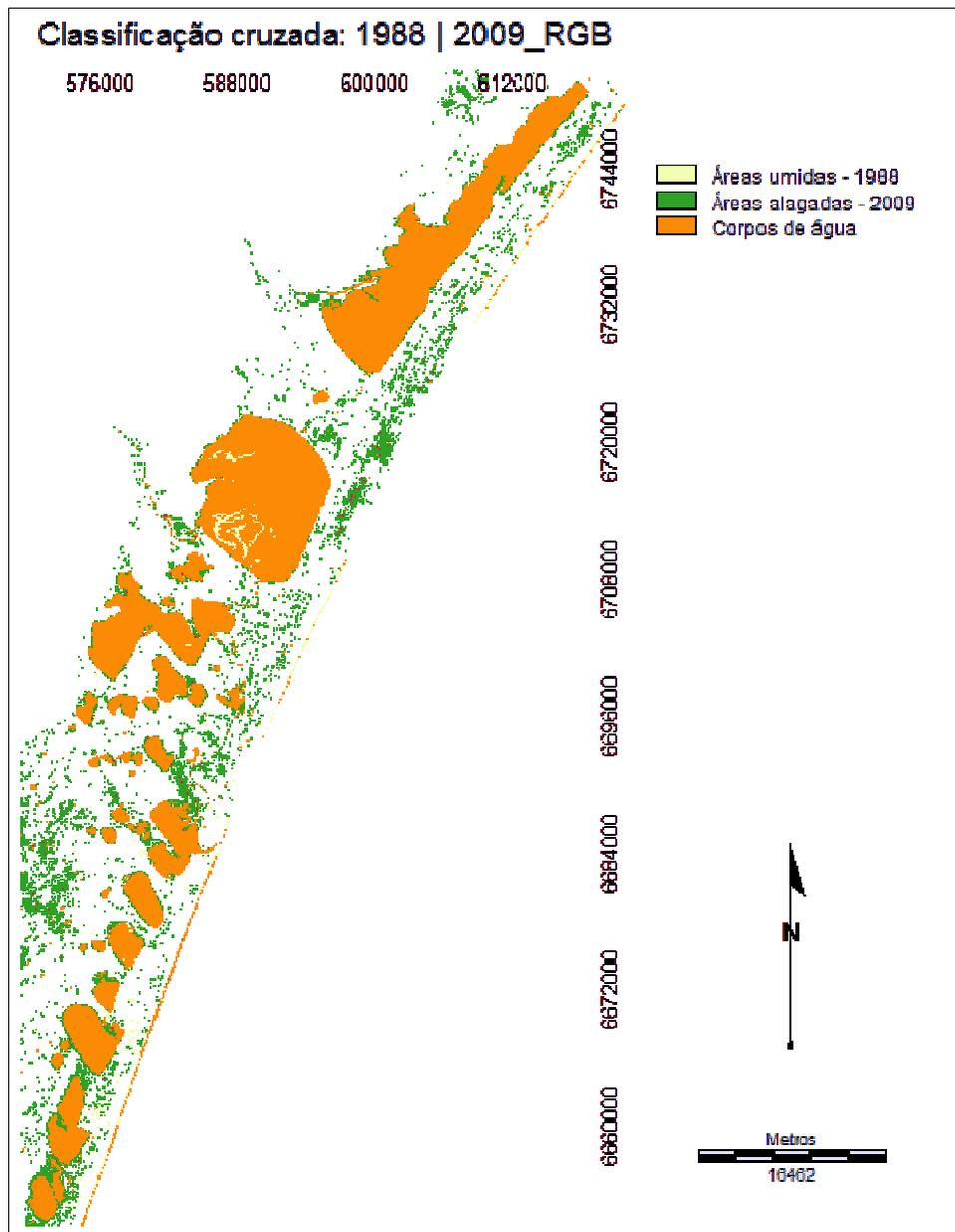


Figura 4/2. Imagem gerada a partir da classificação cruzada, entre as imagens de composição RGB, dos anos de 1988 e 2009, proporcionando uma comparação de áreas úmidas.

5. Conclusões

Perante os métodos utilizados e aos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que o uso de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento de imagens são ferramentas muito úteis para monitorar mudanças em corpos d'água. Pois, permitem uma visão geral da área de estudo, são de fácil acesso, de baixo custo e possibilitam a geração de um banco de dados dinâmico.

