



DINÂMICA DE ESCOAMENTO SOB A BARRAGEM ECLUSA DO CANAL SÃO GONÇALO NO EXTREMO SUL DO BRASIL

Roberta Machado Karsburg^{1}; Gilberto Loguercio Collares²; Viviane Santos Silva Terra³;
Reginaldo Galski Bonczynski⁴; Luciana Shigihara Lima⁵; Guilherme Kruger Bartels¹; Henrique
Leivas Teixeira⁵; Janice Ferreira da Silveira⁵; Izadora da Silva Braga⁵; Graciane Vivan Pomatti⁵;
Eliza Guedes Sampaio⁵ & Amanda Vassoler Dias⁵.*

Resumo – Com o objetivo de realizar uma análise das variações nos níveis e nos valores de descargas líquidas ao longo do Canal São Gonçalo, foram realizadas campanhas de medição de vazão em duas seções transversais, num período de 3 meses, localizadas à montante e à jusante da barragem eclusa que está situada na margem esquerda do mesmo. Foi empregado um perfilador acústico de correntes com efeito doppler (ADCP) da marca SONTEK, para determinação da velocidade da água e posterior conversão para vazão instantânea. Em operação, o equipamento permaneceu acoplado a uma prancha de navegação, rebocada por embarcação. Para relacionar as medições de descarga líquida, foram utilizados dados de nível observados em réguas linimétricas dispostas em seções, de montante e jusante, dados que foram fornecidos pela Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim e pela Superintendência de Portos e Hidrovias, respectivamente. Ao analisar os resultados de vazão e níveis em cada seção, percebe-se uma grande variação em seus valores absolutos, transformando essa relação em um importante suporte ao entendimento da hidrodinâmica desse canal, em especial naquilo que o manejo da eclusa impõe, auxiliar para a gestão dos recursos hídricos desta região, em situação bastante complexos.

Palavras – chave: vazão, nível.

FLOW DYNAMICS UNDER THE DAM SLUICE CANAL DE SÃO GONÇALO IN SOUTHERN BRAZIL

Abstract – In order to perform an analysis of changes in the levels and values of liquid discharges along the Canal Sao Goncalo, flow measurement campaigns were conducted in two cross sections over a period of three months, located upstream and downstream of the dam lock which is situated on the left bank of the same. He was employed an acoustic profiler currents with Doppler effect (ADCP) of SonTek brand, to determine the velocity of the water and subsequent conversion to flowrate. In operation, the equipment remained coupled to a navigation board, towed by boat. To relate the liquid discharge measurements, level data observed in linimétricas rules laid out in sections were used in upstream and downstream, data were provided by Lagoa Mirim Development Agency and the Superintendency of Ports and Waterways, respectively. By analyzing the results of flow and levels in each section, you can see a wide variation in absolute values, making this relationship in an important support to understanding the hydrodynamics of this channel, especially on what the management of sluice imposes aid for management of water resources in this region, in very complex situation.

Keywords: flow, level.

¹Mestranda(o) do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFPeI

²Docente do Curso de Engenharia Hídrica/UFPeI – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos

³Docente do Curso de Engenharia Hídrica/UFPeI

⁴Técnico em Hidrologia do Curso de Engenharia Hídrica

⁵Acadêmica(o) do Curso de Engenharia Hídrica/UFPeI

*Autor Correspondente: robertakarsburg@gmail.com



INTRODUÇÃO

Esse trabalho foi realizado ao longo do Canal São Gonçalo, o qual está inserido na bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, situada no sudeste do Estado do Rio Grande do Sul entre as coordenadas geográficas 31°30' a 34°35' de latitude Sul e 53°31' a 55°15' de longitude Oeste. A bacia hidrográfica possui uma área de 25.961,04 Km² (SEMA, 2015). O Canal São Gonçalo possui 76 Km de extensão, aproximadamente 250 m de largura e 5 m de profundidade e conecta a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos (HARTMANN e HARKOT, 1998) (Figura 1).

