

**ENGENHARIAS****Clusterização em dados de qualidade da água de uma lagoa localizada no Sul do Rio Grande do Sul*****Clustering water quality data of a lagoon located in the South of Rio Grande do Sul***

Thaís Noble Rodrigues<sup>1</sup>, Luana Nunes Centeno<sup>2</sup>,  
Samanta Tolentino Cecconello<sup>3</sup>

**RESUMO**

A qualidade da água é fortemente influenciada pelas diversas atividades antrópicas existente no entorno dos corpos d'água. Frente a isto, este estudo objetivou analisar a similaridade entre os parâmetros de qualidade da água da Lagoa Mirim, através da análise de agrupamentos. Utilizaram-se dados secundários de qualidade da água, a saber: pH, Temperatura da água, Condutividade Elétrica, Turbidez, Fósforo Total, Nitrogênio Total Kjeldahl, Oxigênio Consumido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio dissolvido, Sólidos Totais e Coliformes Termotolerantes. Foram adotados dois períodos para análise, sendo o período 1 dos meses de janeiro a junho e período 2 de julho a dezembro de 2017. Utilizou-se a Distância Euclidiana e o método de Ward's. No primeiro período ocorreu a formação de três grupos e no segundo período, foram formados quatro grupos. Através do agrupamento para cada período inferiu-se sobre as possíveis fontes de poluição da Lagoa Mirim. Conclui-se que o método de agrupamentos se mostrou adequado para identificar as variáveis de qualidade da água com maiores similaridades durante os períodos estudados.

**Palavras-chave:** Análise de cluster; fonte de poluição; atividades antrópicas.

**ABSTRACT**

*The quality of the water is strongly influenced by the various human activities that exist around the bodies of water. In view of this, this study aimed to analyze the similarity between the water quality parameters of Lagoa Mirim, through cluster analysis. Secondary water quality data were used, namely: pH, Water Temperature, Electrical Conductivity, Turbidity, Total Phosphorus, Total Kjeldahl Nitrogen, Consumed Oxygen, Biochemical Oxygen Demand, Dissolved Oxygen, Total Solids, and Thermotolerant Coliforms. Two periods were adopted for analysis, being period 1 from January to June and period 2 from July to December 2017. Euclidean Distance and Ward's method were used. In the first period, three groups were formed and in the second period, four groups were formed. Through the grouping for each period, it was inferred about the possible sources of pollution of Lagoa Mirim. It was concluded*

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSul, Câmpus Pelotas/RS – Brasil. E-mail: [thaisnoble21@gmail.com](mailto:thaisnoble21@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [luananunescenteno@gmail.com](mailto:luananunescenteno@gmail.com)

<sup>3</sup> E-mail: [satolentino@pelotas.ifsul.edu.br](mailto:satolentino@pelotas.ifsul.edu.br)



that the clustering method was shown to be adequate to identify water quality variables with greater similarities during the studied periods.

**Keywords:** Cluster analysis; source of pollution; anthropogenic activities.

## 1. INTRODUÇÃO

O acesso a água de qualidade, está disponível para apenas um quinto da população mundial, ou seja, aproximadamente um bilhão de pessoas não têm água em qualidade satisfatória para sanar suas necessidades básicas. (GHANI *et al.*, 2018). Neste sentido, é pertinente destacar que a qualidade da água é compreendida como sendo um conjunto de características físicas, químicas e biológicas (CENTENO *et al.*, 2016; BILGIN, 2018; PIRATOBA *et al.*, 2017) que podem ser afetadas por vários fatores, tais como: processos de urbanização, uso de agrotóxicos, processos erosivos, dentre outros. (BARBOSA *et al.*, 2008; SALIH; GHDHBAN; WAHID, 2018).

Sendo assim, torna-se essencial o monitoramento da qualidade das águas, pois este possibilita verificar os impactos ambientais ocorridos no corpo hídrico, tornando possível ações para o gerenciamento destes recursos. (BRASIL, 2005).

A Resolução do CONAMA nº 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Segundo esta Resolução, a qualidade da água de um recurso hídrico, define a classe em que o mesmo deverá ser enquadrado, e deste modo, para quais os usos a que este corpo d'água poderá ser destinado.

