

CORRELAÇÃO ENTRE FATORES HIDROMETEOROLÓGICOS E A SALINIDADE NO CANAL SÃO GONÇALO

ARLENE FEHRENBACH¹; GILBERTO LOGUERCIO COLLARES²; FRANCIÉLE SCHWANCK CARLOS³

¹*Universidade Federal do Rio Grande do Sul – arlenefehrenbach@outlook.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – gilbertocollares@gmail.com*

³*Universidade Federal do Rio Grande do Sul – schwanck.carlos@ufrgs.br*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acarreta maior demanda por recursos naturais, especialmente pela água, que possui múltiplas formas de uso, como irrigação, abastecimento público, dessedentação animal, navegação, uso industrial, diluição de efluentes, geração de energia e manutenção dos ecossistemas, entre outras (TUCCI, 2009). Assim, assegurar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas é indispensável para atender às demandas da sociedade. Nesse sentido, a gestão sustentável dos recursos hídricos é crucial para garantir seu uso equilibrado e contínuo.

No presente estudo aborda-se o Canal São Gonçalo (CSG), que possui cerca de 76 km de extensão e conecta a Laguna dos Patos a Lagoa Mirim. Sua hidrodinâmica é considerada complexa devido aos diferentes sentidos de escoamentos que podem ocorrer. Predominantemente o sentido de escoamento da água ocorre no sentido da Lagoa Mirim para a Laguna dos Patos. Contudo, em períodos de estiagem, essa direção pode se inverter, passando a fluir da Laguna dos Patos em direção à Lagoa Mirim (HARTMANN e HARKOT, 1990). Além disso, podem ser observados outros efeitos associados à redução do regime de chuvas e, principalmente, à influência dos ventos sobre os níveis de água na região, o que pode resultar em fluxos bidirecionais ou até mesmo na ausência de escoamento, ocasionando o represamento das águas (COSTI et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019).

A ação dos ventos é uma variável importante a ser considerada no sistema lagunar Patos-Mirim, na medida que os ventos influenciam fortemente a dinâmica dos níveis de água, o que pode resultar em fluxos multidirecionais e até mesmo estacionários. Os ventos de Nordeste (NE) deslocam a água em direção ao sul da Lagoa Mirim, modificando os padrões de variabilidade sazonal e gerando oscilações no nível da lagoa. Em contrapartida, os ventos provenientes do Sul (S) empurram a água para o Norte (N), elevando o nível nessa região. Sob a influência de ventos de Sudoeste (SW), a Lagoa Mirim escoa suas águas para a Laguna dos Patos por meio do CSG. Já durante a atuação de ventos de NE, ocorre a elevação do nível da água na foz do canal, ocasionando descargas no sentido inverso (COSTI et al., 2018; MUNAR et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019).

Cabe destacar que a Laguna dos Patos possui conexão com o Oceano Atlântico, o que propicia a entrada da salinidade das águas marítimas no sistema. Para impedir que a salinidade avançasse no sistema, foi construída, em 1977, a Barragem e Eclusa do Canal São Gonçalo (BECSG), localizada a cerca de 15 km do Pontal da Barra, onde as águas do canal encontram as da Laguna dos Patos. Desta forma, em momentos de intrusão salina, a salinidade avança até essa barreira física, mas é fundamental compreender como variáveis

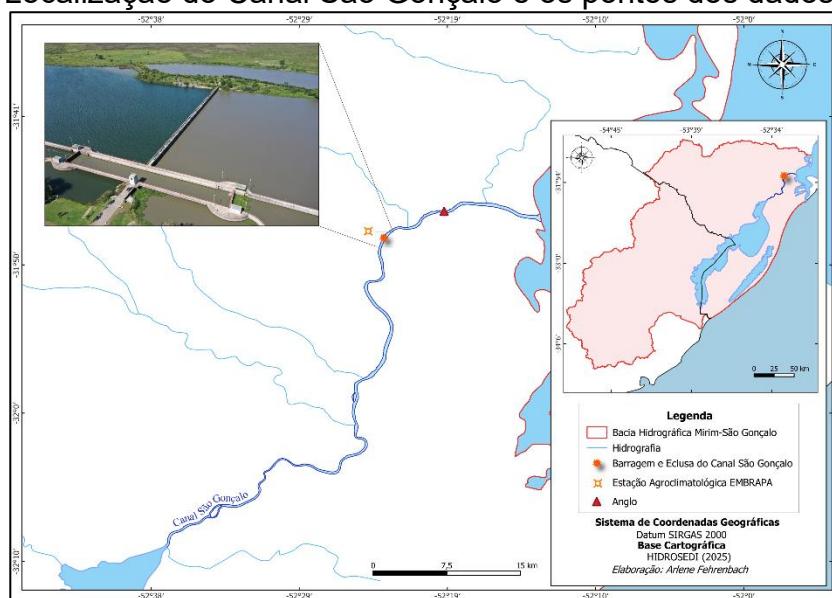
hidrometeorológicas podem influenciar o avanço da salinidade no sistema, na medida que baixas precipitações influenciam a disponibilidade de água, impactando as vazões e os níveis d'água, contribuindo para o adentramento de águas advindas do Oceano Atlântico. Paralelamente, as direções e as intensidades dos ventos também influenciam no deslocamento da pluma salina