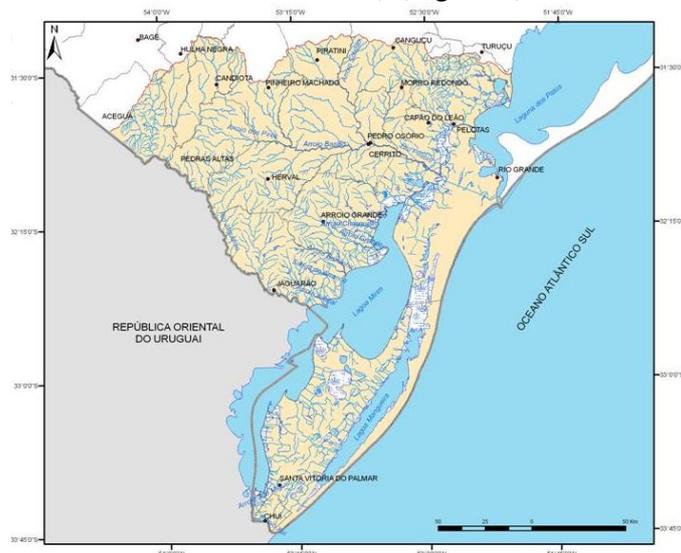


Figura 1 – Localização geográfica da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (SEMA, 2010).

A Laguna dos Patos, com uma área de 10.000 Km², está localizada no litoral do Rio Grande do Sul e comunica-se permanentemente com o Oceano Atlântico. A Lagoa Mirim situa-se mais ao Sul do Estado, em uma região transfronteiriça, banhando terras brasileiras e uruguaias, considerada o terceiro lago em extensão da América do Sul, com área de 4.000 Km². Cerca de um milhão de habitantes utilizam as águas dessa Lagoa, tendo como é o exemplo do cultivo de arroz irrigado, representando uma importante atividade econômica na região (ALM, 2015).

O fluxo de escoamento desse complexo normalmente é no sentido da Lagoa Mirim para a Laguna dos Patos, entretanto, pode inverter-se, o que geralmente ocorre em períodos de estiagem (HARTMANN e HARKOT, 1998). Nestes períodos, os níveis das águas das duas lagoas baixam demasiadamente, permitindo o ingresso de água salgada do Oceano Atlântico para o Canal São Gonçalo e para a Lagoa Mirim (CAPÍTOLI *et al.* 2008). Registros do ano de 1946 mostram que as águas salinas alcançaram o Porto de Santa Vitória do Palmar, no extremo sul da Lagoa Mirim (ALM, 2015).

Com o objetivo de controlar o nível e a entrada de água salgada na Lagoa Mirim, bem como para abastecimento urbano de água doce, irrigação de lavouras e dentre outros usos múltiplos da água nessa região, no Canal São Gonçalo foi construída uma Barragem Eclusa, que opera desde 1977. Desta forma, a barragem eclusa limita a salinização somente no trecho compreendido entre a Eclusa e sua desembocadura na região estuarina da Laguna dos Patos, tornando através desse barramento, a Lagoa Mirim como um corpo d'água límnic (CAPÍTOLI *et al.* 2008), impossibilitando a entrada de água salgada em aproximadamente 80% do Canal e em toda a área da Lagoa Mirim (GOUVÊA *et al.* 2010). Essa estrutura é uma obra hidráulica disposta transversalmente ao Canal, que nessa seção tem 245 m de comprimento, construída por paredes de diafragma e estrutura de concreto armado. É constituída por 18 comportas basculantes assentadas sobre viga soleira, com 12 m de largura e 3 m de altura. A eclusa foi construída na margem esquerda do canal, com 120 m de comprimento, 17 m de largura e 5 m de profundidade. Os portões basculantes e as comportas *by-pass* localizam-se nas



duas cabeceiras, os quais equalizam/regulam os níveis dentro da eclusa permitindo a passagem de embarcações (GOUVÊA *et al.* 2010).

A implantação de uma estrutura hidráulica de barramento de água em qualquer curso d'água, seja para armazenamento de água, controle de cheias, irrigação e geração de energia, possui grande potencial em gerar impactos sociais, econômicos, físico-químicos, biológicos e ambientais. Outros impactos que a implantação dessa estrutura gera, são as alterações no transporte e deposição dos sedimentos (BANDEIRA *et al.* 2012).

Na extensão do Canal São Gonçalo também se localiza o Porto de Pelotas, o qual está situado na margem esquerda, localizando-se a 12 Km de comprimento da hidrovia principal da Laguna dos Patos. É administrado pela Superintendência de Portos e Hidrovias do Rio Grande do Sul (SPH) e suas atividades de operação foram iniciadas em 12 de janeiro de 1940 (SPH, 2015). Sendo assim, a região do Canal aporta diversas e importantes atividades, dentre elas podem-se destacar as atividades pesqueira, fornecimento de água para irrigação, abastecimento público para a cidade de Rio Grande e muito em breve para a cidade de Pelotas, atividades de lazer e culturais, exploração de mineração pela dragagem do sedimento arenoso depositado no fundo do canal e por fim, atividades de transporte e portuárias.