É necessário que haja o monitoramento das concentrações das variáveis limnológicas, para se identificar o estado do curso d'água e verificar se o mesmo se mantém ou não, no atual enquadramento. (CUNHA *et al.*, 2013; BASSO; CARVALHO, 1969). Caso o corpo d'água não apresente as concentrações adequadas para as variáveis limnológicas estabelecidas para a classe na qual está enquadrado, este poderá ser enquadrado em uma classe inferior (se as concentrações forem acima das permitidas pela Resolução 357/2005) ou superior à atual (se as concentrações das variáveis estiverem abaixo das permitidas pela Resolução 357/2005).

A Lagoa Mirim é um recurso hídrico superficial de suma importância para o Estado do Rio Grande do Sul, pois é utilizada para o abastecimento de água de diversos municípios da parte sul do Estado do Rio Grande do Sul. Esta serve como fonte de irrigação para as lavouras de arroz, abriga um ecossistema rico em diversidade de espécies e é binacional, pois faz parte do território brasileiro e uruguaio. Devido a sua importância se torna necessário o monitoramento da qualidade da água da Lagoa Mirim. A Agência da Lagoa Mirim (ALM) atua em conjunto com o Uruguai, no aproveitamento dos recursos naturais e hídricos da Bacia da Lagoa Mirim, comuns ao território dos dois países. Desta forma, a ALM é responsável pelo monitoramento e por ações de gerenciamento deste recurso hídrico. (CORADI *et al.*, 2009).

Uma ferramenta que vem sendo muito empregada para se analisar simultaneamente diversos parâmetros de qualidade da água é a Análise de Agrupamentos - AA. (FERNANDES *et al.*, 2010). Esta é uma técnica multivariada que se utiliza da



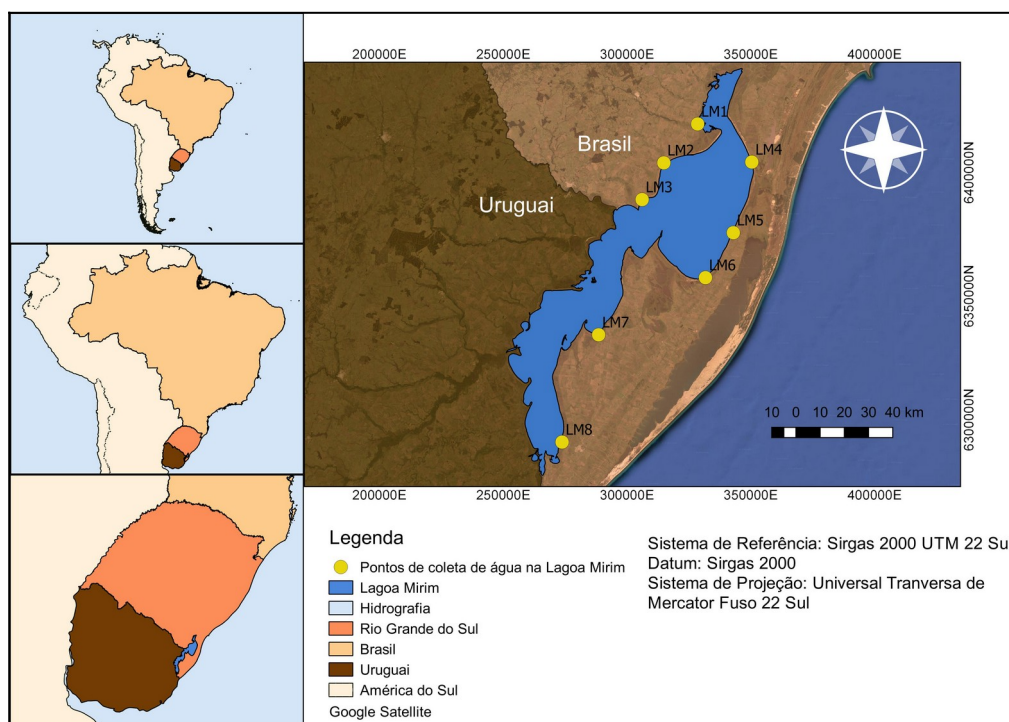
similaridade entre indivíduos para classificá-los hierarquicamente em grupos distintos, mais ou menos homogêneos. (HAIR *et al.*, 2009). Sendo assim, a AA tem como principal finalidade agrupar variáveis ou objetos que apresentam características comuns dentro do grupo, deste modo, haverá homogeneidade entre estas variáveis e heterogeneidade entre os agrupamentos formados. (VICINI *et al.*, 2018). Os agrupamentos são formados por uma métrica quantitativa e apresentaram alta homogeneidade interna (heterogeneidade externa), ou seja, os elementos de um determinado conjunto devem ser mutuamente similares e preferencialmente muito diferentes dos elementos de outros grupos formados. (LINDEN, 2009). Existem várias medidas para determinar a similaridade ou a dissimilaridade entre um conjunto de elementos. As medidas mais apropriadas para variáveis quantitativas, são as de dissimilaridade. (MINGOTI, 2005). Quanto menor os valores, mais similares serão os elementos que estão sendo comparados. Dentro deste contexto, este estudo objetivou analisar a similaridade entre as variáveis de qualidade da água da Lagoa Mirim, através da análise de agrupamentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Lagoa Mirim ocupa uma área de 3994 km<sup>2</sup>, dos quais um terço está localizado no território uruguaio e dois terços em território brasileiro (Figura 1). Sendo localizada nas coordenadas geográficas 31°30' a 34°35' de latitude Sul e 53°31' a 55°15' de longitude Oeste. (CORADI *et al.*, 2009). A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