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a correlação entre variáveis hidrometeorológicas (nível da água e velocidade dos ventos média e máxima) e a salinidade, considerando as diferentes direções de vento no período de 2022 e 2023. Para isso, utilizou-se a correlação linear de Pearson, que possibilita mensurar tanto a intensidade quanto a direção da relação entre as variáveis, evidenciando o grau de variação conjunta entre elas. Cabe destacar que esta pesquisa constitui uma etapa preliminar de um estudo mais amplo, que incluirá a avaliação de outras variáveis e a aplicação de métodos estatísticos mais robustos.

2. METODOLOGIA

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica Mirim–São Gonçalo, uma bacia transfronteiriça situada no extremo sul do Brasil e no leste do Uruguai. Sua extensão total é de aproximadamente 62.250 km², dos quais 33.000 km² encontram-se em território uruguaio e 29.250 km² em território brasileiro (FERNANDES et al., 2021). Como ilustrado na Figura 1, a Barragem Eclusa do Canal São Gonçalo (BECSG) exerce papel essencial no controle da intrusão salina na porção sul do canal e na Lagoa Mirim, garantindo a manutenção da qualidade da água doce utilizada na região. Na mesma figura está representado o ponto de monitoramento da Agência para o Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM), responsáveis pelos dados de salinidade utilizados neste trabalho, bem como pelo acompanhamento dos níveis a montante e a jusante da BECSG. Também está indicada a Estação Agroclimatológica da EMBRAPA, fonte dos dados de velocidade média e máxima empregados no estudo.

Figura 1. Localização do Canal São Gonçalo e os pontos dos dados utilizados.



O estudo utiliza o coeficiente de correlação de Pearson, o qual mede a intensidade e a direção da relação linear entre duas variáveis quantitativas, com valores variando de -1 a +1. Um coeficiente igual a 0 indica ausência de associação

linear, ou seja, os valores de X não influenciam Y, e vice-versa. Valores positivos indicam correlação positiva, em que o aumento de uma variável está associado ao aumento da outra. Já valores negativos representam correlação inversa, sinalizando que, à medida que uma variável cresce, a outra tende a diminuir de forma linear. (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os dados da Tabela 1 nota-se que em 2022 a direção e vento SW teve o maior número de observações, seguida pelo NE. A maioria das direções de vento apresentou correlações negativas, especialmente entre a salinidade e o nível (jusante e montante). Isso significa que, para a maioria dos ventos, quando o nível da água aumentou, a salinidade tendeu a diminuir. A correlação entre a salinidade e o nível da água foi mais forte e negativa para os ventos S e NE. Quanto a correlação com Velocidade média dos ventos ($V_{méd}$) e Velocidade máxima dos ventos ($V_{máx}$), no geral, foram próximas de zero, indicando uma correlação fraca, mas com destaque para a direção Noroeste (NW), em que correlação foi mais forte e negativa. Vale ressaltar que o ano de 2022 apenas nos meses de janeiro e dezembro foi observado um leve adentramento de águas salinas no sistema, na ordem de 1 ppt.

Tabela 1. Correlação entre as variáveis para cada direção do vento em 2022.

