

Análise de similaridade entre variáveis limnológicas pertencentes ao Rio Santa Rosa

Analysis of the similarity between the limnological variables in the Santa Rosa River

• **Data de entrada:**
17/07/2019


• **Data de aprovação:**
01/02/2022


Bruno da Silva Teixeira¹ | Samanta Tolentino Cecconello^{1*} | Luana Nunes Centeno²

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.010>

ORCID ID

Teixeira BS  <https://orcid.org/0000-0003-0939-9452>

Cecconello ST  <https://orcid.org/0000-0001-5903-6241>

Centeno LN  <https://orcid.org/0000-0001-9398-9863>

Resumo

Apesar dos esforços e avanços alcançados ao longo dos anos, o Brasil, como outros países, ainda sofre com a poluição de seus recursos hídricos por ações antropogênicas. Este estudo almejou comparar os valores dos parâmetros de qualidade da água entre diferentes períodos com os estabelecidos pela legislação vigente e analisar a similaridade entre as variáveis limnológicas estabelecidas ao longo do Rio Santa Rosa, localizado na Bacia hidrográfica Turvo- Santa Rosa - Santo Cristo. Foram utilizados os parâmetros: Alumínio; Cloreto; Coliformes Termotolerantes; Condutividade elétrica; Demanda Bioquímica de Oxigênio; Demanda Química de Oxigênio; Ferro; Fósforo Total; Manganês; Nitrato; Nitrito; Nitrogênio Total Kjeldahl; Oxigênio Dissolvido; Sólidos Totais; Temperatura da água; Turbidez e Zinco, de cinco pontos do Rio Santa Rosa entre os anos de 2005 a 2011. Esses dados foram submetidos a uma análise estatística descritiva contendo média, mínimo, máximo e coeficiente de variação. Também foi utilizada a análise de agrupamentos (AA), na qual foi possível inferir sobre as possíveis fontes de poluição e com o auxílio da resolução CONAMA nº 357/2005, verificar padrões fora da normalidade. Por meio deste estudo, notou-se que os valores dos parâmetros analisados apresentaram-se fora do recomendado pela legislação ao longo dos anos e que os agrupamentos sofrem influências de fontes antropogênicas. Concluiu-se que o uso da análise de agrupamentos possibilitou inferir sobre as possíveis fontes de contaminação do Rio Santa Rosa e com isso auxiliar nas tomadas de decisões e no planejamento ambiental da região.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Análise de Agrupamento. Qualidade da água.

Abstract

Despite the efforts and advances made over the years, Brazil and other countries still suffer from the pollution of their water resources due to anthropogenic actions. This study aims to trace a comparison between the values of the water quality parameters of distinct seasonal periods and the ones established by the national safety guidelines, and to analyze the similarity of these water quality parameters that were collected over the extent of The Santa Rosa River, which is located in the Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo Watershed. In this study the following parameters were utilized: Aluminum, Chloride, Thermotolerant Coliforms, Electrical Conductivity, Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Iron, Total Phosphorus, Manganese, Nitrate, Nitrite, Kjeldahl Total Nitrogen,

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - Pelotas - Rio Grande do Sul - Brasil.

² Universidade Federal de Pelotas - Pelotas - Rio Grande do Sul - Brasil.

* **Autora correspondente:** samantacecconello@ifsul.edu.br.

Dissolved Oxygen, Total Solids, Water Temperature, Turbidity and Zinc. These were sampled at five different points of the Santa Rosa River from 2005 to 2011. These data were submitted to a descriptive statistical analysis, which encompasses the average, minimum, maximum and coefficient of variation. A hierarchical cluster analysis was also used to infer the potential sources that could influence the analyzed parameters. With the aid of CONAMA resolution 357, it was possible to determine which of the studied parameters were outside of the safety range for human interaction. The results of this study show that the values of several parameters were too high for the standards set by legislation. The Clusters formed by the software suggest that the groups of parameters are being influenced by anthropogenic sources and climatic variations of the region. It was concluded that using hierarchical cluster analysis made it possible to infer the probable sources of pollution of the Santa River with the aim to assist in the decision making and environmental planning of the region.