**Figura 1** - Mapa de localização da área em estudo.



Fonte: Elaborada pelos autores.



Cabe destacar que a Lagoa Mirim abastece 17 municípios da metade Sul do Rio Grande do Sul: Chuí, Santa Vitória, Rio Grande, Pelotas, Capão do Leão, Arroio Grande, Jaguarão, Herval, Pedro Osório, Piratini, Cerrito, Morro Redondo, Canguçu, Pinheiro Machado, Candiota, Hulha Negra e Bagé. (CORADI *et al.*, 2009).

O principal uso das águas da Lagoa Mirim consiste nas extrações diretas para a irrigação das lavouras de arroz, tanto em território brasileiro, quanto uruguaio, além disso estas águas também são utilizadas para dessedentação animal, bem como para atividades industriais e consumo humano. (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

## 2.2. OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados limnológicos de qualidade da água foram obtidos junto ao site da Agência de Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim (ALM), que atua como instituição voltada para o desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim do lado brasileiro. Na Lagoa Mirim são coletados mensalmente oito pontos ao longo de toda a sua extensão e de alguns de seus afluentes. Os dados empregados neste estudo são decorrentes de 10 campanhas amostrais compreendidas no ano de 2017, sendo que as variáveis de qualidade da água utilizadas foram: pH, Temperatura da Água (TH<sub>2</sub>O), Condutividade Elétrica (CE), Turbidez (TH), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Consumido (OC) em meio ácido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Totais (ST) e Coliformes Termotolerantes (CT). Os métodos analíticos, bem como a preservação das amostras seguem os procedimentos definidos pelo *Standard Methods*. (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, 1998). A localização amostral dos pontos pode ser observada na Figura 1 e as coordenadas dos pontos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Localização dos pontos amostrais da Lagoa Mirim do ano de 2017.

Identificação do ponto amostral		Coordenadas geográficas	
		Latitude	Longitude
LM1	Praia Pontal	32°20'05,2" S	052°49'21,5" O
LM2	Fazenda Bretanha	32°29'14,0" S	052°58'14,9" O
LM3	Fazenda São Francisco	32°38'25,6" S	053°08'56,8" O
LM4	Capilha	32°29'23" S	052°35'33" O
LM5	Curral Alto	32°44'47,41" S	52°40'35,99" O
LM6	Vila Anselmi	32°54'31" S	052°48'08" O
LM7	Salso	33°06'34" S	053°16'06" O
LM8	Porto Santa Vitória	33°29'51" S	053°26'09" O

Fonte: Elaborada pelos autores.

Cabe destacar que estes pontos amostrais foram separados em dois períodos. No primeiro período foram utilizados os dados de janeiro a junho e no segundo período de julho a dezembro do ano de 2017. Os dados foram obtidos diretamente do site da Agência da Lagoa Mirim, na aba banco de dados, qualidade das águas da Lagoa Mirim. (PELOTAS, 2018).



