

# RELAÇÕES BIVARIADAS E MULTIVARIADAS DE DEPENDÊNCIA GLOBAL ENTRE OS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS

RAYANE RIBEIRO VIEIRA<sup>1</sup>; SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO<sup>2</sup>; LUANA NUNES CENTENO<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Instituto Federal Sul-rio-grandense – rayanevieira.pl066@academico.ifsul.edu.br; samantacenconello@ifsul.edu.br; luanacenteno@ifsul.edu.br*

## 1. INTRODUÇÃO

As atuais alterações no ciclo hidrológico da água têm gerado desequilíbrios no mundo contemporâneo, tanto no que diz respeito a sua quantidade como qualidade, as quais são fundamentais para todo o ecossistema, demonstrando a necessidade de preservação dos recursos naturais (PAN et al., 2022). Dessa maneira, é necessário que ocorram intervenções em relação a restauração e melhoria dos mananciais procurando diminuir a poluição e o consumo irresponsável (GOMES et al., 2018).

É notório que a rápida e desordenada urbanização resultou em graves deteriorações ambientais, acarretando ainda em baixas coberturas de redes de infraestrutura, como sistemas de coleta e tratamento de esgoto, além de mudanças climáticas, inundações, poluentes orgânicos emergentes, e por diversas ocasiões conflitos entre usuários (MATLI; NIVEDITA, 2021).

Assim, a gestão de recursos hídricos é descrita como uma situação de difícil análise, interpretação e extração de informação, devendo ser medida por um conjunto de parâmetros, gerando grandes números de dados, tendo assim a necessidade de utilização de técnicas mais diversificadas como as ferramentas multivariadas (FRAGA et al., 2021). Arelado a isso, o monitoramento, pesquisa e regulamentação de padrões de qualidade, como o CONAMA 357/2005, são essenciais para a segurança da saúde da sociedade, economia, culturas e da relação entre água e ambiente (BONIFÁCIO; NÓBREGA, 2021).

Dessa forma, as técnicas bivariadas e multivariadas como a análise de correlação e de componentes principais possibilitam organizar informações, as quais podem ser medidas concomitantemente, compilando dados em poucas variáveis e viabilizando sua interpretação simultânea (HAIR et al., 2009). Por isso, estas têm sido usadas frequentemente em estudos de gestão de recursos hídricos (BENSOLTANE et al., 2021; MATLI; NIVEDITA, 2021; LIU et al., 2021). Frente ao exposto, este estudo objetivou avaliar as relações existentes entre os dados de qualidade da água pertencentes à bacia hidrográfica do Rio dos Sinos e posteriormente inferir sobre as principais fontes de poluição existente.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BRRS), encontra-se posicionada em 4,5% das águas da Região Hidrográfica do Guaíba no Estado do Rio Grande do Sul, portando uma área de 3.694 km<sup>2</sup>, além de 32 municípios, inclusos parcial ou totalmente no arranjo geológico (COMITÊ DOS SINOS, 2022). Ademais, em 2020 contava com 1.445.678 habitantes, onde a imensa maioria residia em zonas urbanas, arrecadando cerca 21% do Produto Interno Bruto do estado (COMITÊ DOS SINOS, 2022; MARTINS et al., 2019). Sendo que, as mais significativas ocupações deste recurso hídrico principal que dá nome a bacia são para abastecimento público, uso industrial e irrigação, e ainda, apresenta como principal complicação o lançamento de efluentes doméstico e industrial sem tratamento preliminar, sobretudo em seus

trechos médio-baixo, os quais possuem uma elevada densidade demográfica, além de rápida e desordenada urbanização (MARTINS et al., 2019).

## 2.2 Obtenção de dados

Foram aplicadas para realização dessa pesquisa, dados de qualidade da água cedidos pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental/ RS, em formato semestral, entre fevereiro de 2016 e fevereiro de 2018 (FEPAM, 2022). As coletas foram elaboradas conforme a regulamentação apontada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, além de ferramentas analíticas e de preservação das amostras, seguido de instrumentos definidos por APHA (2005) e pela COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (1987).

Dessa forma, as variáveis selecionadas com menor número de falhas amostrais foram: Cloretos ( $\text{Cl}^-$ ), Condutividade Elétrica (CE), Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Escherichia coli (EC), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial Hidrogeniônico (pH), os Sólidos Suspensos Totais (SST), Temperatura da Água ( $T_{\text{H}_2\text{O}}$ ) e Turbidez (TH).

## 2.3 Análise estatística

Os parâmetros de qualidade hídrica, foram estudados a partir de uma matriz de correlação, com a principal finalidade de caracterizar se no corpo hídrico existem correlações expressivas entre as variáveis. Para isso, foi empregado, com grau de significância de 5%, o teste t-Student, assim a hipótese nula é reconhecida ( $H_0$ ), se valor encontrado for  $<0,05$ , também denotado como menor que o nível de significância utilizado assim, deduz-se que há uma relação significativa entre estas variáveis.