Keywords: Water resources. Hierarchical Cluster Analysis. Water Quality.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água de um corpo hídrico é função das ações antrópicas e das mudanças nos processos naturais do recurso hídrico, sejam elas temporais, espaciais ou climáticas (OGWUELEKA, 2015). Nesse contexto, as ações antrópicas podem ser entendidas como todas as atividades que exploram os recursos hídricos e que de alguma forma modificam a qualidade e ou a quantidade das águas, entre elas a urbanização, as atividades agropecuárias e a captação de água para consumo humano (SINGH et al., 2015). Essas atividades afetam a capacidade de autodepuração dos corpos hídricos por meio das descargas de efluente e lixiviação de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio (VAROL et al., 2013).

Nesse contexto, a autodepuração pode ser entendida como um processo natural, no qual o ambiente aquático, com ferramentas naturais, neutraliza as cargas orgânicas lançadas no mesmo. A autodepuração busca restabelecer o equilíbrio do meio aquático, ou seja, retornar ao estágio inicial, onde o meio aquático apresentava as características antes do lançamento de cargas poluidoras como despejos de esgotos domésticos (ANDRADE, 2010). Os impactos gerados pela disposição de efluentes em águas são inúmeros (MEDHI, et al., 2017; BRION, et al., 2015). Seus

reflexos podem ser sentidos como, por exemplo, na economia local, pois eles aumentam o custo do tratamento de água, os custos com despesas hospitalares (devido a um número maior de internações de pacientes), perda na produtividade agropecuária, perda no atrativo turístico e na pesca da região (WELLS, et al., 2014).

Sendo assim, faz-se necessário realizar um monitoramento constante nos recursos hídricos visando à sua preservação. Para tanto, informações sobre as concentrações das variáveis limnológicas são de extrema relevância para identificar o estado atual do recurso hídrico (AMORIM et al., 2014). No território nacional, a classificação e o enquadramento dos corpos d'água são determinados pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005, que dispõe das condições e os padrões de lançamento de efluentes, dentre outras providências (BRASIL, 2005). Todavia, para realização de um monitoramento adequado dos recursos hídricos se fazem necessárias análises físico-químicas e biológicas contínuas e ferramentas estatísticas capazes de analisar simultaneamente um conjunto de variáveis limnológicas (KUBALA, 2017).

Dentre as ferramentas multivariadas empregadas para essa finalidade têm-se a Análise Hierárquica de Agrupamentos, também conhecida como Análise de Agrupamentos (AA) (TZIRITIS et al., 2016;

HAJIGHOLIZADEH et al., 2017; YI et al., 2015). A Análise de Agrupamentos é uma técnica que objetiva reduzir o número de casos ou observações classificando-os em grupos homogêneos (YIM et al., 2015). Sendo assim, a aplicação da AA pode auxiliar na interpretação de complexos dados matriciais de variáveis limnológicas, e assim facilitar o entendimento sobre a qualidade da água de um dado manancial (SIMENOV et al., 2003).

Para melhor entender como a Análise de Agrupamentos funciona, deve-se utilizar a analogia de uma gaveta onde há diversos itens para serem organizados em seus locais específicos. O processo de adicionar os itens em seu lugar se assemelha à Análise de Agrupamentos, já que é provável que os itens sejam agrupados de acordo com o seu tipo ou funcionalidade. Essa organização deve seguir um critério, que faz esses itens serem similares entre si ou não (LEONARD, 2008).

O método de agrupamento hierárquico (AA) geralmente coloca os elementos em agrupamentos com base nas semelhanças entre os elementos (TAN, 2019). Os métodos mais conhecidos são: a ligação simples, a ligação completa e a ligação média. Um método mais complexo, porém mais preciso, é o método de Ward. Esse método foi desenvolvido para classificação de usuários e criação de novos grupos de usuários (ESZERGÁR-KISS; CAESAR, 2017).