Com isso, o interesse de estudo nessa região se configura por apresentar uma condição singular, fazendo parte de uma rede de recursos hídricos que liga o Porto de Rio Grande com as potencialidades que a lagoa dos Patos e Mirim impõe associada aos seus afluentes. Uma verdadeira malha de navegação está se estabelecendo, interligando regiões interioranas do Rio Grande do Sul e o vizinho país Uruguai com o restante do Brasil, permitindo integração comercial através do transporte hidroviário. Desta maneira, esse trabalho tem como objetivo uma análise das variações nos níveis e nos valores de descargas líquidas à montante e à jusante da barragem eclusa, como suporte ao entendimento da hidrodinâmica desta região, bastante complexa e com potencial de auxílio na gestão dessas águas, nas atividades de eclusagem, portuárias, dentre outras, tendo em vista que esse manancial, dentre os seus usos múltiplos é provedor de água para abastecimento humano durante todo o ano.

METODOLOGIA

Foram realizadas campanhas de medição em seções localizados à montante e à jusante da Barragem-Eclusa (Figura 2) para a obtenção de dados de vazão líquida instantânea.

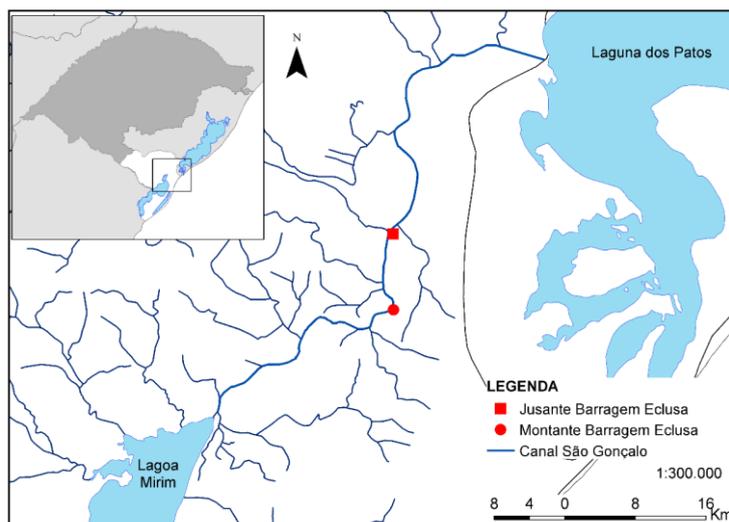


Figura 2 – Localização geográfica onde as campanhas de medição de vazão foram realizadas, montante e jusante da Barragem Eclusa.



Na Tabela 1 são observados os dados durante o período de 3 meses de realização de campanhas de medição de vazão.

Tabela 1 – Datas das campanhas de medição realizadas ao longo do Canal São Gonçalo, à montante e à jusante da Barragem Eclusa.

Montante da Barragem Eclusa	Jusante da Barragem Eclusa
23/02/2015	19/02/2015
01/04/2015	02/04/2015
08/04/2015	22/04/2015
15/04/2015	-
29/04/2015	29/04/2015
15/05/2015	15/05/2015

As medições foram realizadas empregando um perfilador acústico de correntes com efeito doppler (ADCP) da marca SONTEK, dotado de traçador de fundo, com 9 transdutores, responsáveis pela determinação da velocidade da água e posterior conversão para vazão instantânea. Estava acoplado a uma prancha de navegação, rebocada por embarcação (Figura 3).



Figura 3 – Perfilador acústico de correntes com efeito doppler M9 acoplado a prancha, em operação num curso d'água.

Para relacionar as medições de descarga líquida realizadas à montante da Barragem Eclusa, foram utilizados dados de nível observados em régua linimétrica dispostas à montante da mesma (Figura 4a), fornecidos pela Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM). Já os dados de descarga líquida à jusante da Barragem-Eclusa, foram relacionados aos dados de nível obtidos em régua linimétrica disposta no cais do Porto de Pelotas (Figura 4b), fornecidos pela Superintendência de Portos e Hidrovias.