### 2.3. ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS (AA)/CLUSTER

A técnica de AA interliga as amostras por suas associações, produzindo um dendrograma onde as amostras semelhantes, segundo as variáveis escolhidas, são agrupadas entre si. (CENTENO *et al.*, 2016; HAIR *et al.*, 2009). Para o agrupamento das variáveis se empregou a Distância Euclidiana - DE. A DE é uma medida de dissimilaridade e baseia-se na perda de informação à medida em que os agrupamentos dos indivíduos apresentam maiores valores de distância. Deste modo, à medida em que os valores da DE aumentam, aumenta a dissimilaridade entre os grupos formados. (MINGOTI, 2005). A DE é obtida através da soma dos quadrados dos desvios das observações individuais. (BERTOSSI *et al.*, 2013).

Em seguida adotou-se o método de Ward's, também conhecido como método da mínima variância, que mede a distância entre dois agrupamentos formados onde a soma entre dois pontos é elevada ao quadrado, para assim encontrar a ligação dos agrupamentos formados. É importante ressaltar que o método de Ward's é quem define a quantidade de grupos formados, podendo ser modificado apenas o corte no dendrograma. (CENTENO *et al.*, 2016). O dendrograma é um tipo específico de diagrama ou representação icônica que organiza determinados fatores e variáveis. (HAIR *et al.*, 2009). Destaca-se ainda que neste estudo o corte foi definido com base na interpretação visual dos pesquisadores, levando em consideração a homogeneidade e coerência no interior dos grupos formados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de agrupamentos permitiu separar as variáveis de qualidade de água monitoradas na Lagoa Mirim em grupos homogêneos. Foram gerados dendrogramas indicativos desses grupos para os períodos 1 e 2. A Figura 2 apresenta o dendrograma obtido para a campanha de período 1 através das concentrações das variáveis de qualidade de água encontradas na Lagoa Mirim.

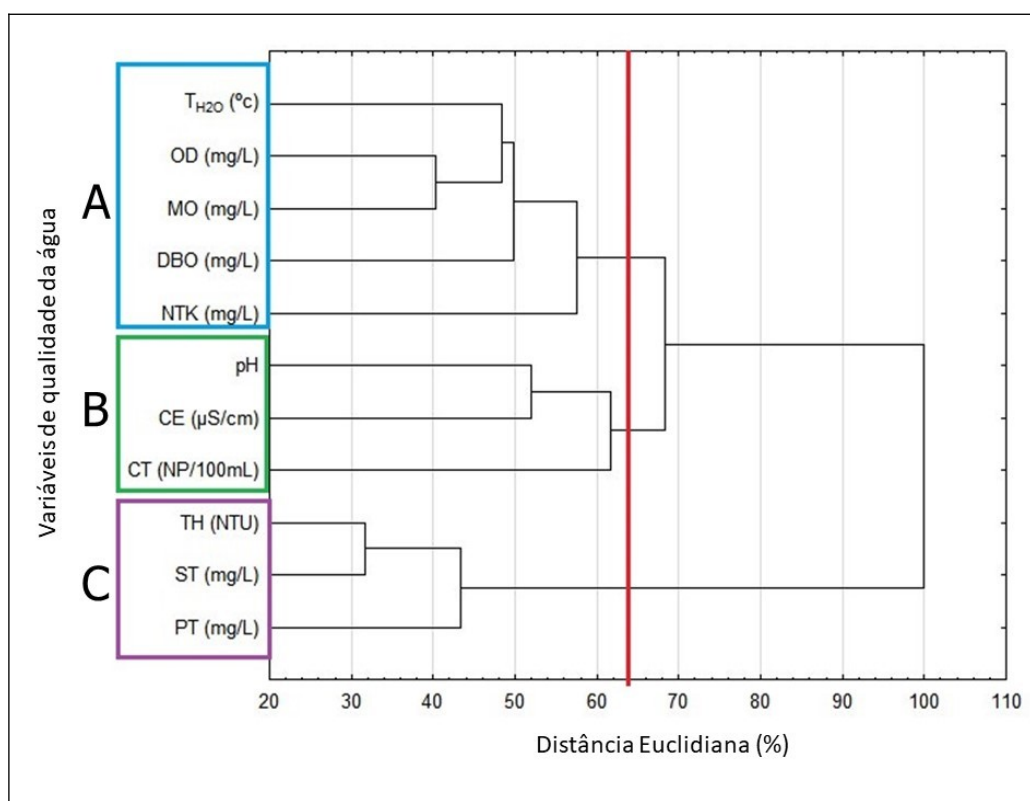
O corte realizado no dendrograma da Figura 2 foi em 65%, que representa a Distância Euclidiana (em porcentagem), ou seja, a distância encontrada nos 3 grupos formados, a saber: A, B e C. O grupo A é composto pelos seguintes parâmetros TH<sub>2</sub>O, OD, MO, DBO e o NTK, o grupo B é composto pelos parâmetros pH, CE e CT e o grupo C pelos parâmetros TH, ST e PT.