O método de agrupamento hierárquico pode ser aglomerativo ou divisivo. O método aglomerativo coleta elementos em grupos (clusters), enquanto os métodos divisivos separam os elementos sucessivamente em grupos (TAN, 2019). O método de Ward's é aglomerativo, portanto ele consiste basicamente em considerar cada elemento como independente. Em seguida, é calculada a Distância Euclidiana entre dois elementos (dois parâmetros de qualidade da água, por exemplo). Posteriormente, esses elementos são agrupados de acordo com essa distância. De acordo com

Madhulatha (2012), quanto mais próximo de zero for a distância Euclidiana, mais similares serão os objetos comparados. Esses passos são repetidos até que reste somente um grupo. Os grupos são determinados de forma a se obter homogeneidade dentro deles e heterogeneidade entre eles (VICINI et al., 2018). Uma vez que um cluster é criado como resultado de uma etapa, os elementos do novo cluster não podem ser separados novamente (TAN, 2019).

O método Ward's é um método conservador, monótono e cria aproximadamente os mesmos grandes grupos, mas é sensível a outliers (ESZERGÁR-KISS; CAESAR, 2017). De acordo com Eszergár-Kiss e Caesar (2017), o método Ward's é considerado o mais robusto porque é o único dos métodos hierárquicos que, além de analisar a homogeneidade dos agrupamentos criados, leva em consideração a heterogeneidade desses agrupamentos em relação aos outros.

Frente ao exposto, este estudo objetivou comparar os valores dos parâmetros de qualidade da água entre os diferentes períodos com os estabelecidos pela legislação vigente e analisar a similaridade entre variáveis limnológicas estabelecidas ao longo do Rio Santa Rosa, localizado na Bacia hidrográfica Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O Rio Santa Rosa, objeto deste estudo, está localizado no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas de latitude 27°07' a 28° 11' Sul e longitude 53° 27' a 55° 20' Oeste. É um contribuinte do Rio Uruguai e faz parte da Bacia Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo, também denominada Bacia Hidrográfica U030. Essa Bacia Hidrográfica abastece cerca de 50 municípios, sendo que, destes, 10 municípios possuem sede

ou alguma área na sub-bacia do Rio Santa Rosa incluindo: Novo Machado, Tucunduva, Tuparendi, Santa Rosa, Três de Maio, Independência e Giruá (DRH, 2012; MMA, 2006).

Tendo como referência a grande extensão territorial da sub-bacia Santa Rosa e das diferentes atividades de uso e ocupação do solo da região, como as atividades de agricultura (feijão, trigo, soja e aveia), diversos impactos e demandas

podem ocasionar efeitos na qualidade da água. Dentre essas atividades inclui-se a suinocultura, considerada uma atividade de alto impacto aos mananciais. Cabe destacar que, nesta região, utilizam-se dejetos oriundos de animais como fertilizantes na agricultura, o que também representa um potencial poluidor não só do Rio Santa Rosa, mas também do Aquífero Fraturado Serra Geral (FEPAM, 2018). Na Fig. 1, está apresentada a área de estudo no Rio Santa Rosa.