Figura 4 – Régua linimétrica instalada à montante (a) e à jusante (b) da barragem Eclusa, localizada no Porto de Pelotas-RS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Lagoa dos Patos e o sistema adjacente é suscetível a grandes variações interanuais da descarga fluvial e das variações impostas pelos ventos, considerando sua posição geográfica, ocasionando uma profunda alteração na circulação das águas lagunares e nos processos de dessalinização ou salinização, os quais podem durar por vários meses (SEELIGER *et al.* 2010).

Möller *et al.* (2009) relatam que durante eventos El Niño ocorrem altas descargas dos rios, e que tendem a se repetir no ano seguinte, já eventos La Niña são normalmente associados aos períodos de baixas descargas fluviais. As variações interanuais do regime de ventos da região, também podem estar ligadas aos eventos El Niño Oscilação Sul (ENOS). Um cenário de altas descargas e ventos de NE durante anos de El Niño, gera fortes vazantes que fazem a Laguna dos Patos atuar quase como um rio.

Ao analisar os resultados referentes a vazão e nível, percebe-se que mesmo em um pequeno período de observação (aproximadamente 3 meses), os valores de vazão apresentaram uma alta variabilidade, assim como os valores de nível (Tabela 2).

Tabela 2 – Relação entre as vazões à montante e à jusante da Barragem Eclusa.

Data ¹	Vazão ¹	Nível ¹	Data ²	Vazão ²	Nível ²
23/02/2015	858,355	88	19/02/2015	799,204	80
01/04/2015	574,226	79	02/04/2015	520,683	75
08/04/2015	359,411	87	22/04/2015	559,375	76
15/04/2015	430,896	80	-	-	-
29/04/2015	-11,487	75	29/04/2015	38,805	75
15/05/2015	170,795	71	15/05/2015	208,516	65

Data¹= montante; Data²= jusante; Vazão¹= montante (m³/s); Vazão²= jusante (m³/s); Nível¹= montante; e Nível²= jusante.

Ao analisar os resultados das vazões, percebe-se grande variabilidade em seus valores em um curto período de tempo (3 meses). A vazão à montante da Barragem Eclusa foi maior em comparação à jusante apenas nas primeiras campanhas de medição (vazão à montante no dia 23/02/2015 foi de

858,355 m³/s e vazão à jusante no 19/02/2015 foi de 799,204 m³/s). Em todas campanhas seguintes esse fato se inverte, tendo como valores superiores a vazão à jusante da barragem eclusa. É possível observar nos dados observados que estão expressos na Figura 5, um decréscimo no dia 29/04/2015, e as vazões decrescem bruscamente seus valores, fato que pode ser explicado pelo fato de que todas as comportas da barragem eclusa manterem-se fechadas, impedindo o fluxo pelo barramento do curso d'água.