Posteriormente foi empregada a Análise Fatorial (AF), com extração por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), com a finalidade de elucidar a variância de um conjunto de variáveis, por meio de combinações lineares, além da extração das principais contribuições ortogonais (JOHNSON; WICHERN, 2014). Ademais, as componentes principais (CP) foram escolhidas segundo HAIR et al. (2009) por portarem uma carga fatorial acima de 0,70, retirados da análise fatorial. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no Software R versão 4.2.1.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Matriz de Correlação foi possível analisar a influência que ocorre entre os parâmetros de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Sendo que as correlações significativas positivas ocorreram entre  $\text{Cl}^-$  e CE ( $r=0,896$ ), o que é perfeitamente previsível pois os dois parâmetros são naturalmente relacionados, indicando a presença de efluentes (BASTOS, 2016). Posteriormente tem-se as relações entre  $\text{Cl}^-$  e  $\text{DBO}_5$  ( $r=0,709$ );  $\text{Cl}^-$  e  $\text{NH}_3$  ( $r=0,768$ );  $\text{Cl}^-$  e NTK ( $r=0,731$ ); CE e  $\text{NH}_3$  ( $r=0,853$ ); CE e NTK ( $r=0,759$ ); DBO e EC ( $r=0,757$ ) que podem estar relacionados às fontes pontuais de lançamento de esgotos sanitários (WANESKA, 2018), DBO e NTK ( $r=0,680$ ); DQO e PT ( $r=0,706$ ); EC e PT ( $r=0,764$ ); PT e SST ( $r=0,821$ ); PT e TH ( $r=0,740$ );  $\text{NH}_3$  e NTK ( $r=0,885$ ); OD e pH ( $r=0,710$ ).

Ademais, o SST está positivamente correlacionado com a TH, o que pode ser influenciado pelo uso e ocupação do solo, com alto potencial de concentração de partículas inorgânicas e orgânicas suspensas provenientes da erosão do solo (JESUS, 2018). Além das correlações negativas DQO e pH ( $r=-0,716$ ); PT e pH ( $r=-0,742$ );  $\text{NH}_3$  e OD ( $r=-0,725$ ); NTK e OD ( $r=-0,708$ ); OD e  $T_{\text{H}_2\text{O}}$  ( $r=-0,716$ ); pH e  $T_{\text{H}_2\text{O}}$  ( $r=-0,778$ ). Em seguida, foi realizada a decomposição da matriz de correlação, para geração das componentes principais. Neste viés através das quatro primeiras componentes principais extraídas foi possível explicar 81% da variância total presente

nos dados e assim se ter uma visão global do que está ocorrendo de interações neste manancial.

BENSOLTANE et al. (2021), empregou seis fatores para explicar 65.33% da variância total de dados, com a finalidade de elucidar a qualidade hídrica da cidade de Souk Ahras, na Argélia, através de estudos a respeito de agentes nocivos por conta do mal funcionamento de equipamentos de instalação, processamento e distribuição. Ademais, LIU et al. (2021) retirou duas componentes principais (CP) para três diferentes variáveis de variações sazonais relacionadas aos parâmetros hídricos, tendo valores de variância entre 19% e 75% da Bacia Hidrográfica do Rio Mudan, na região mais ao norte da China.

Desta forma, o primeiro fator detém 35% da variância total dos dados, é constituído pelos parâmetros  $Cl^-$ , CE,  $NH_3$  e NTK, no caso da CP<sub>2</sub>, a qual é responsável por 23% da variância total, é caracterizada pelas variáveis com maiores valores DBO e EC, o terceiro fator, com 13% da variância total, é representado por DQO, OD, pH e  $T_{H_2O}$ , e finalmente, o CP<sub>4</sub>, expressam 8% da variância total, representados por PT, SDT, SSD e TH.

Tanto a CP<sub>1</sub>, como o CP<sub>2</sub> podem estar associadas a degradação de material orgânico, indicado pelo possível lançamento inadequado de efluentes industriais e domésticos, além de atividades agropecuárias no Rio dos Sinos, impactando diretamente na vida aquática, o que pode explicar o desastre ocorrido em 2006, onde a contaminação do corpo hídrico acarretou na morte de mais de 100 toneladas de peixes (GOMES et al., 2018; BASTOS, 2016; BONIFÁCIO; NÓBREGA, 2021).