O dendrograma obtido para a campanha de período 1, referente aos meses de janeiro a junho de 2017 (Figura 2), indicou a formação de três grupos homogêneos. Salienta-se que a DE é uma medida de dissimilaridade e que quanto maiores são seus valores, maior será a heterogeneidade entre os agrupamentos formados. (MINGOTI, 2005; VICINI *et al.*, 2018).

O grupo A possui como uma das variáveis de qualidade de água o OD, que é um parâmetro chave nos corpos hídricos, pois para a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, promovendo durante este processo uma elevação na temperatura da água, decorrente do aumento das taxas de reações químicas e biológicas.



**Figura 2** - Dendrograma obtido por meio de análise de agrupamento das variáveis de qualidade de água na Lagoa Mirim durante a campanha de período 1.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Encontra-se neste grupo também a MO que está presente nos corpos d'água e nos esgotos, sendo uma das causadoras da poluição das águas, atrelado a este, a DBO, que é o parâmetro que retrata de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água. Por fim, tem-se o NTK, medido em miligramas por litro ( $\text{mg L}^{-1}$ ), que é a soma do nitrogênio orgânico com o nitrogênio em forma amoniacal. Ele é a forma predominante do nitrogênio nos esgotos domésticos brutos e daí sua importância como parâmetro químico de qualidade das águas. (SPERLING, 2005).

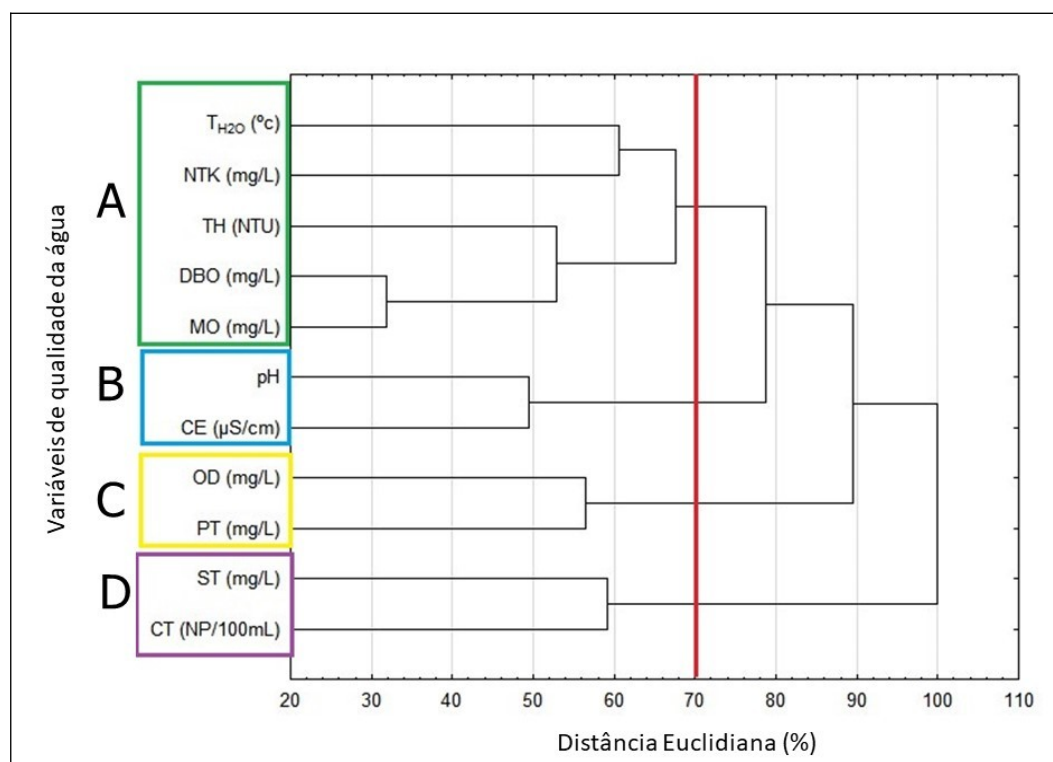
O nitrogênio é um dos nutrientes que quando presentes nos corpos d'água, favorecem a proliferação de algas e a mortandade de peixes. As variáveis agrupadas em A indicam que este grupo possivelmente esteja relacionado a despejos domésticos (SPERLING, 2007). Por conseguinte, o grupo B que contém pH, CE, CT, pode ser derivado de poluição difusa, causado por fertilizantes orgânicos oriundos de áreas agrícolas, bem como decorrente das fezes de animais. Por fim, o grupo C contém TH, ST e PT, pode estar relacionado a fatores naturais como por exemplo a erosão do solo e dissolução de rochas e sedimentação dos leitos dos rios. (SPERLING, 2005).