Com relação à utilização das imagens Landsat TM 5 no estudo das conectividades, os resultados foram satisfatórios pois estes demonstraram que na imagem de 2009, ano selecionado como mais chuvoso, houve um acréscimo nas áreas alagadas, ou seja, um aumento no tamanho das lagoas. Também se observou que os grupos de conexões obtidos foram maiores no ano de cheia. Porém deve-se levar em consideração que as imagens utilizadas são de média qualidade, sendo a sua resolução espacial de 30 metros, o que pode subestimar a conectividade, pois alguns canais de ligação podem estar sendo camuflados pela vegetação, a qual, dominando num dado pixel, faz com que ele seja classificado como "não água".

Para se realizar o estudo comparativo das conectividades propriamente dita entre as lagoas do sistema Tramandaí de maneira confiável, sugere-se a utilização de uma imagem com maior resolução espacial. Ainda assim teriam de ser realizadas saídas a campo para confirmar locais onde se tenha dúvidas.

Quanto aos resultados obtidos nas classificações e processamento digital de imagens, pode-se afirmar que o desempenho foram adequados, mesmo estas classificações apresentando erros de omissão e inclusão, foi possível diferenciar água dos outros atributos com melhor nitidez com a combinação de bandas 5, 4 e 3, composição R5G4B3, na classificação não supervisionada, sendo esta composição satisfatória para analisar o alagamento.

Os corpos d'água apresentam-se maiores no ano mais chuvoso (2009), ocasionando o transbordamento das lagoas e conseqüentemente inundações e formação de lâminas de água sobre o solo. No ano de seca (1988), observamos a grande diminuição no volume de água e suas inundações, diminuindo então os grupos de conexões das lagoas.

Apesar dos métodos utilizados nas imagens adotadas nesta pesquisa terem fornecidos resultados com baixo desempenho na análise das conectividades, pôde-se concluir que estes são de extrema importância para o estudo das inundações nas lagoas de planícies costeiras, e para posteriores pesquisas que venham a utilizar as metodologias empregadas nesse trabalho.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela disponibilização das imagens de satélite utilizadas neste trabalho, aos professores Heinrich Hasenack e Fernando Gertum Becker, aos bibliotecários do Ceclimar/UFRGS, Angelo e Stella pelo apoio, a CAPES e a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

Boletim Climático. Pelotas: INMET, Ufpel, ano 7, n, 9, 5 p., 18 set. 2009.

Blank, D. M. P.; Assis, S. V. Análise das anomalias anuais de precipitação no litoral do Rio Grande do Sul. In: XV Congresso de iniciação científica, 2006, Pelotas. **Resumos...** Pelotas, 2006. Ciências Exatas e da Terra – Resumos, p. 1-4. Online. Disponível em: < http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/CE_00873.rtf >. Acesso em: 22 mar. 2011.

Dainese, R. C. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual. 2001. 185 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade De Ciências Agrônômicas Campus De Botucatu, Botucatu, 2001.

Hasenack, H.; Weber, E. 2010. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. 1 DVD-ROM (**Série Geoprocessamento, 3**).

Ippc 2001. **Climate Change: Synthesis Report**, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland, 184 p. 2001.

Junk, W. J.; Bailey P. B.; Sparks R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, n. 106, p. 110-127. 1989.

Liu, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2006. 908p.

Martini, L.C.P.; Mattos, D. S.; Barbosa, D. F. P.; Rech, A. I. B. Uso de sensoriamento remoto orbital para avaliação da distribuição espacial de Clorofila_a na Lagoa da Conceição - Florianópolis, SC. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 1413-1452, 2006.

Neiff, J.J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. **Interiencia**, v. 15, n. 14, p. 424-441, 1990.

Pringle, C.M. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important. **Hydrologic Processes**, v. 17, n. 13, p. 2685-2689, 2003.

Sakamoto, T.; Van Nguyen, N.; Kotera, A.; Ohno, H.; Ishitsuka, N.; Yokozawa, T. Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, n. 3, p. 295-313, 2007.

Schwarzbold, A. Influência da morfologia no balanço de substâncias e na distribuição de macrófitos aquáticos nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. 1892. 95 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1892.

Soares, P. H. M.; Petry, A. C.; Farjalla, V. F.; Caramaschi, E. P. Hydrological connectivity in coastal inland systems: lessons from a Neotropical fish metacommunity. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 19, n. 1, p. 7-18, 2010.

Tockner, K.; Pennetzdorfer, D.; Reiner, N.; Schiemer, F.; Ward, J. V. Hydrological connectivity and exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river-floodplain system (Danube, Austria). **Freshwater Biology**, v. 41, n. 3, p. 521-535, 1999.

Ward, J. V.; Tockner, K.; Arscott, D. B.; Claret, C. Riverine landscape diversity. **Freshwater Biology**, v. 47, n. 4, p. 517-539, 2002.