Posteriormente, a CP<sub>3</sub> possivelmente indica, que o processo de degradação acarretou em um alto consumo de oxigênio, levando a condições anaeróbicas, com aumento de transferências de gases e crescimento da vida aquática, o provável desprendimento de compostos situados no fundo do recurso hídrico (BONIFÁCIO; NÓBREGA, 2021). Caso parecido com o que acontece no CP<sub>4</sub>, que se pode inferir a dissolução de compostos orgânicos, decomposição da matéria orgânica, presença de efluentes, fertilizantes, detergentes, dejetos de criação animal e eutrofização (GIRARDI; PINHEIRO; VENZON, 2019).

#### 4. CONCLUSÕES

Através das AF e ACP, foi possível inferir que a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos enfrenta contaminações provenientes de ações antrópicas, o que pode ser exemplificado pelo alto consumo de oxigênio, o cloreto e o NTK terem sido as variáveis com mais correlações significativas, além da presença de poluição, efluentes e matéria orgânica nas quatro componentes principais estudadas. Outrossim, as ferramentas multivariadas empregadas demonstraram grande capacidade de interpretação e de auxílio na determinação de ações para gestão do recurso hídrico.

#### Agradecimentos

Os autores deste estudo, gostariam de agradecer a Pró-reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação (PROPEP) do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas, pelo apoio e estrutura no projeto de pesquisa cadastrado na PROPEP: D12211221/124.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

BASTOS, Luciana da Silva. **Indicadores de Qualidade da Água para Consumo Humano em Municípios da Baixada Maranhense**. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, 2016.

- BENSOLTANE, M.A. et al. Drinking water quality assessment using Principal Component Analysis: case study of the town of souk ahras, algeria. **Egyptian Journal of Chemistry**, Souk Ahras, Algeria, v. 64, n. 6, p. 3069-3075, 25 fev. 2021.
- BONIFÁCIO, Cássia Maria; NÓBREGA, Maria Teresa de. Parâmetros de qualidade da água no monitoramento ambiental. In: OLIVEIRA, Robson José de. **Recursos Hídricos: gestão, planejamento e técnicas em pesquisa**. Guarujá - SP: Científica Digital, 2021. Cap. 15. p. 1-280.
- COMITÊ DOS SINOS (Rio Grande do Sul) (org.). **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 1987. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. CETESB, São Paulo, SP, Brasil. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler – FEPAM. Monitoramento da qualidade da água da região hidrográfica das bacias litorâneas. Site oficial da FEPAM. 2022.
- FRAGA, Micael de Souza et al. Avaliação da qualidade das águas superficiais na circunscrição hidrográfica do rio Piranga utilizando análise estatística multivariada e não-paramétrica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Minas Gerais, n. 214, p. 694-710, fev. 2021. Bimestral.
- GIRARDI, Rubia; PINHEIRO, Adilson; VENZON, Pedro Thiago. Parâmetros de qualidade da água de rios e efluentes presentes em monitoramento não sistemáticos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 1-14, 2019.
- GOMES, Sara Helena Raupp et al. Modelagem sazonal da qualidade da água do Rio dos Sinos/RS utilizando o modelo QUAL-UFMG. **Eng. Sanit. Ambient.**, Pelotas-Rs, v. 23, n. 2, p. 275-285, abr. 2018.
- HAIR, Joseph F. Jr et al. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 682 p.
- JESUS, Genswesley Dias de. **Uso da Estatística Multivariada para Identificação dos Parâmetros Relevantes para composição de um IQA**: estudo de caso na calha do rio doce, estado de Minas Gerais. 2018. 30 f. Monografia (Especialização) - Curso de Educação Ambiental e Sustentabilidade, Pós-Graduação Lato Sensu, Instituto Federal do Espírito Santo, Ibatiba, 2018.
- JOHNSON, Richard; WICHERN, Dean. **Pearson New International Edition: applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. Inglaterra: Pearson Education Limited, 2014. 775 p. JOHNSON, WICHERN
- LIU, Liang et al. Spatio-temporal variability and water quality assessment of the Mudan River Watershed, Northern China: principal component analysis and water quality index. **Desalination And Water Treatment**, Northern China, v. 1, n. 1, p. 38-48, 25 ago. 2021.
- MARTINS, Marco Antonio Mabilia et al. Disponibilidade hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 23., 2019, Foz do Iguaçu-Pr. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu-Pr: ABRhidro, 2019. p. 1-10.
- MATLI, Chandra Sekhar; nivedita. Water quality modelling of river mahanadi using principal component analysis (PCA) and multiple linear regression (MLR). **International Journal of Environment**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 83-98, 28 jun. 2021.
- PAN, Baozhu *et al.* Determination of key parameters in water quality monitoring of the most sediment-laden Yellow River based on water quality index. **Process Safety and Environmental Protection**, [s. l.], v. 164, p. 249-259, ago. 2022.