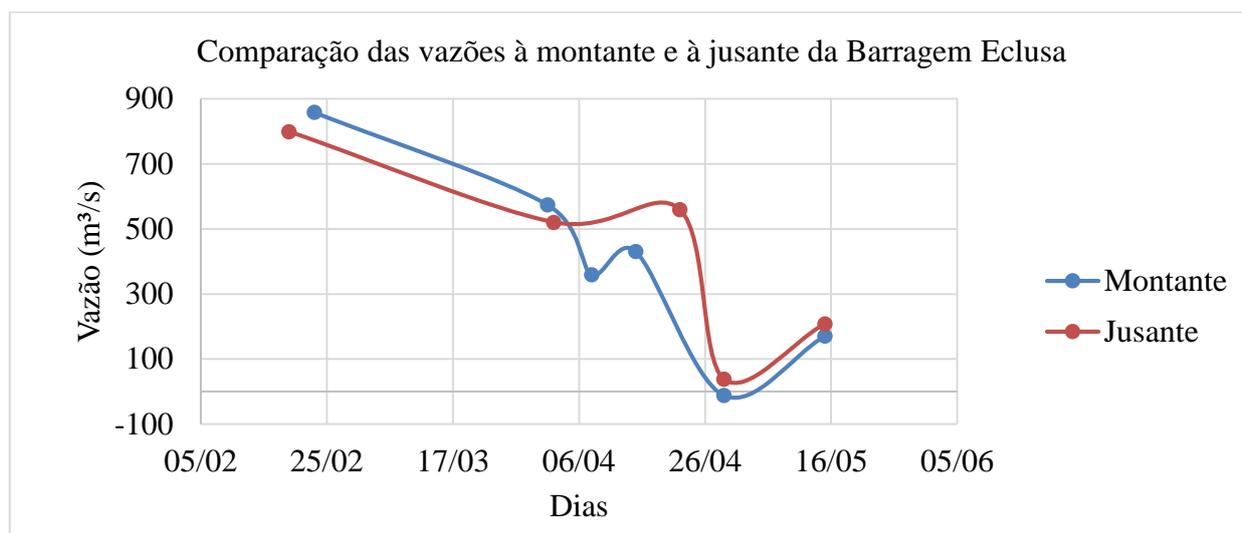


Figura 5 – Comparação entre as descargas líquidas nas seções de medição de vazão.

Ao observar os dados apresentados na Figura 6, onde as variações dos níveis à montante e à jusante da barragem eclusa são comparados, no período de 19/02/2015 a 15/05/2015, é possível perceber que na maioria do tempo, o nível à montante é superior ao à jusante. Apenas em alguns dias esse nível torna-se superior, o que pode ser explicado pelo regime de ventos, que em anos da ocorrência do fenômeno El Niño, se caracteriza pelo predomínio de ventos NE (PIOLA et al 2005), fato este que, interfere na decisão de fechamento das comportas da barragem quando o nível à jusante é superior do que o de montante.

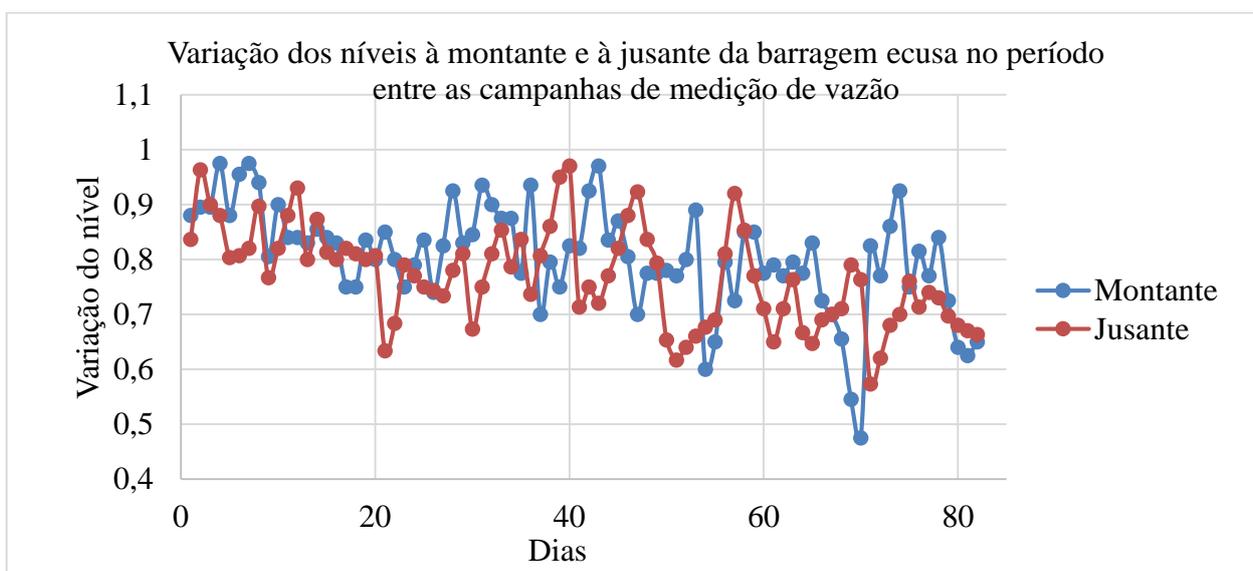


Figura 6 – Representação da variação dos níveis nas localidades onde ocorreram as campanhas de medição de vazão.



CONCLUSÃO

Os resultados expressos nesse artigo, mesmo que iniciais, permitirão auxiliar no planejamento e gestão dos recursos hídricos da região, tanto para o Porto de Pelotas, administradores da Barragem Eclusa e para a Prefeitura de Pelotas, alguns dos órgãos responsáveis pela gestão desse recurso. Vale ressaltar que, por se tratar da principal atividade econômica na região, o fornecimento de água para a irrigação de lavouras de arroz, não deve ser dada maior atenção pelos gestores do que o fornecimento de água para o abastecimento humano, o qual diferentemente da irrigação do arroz, que ocorre geralmente de outubro a fevereiro, é utilizada durante todo o ano, para a cidade vizinha Rio Grande e futuramente para a cidade de Pelotas.