Destaca-se que, dentro do grupo A, há um subgrupo 1 formado pelas variáveis DBO e MO; um subgrupo 2 formado pelo subgrupo 1 e pela TH e o subgrupo 3 formado pelas variáveis TH<sub>2</sub>O e NTK. O primeiro subgrupo apresenta uma DE menor, sendo assim, apresenta maior homogeneidade dentro do grupo A, em seguida o subgrupo 2 é mais similar que o subgrupo 3, mas os três subgrupos apresentam maior similaridade que os grupos B, C e D. A mesma lógica ocorre no período 2.



Segundo Vicini *et al.* (2018), os grupos com maior distância de ligação e maior altura serão os mais dissimilares, embora os grupos apresentem diferentes valores uns dos outros, não há como informar qual é o mais significativo, pois a AA analisa exclusivamente o grau de semelhança entre os agrupamentos formados. Na Figura 3 está apresentado o dendrograma obtido para a campanha de período 2.

**Figura 3** – Dendrograma obtido por meio de análise de agrupamento das variáveis de qualidade de água na Lagoa Mirim durante a campanha de período 2.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O corte feito em 70% mostra a formação dos quatro grupos de qualidade da água da Lagoa Mirim. O dendrograma obtido para a campanha de período 2 (Figura 3) indicou a formação de quatro grupos homogêneos, sendo que o grupo A mostra os parâmetros de qualidade de água TH<sub>2</sub>O, DBO, NTK, TH, MO; neste observa-se que o OD presente no período 1, no período 2 foi substituído pela TH, sendo que os demais parâmetros permaneceram os mesmos, podendo assim ser um indicativo de que a fonte de poluição atrelada a este grupo continuam sendo os despejos domésticos. (HELLER; PÁDUA, 2009).

O grupo B, é similar ao mesmo grupo no período 1, com exceção do CT que não se encontra presente no período 2, porém é possível inferir que o grupo B no período 2 também sofre a influência da fonte de poluição originada pelas dissoluções de rochas. (SPERLING, 2007).

Já o grupo C possui os parâmetros de qualidade de água OD e PT, possivelmente relacionados com as poluições causadas por atividades agrícolas, bem como por despejos industriais. (HELLER; PÁDUA, 2009). Por fim, o grupo D apresenta os



parâmetros ST e CT que podem estar relacionados com as atividades pecuárias e utilização de fertilizantes orgânicos. (SPERLING, 2005).

Ao analisarmos os dois períodos pode-se perceber que no período 1 foram formados três grupos característicos, no segundo período foram formados quatro grupos característicos da Lagoa Mirim. Sendo que a diferença na formação dos grupos nos dois períodos estudados, refere-se a variância dos dados identificada pela AA nos períodos analisados. Esta variância nos dados, pode ter relação com a mudança sazonal da Lagoa Mirim, bem como ter relação com o uso e ocupação da terra nos arredores dos pontos coletados. Contudo, para de fato afirmar estas hipóteses é necessário a realização de estudos de variabilidade espaço-temporal nesta área.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o método de agrupamentos se mostrou adequado para identificar as variáveis de qualidade da água com maiores similaridades durante os períodos estudados. Através dos diferentes agrupamentos, foi possível inferir sobre as possíveis fontes de poluição da Lagoa Mirim. Recomenda-se por meio deste estudo preliminar, que sejam realizados estudos que contemplem a análise da dependência espacial entre as variáveis de qualidade da água e o uso e ocupação da terra na Lagoa Mirim.

#### 5. REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association. APHA/AWWA/WEF, 1998.

BARBOSA, Alexandre; MAUAD, Frederico; MAIA, James; ALBERTIN, Liliane. Uso de geotecnologias para análise espacial da qualidade da água no reservatório de Barra Bonita - SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, n.2, p.141-149, 2008.