2022					
Direção do Vento	Nº de observações	Sal x Nível (jusante)	Sal x Nível (montante)	Sal x $V_{méd}$	Sal x $V_{máx}$
NE	106	-0,32	-0,37	-0,18	-0,08
NW	8	-0,06	-0,38	-0,40	-0,72
SE	61	-0,21	-0,25	-0,16	0,02
SW	120	-0,09	-0,15	0,03	-0,16
S	26	-0,47	-0,57	0,01	-0,03
N	1	-	-	-	-
E	33	-0,19	-0,26	-0,09	-0,05
W	7	0,95	0,90	-0,03	-0,62

Já na Tabela 2 são apresentados os resultados para o ano de 2023, em que foi observado um expressivo adentramento das águas salinas no CSG. Nesse ano, a direção do vento NE teve a maior frequência, seguida pelo SW. Observa-se que as correlações negativas foram muito mais fortes e consistentes, principalmente entre a salinidade e o nível (jusante e montante). Isso sugere que a relação entre diminuição dos níveis e o aumento da salinidade foi mais acentuada em 2023. A correlação entre a salinidade e a $V_{méd}$ e a $V_{máx}$ também foram predominantemente negativas e mais fortes que em 2022. Somente o vento de direção NW apresentou correlação positiva.

Tabela 2. Correlação entre as variáveis para cada direção do vento em 2023.

2023					
Direção do Vento	Nº de observações	Sal x Nível (jusante)	Sal x Nível (montante)	Sal x $V_{méd}$	Sal x $V_{máx}$
NE	149	-0,80	-0,89	-0,28	-0,37
NW	4	-0,89	-0,95	0,35	0,56
SE	33	-0,90	-0,93	-0,12	-0,27
SW	134	-0,76	-0,82	-0,11	-0,23

S	12	-0,85	-0,89	-0,44	-0,32
N	1	-	-	-	-
E	28	-0,91	-0,95	-0,42	-0,16
W	4	-0,90	-0,97	-0,67	-0,58

Desta forma, percebeu-se que no ano de 2023, houve a maior ocorrência do vento NE, e esteve atrelado a um período de baixos índices pluviométricos, o que resultou em níveis de água mais baixos e favoreceu a entrada de águas salinas. Como mencionado por POSSA (2019) em períodos de baixa pluviosidade e elevada demanda hídrica, a persistência dos ventos de NE pode exercer forte pressão sobre a massa de água, deslocando-a no sentido NE-SW, ou seja, da Lagoa dos Patos em direção à Lagoa Mirim (POSSA, 2019).

4. CONCLUSÕES

Os resultados do coeficiente de correlação de Pearson para os anos de 2022 e 2023 evidenciam que a dinâmica de salinidade no CSG está intrinsecamente relacionada aos fatores hidrológicos e eólicos. Enquanto em 2022 a relação entre salinidade e nível da água se mostrou negativa, porém mais fraca, em 2023 essa correlação inversa se intensificou de forma expressiva, demonstrando que baixos níveis propiciam o adentramento da salinidade. A predominância do vento Nordeste em 2023, combinada a um período de baixa pluviosidade, corrobora a hipótese de que a persistência de ventos de NE contribuiu para a redução dos níveis de água e, consequentemente, para a maior intrusão de águas salinas, conforme destacado por estudos anteriores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTI, J., MARQUES, W.C., KIRINUS, E. de P., DUARTE, R. de F., ARIGONY-NETO, J. Water level variability of the Mirim - São Gonçalo system, a large, subtropical, semi-enclosed coastal complex. **Advances in Water Resources** v.117, 75–86, 2018.
- FERNANDES, F. M.; COLLARES, G. L.; CORTELETTI, R. A água como elemento de integração transfronteiriça: o caso da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 59-77, 2021.
- HARTMAN, 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**. Departamento de Geociências, FURG, Rio Grande, RS, Brasil. p.329- 332, março/dezembro de 1990.
- MUNAR, A. M.; CAVALCANTI, J. C.; BRAVO, J. M.; FAN, F. M.; MOTTA-MARQUES, D.; FRAGOSO JR., C. R. Coupling large-scale hydrological and hydrodynamic modeling: Toward a better comprehension of watershed-shallow lake processes. **Journal of Hydrology**, v. 564, p 424-441, 2018.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.
- OLIVEIRA, H., FERNANDES, E., MÖLLER, O., GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. Relationships between wind effect, hydrodynamics and water level in the world's largest coastal lagoonal system. **Water**, v. 1, p 1-20, 2019.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4ª. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 943 p.