Pelas grandes diferenças entre os níveis, é possível perceber que o monitoramento realizado nesse trabalho deve ser contínuo e permanente, para que as decisões de fechamento ou abertura das comportas da Barragem Eclusa não sejam pautadas apenas nos níveis acoplados a esta estrutura hidráulica, mas sim com réguas limimétrica, sensores de nível e campanhas de medição de vazão mais à jusante da mesma, para obtenção de dados mais consistentes e desta forma melhorar a gestão e operação da Barragem Eclusa e por conseguinte do sistema hídrico que se insere.

Esses resultados, com alta variabilidade no tempo, indicam que a área em estudo possui hidrodinâmica significativamente variável, apontando efetiva importância o seu entendimento, para melhores alternativas de gerenciamento sejam estudadas e implantadas, objetivando o manejo e uso sustentável desses recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPERGS e ao CNPq pelas bolsas de estudo concedidas, à FINEP pelo financiamento do projeto e ao técnico em hidrologia da Engenharia Hídrica da UFPel, Reginaldo Galski Bonczinski, pelo empenho e dedicação durante as campanhas de medição.

REFERÊNCIAS

Agência de Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim (ALM). 2015. Disponível em: <<http://alm.bolsacontinental.com/index.php?file=kop13.php>>. Acesso em: 25 de maio de 2015.

BANDEIRA, J. V.; FERREIRA, V. V. M.; SALIM, L. H.; VIEIRA, N. S.; MENEGHINI, M. S. M.; SALES, D. M.; JUNQUEIRA, M. V.; CARVALHO, M. D.; MOTA, H. R. (2012). Hydrosedimentological studies in the Paciencia Dam, Southeastern Brazil. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 89-103.

CAPÍTOLI, R. R.; COLLING, L. A.; BEMVENUTI, C. E. Cenários de distribuição do mexilhão dourado *Limnperna fortunei* (mollusca-bivalvia) sob distintas condições de salinidade no complexo Lagunar Patos-Mirim, RS-Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, n. 30, p. 35-44, 2008.

GOUVÊA, T.; ZARNOT, D. H.; ALBA, J. M. F. Caracterização geoambiental e histórico do processo de desenvolvimento da bacia da Lagoa Mirim. In: DELLAZOPPA, A. R.; FLORES, C. A.; SAITO, C. H.; ZARNOTT, D. H.; ANDREASE, D. M.; COSTA, F. A.; PICCIOLI, G. E.; NACHTIGAL, G. F.; ALMEIDA, I. R.; MENEGHETTI, J. O.; SOBRINHO, J. P. V.; CARDOSO, J. H.; ALBA, J. M. F.; SOSINSKI, L. T. W.; VARELA, M. V.; BARBIERI, R. L.; GOUVÊA, T.; STEIKE, V. Sustentabilidade Socioambiental da Bacia da Lagoa Mirim. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. p. 19-20.

HARTMANN, C.; HARKOT, P. F. C. Influência do canal São Gonçalo no aporte de sedimentos para o estuário da laguna dos patos-RS. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio Grande, v. 20, 1998.



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

MÖLLER, O.; FERNANDES, E. Hidrologia e hidrodinâmica. In: SEELIGER, U; ODEBRECHT, C. (Org.). O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações. Rio Grande: FURG, 2010. p. 11-27.

MÖLLER, O. O.; CASTELLO, J. P.; VAZ, A. C. (2009). The Effect of River Discharge and Winds on the Interannual Variability of the Pink Shrimp *Farfantepenaeus paulensis* Production in Patos Lagoon. *Estuaries and Coasts*.

PIOLA, A. R.; MATANO, R. P.; PALMA, E. D.; MÖLLER, O. O.; CAMPOS, E. J. D. (2005). The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. *Geophysical Research Letters* 1-4.

SEMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. 2010. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=54>. Acesso em: 22 de maio de 2015.

Superintendência de Portos e Hidrovias. 2015. Disponível em: <http://www.sph.rs.gov.br/sph_2006/content/porto_pel/porto_pel_apresentacao.php>. Acesso em: 22 de maio de 2015.