BASSO, Emerson Ribeiro; CARVALHO, Sérgio Luis de. Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira (SP). **Holos Environment**, v.7, n.1, p.16, 31 dez. 1969.

BERTOSSI, Ana Paula Almeida; MENEZES, João Paulo Cunha de; CECÍLIO, Roberto Avelino; GARCIA, Giovanni de Oliveira; NEVES, Mirna Aparecida. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.5, p.2025, 17 out. 2013.

BILGIN, Ayla. Evaluation of surface water quality by using Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) method and discriminant analysis method: a case study coruh river basin. **Environmental Monitoring And Assessment**, v.190, n.9, p.1-11, 28 ago. 2018.

BRASIL. Constituição (2005). Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. **Condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**, v.1, n.92, p.1-9, 2005.

BRASIL. Constituição (2005). Dou nº 357, de 17 de março de 2005. **Classificação dos Corpos de água e Diretrizes Ambientais**, s.53, p.58-63, 2005.





CENTENO, Luana Nunes; CECCONELLO, Samanta Tolentino; GUEDES, Hugo Alexandre Soares; LEANDRO, Diuliana; MORAES, Philippe. Monitoramento da qualidade da água do arroio São Lourenço/RS. **Revista de Ciência e Inovação**, v.1, n.2, p.67-80, 23 dez. 2016.

CORADI, Paulo Carteri, RAMIREZ Orlando Pereira, FIA Ronaldo, MATOS de Antonio Teixeira. Qualidade da água superficial da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim. **Ciências Ambientais**, Canoas, v.53, n.1, p.53-64, 2009.

CUNHA, Raquel W.; GARCIA JUNIOR, Manoel D. N.; ALBERTONI, Edélti F.; PALMA-SILVA, Cleber. Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.770-779, jul. 2013.

FERNANDES, Francisco Bergson Parente; ANDRADE, Eunice Maia de; FONTENELE, Sávio de Brito; MEIRELES, Ana Célia Maia; RIBEIRO, José Alberto. Análise de agrupamento como suporte à gestão qualitativa da água subterrânea no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.4, n.2, p.86, 30 dez. 2010.

GHANI, Wan Mohd Hafezul Wan Abdul; KUTTY, Ahmad Abas; MAHAZAR, Mohd Akmal; AL-SHAMI, Salman Abdo; HAMID, Suhaila Ab. Performance of biotic indices in comparison to chemical-based Water Quality Index (WQI) in evaluating the water quality of urban river. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.190, n.5, p.296-310, 19 abr. 2018.

HAIR JR., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2009.

LINDEN, Ricardo. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da Fsm**, Rio de Janeiro, v.4, n.1, p.18-36, 2009.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

OLIVEIRA, de Heline Alves, FERNANDES, Elisa Helena Leão, MÖLLER JR, Osmar Olinto, COLLARES, Gilberto Loguercio. Processos Hidrológicos e Hidrodinâmicos da Lagoa Mirim. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.20, n.1, p.34-45, mar. 2011.

PELOTAS. Agência da Lagoa Mirim. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Banco de Dados**: qualidade das águas da Lagoa Mirim. 2018. Disponível em: [https://wp.ufpel.edu.br/alm/?page\\_id=960](https://wp.ufpel.edu.br/alm/?page_id=960). Acesso em: 22 fev. 2018.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar; RIBEIRO, Hebe Morganne Campos; MORALES, Gundisalvo Piratoba; GONÇALVES, Wanderson Gonçalves e. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v.12, n.3, p.435, 2 maio 2017.



SALIH, Rodhan Abdullah; GHDHBAN, Idan; WAHID AbdulRazaq Khader. Evaluation of several Water Treatment Plants in Kirkuk Governorate using the Water Quality Index. **Tikrit Journal of Engineering Sciences**, v.25, n.1, p.49-59, 1 mar. 2018.

SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

VICINI, Lorena; SOUZA, Adriano Mendonça; MORALES, Fidel Ernesto Castro; SOUZA, Francisca Mendonça. **Técnicas Multivariadas Exploratórias**: teorias e aplicações no software Statistica®. Santa Maria: UFSM, 2018.

Submetido em: **04/12/2018**

Aceito em: **10/08/2020**