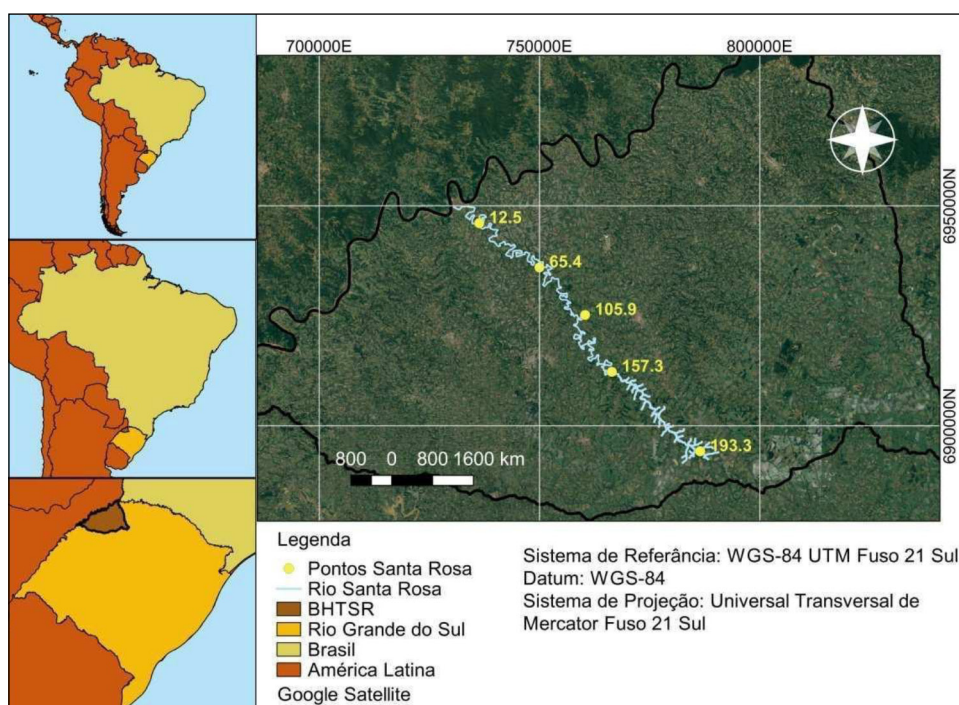


Figura 1 - Mapa da área de estudo do Rio Santa Rosa.

2.2 Obtenção das variáveis limnológicas

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). No Rio Santa Rosa, a FEPAM realizou o monitoramento e a análise de parâmetros limnológicos, com uma frequência semestral, no período de 2005 a 2011, compreendendo diferentes períodos pluviais da região em questão. Com isso, a implementação da Análise de Agrupamento foi

realizada nos dados das variáveis limnológicas pertencentes ao Rio Santa Rosa, dividindo a série temporal em dois períodos. O período 1 compreende os meses de janeiro a junho e o período 2 representa os meses de julho a dezembro dos anos de 2005 a 2011.

A amostragem foi realizada em cinco pontos distintos, englobando várias regiões do Rio Santa Rosa, pois, de acordo com Chang (2014), é sabida a dificuldade de verificar a poluição hídrica em

sistemas dinâmicos apenas com análises temporais. Os pontos amostrais utilizados neste estudo podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento do Rio Santa Rosa

Ponto	Localização	
	Latitude	Longitude
SR 105.9	54° 21' 29.2" S	27° 46' 21.4" O
SR 193.3	54° 05' 9.3" S	28° 2' 47.6" O
SR 157.3	54° 17' 37.3" S	27° 53' 16.3" O
SR 65.4	54° 27' 55.8" S	27° 40' 37.6" O
SR 12.5	54° 36' 20.9" S	27° 35' 19.9" O

Os parâmetros limnológicos coletados pela FE-PAM e utilizados neste estudo são: Alumínio - Al (mg.L^{-1}); Cloreto - Cl- (mg.L^{-1}); Coliformes termotolerantes - CT (NMP-100 ml); Condutividade elétrica- CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ($\text{DBO}_5\cdot\text{L}^{-1}$); Demanda Química de Oxigênio - DQO ($\text{DQO}\cdot\text{L}^{-1}$); Ferro - Fe (mg.L^{-1}); Fósforo Total- PT (mg.L^{-1}); Manganês - Mn (mg.L^{-1}); Nitrato - NO_3^- (mg.L^{-1}); Nitrito - NO_2^- (mg.L^{-1}); Nitrogênio Total Kjeldahl - NTK (mg.L^{-1}); Oxigênio Dissolvido - OD (mg.L^{-1}); pH (unidade de pH); Sólidos Totais - ST (mg.L^{-1}); Temperatura da água - TH2O ($^\circ\text{C}$); Turbidez - TH (NTU) e Zinco - Zn (mg.L^{-1}).

2.3 Análise de agrupamentos

Primeiramente, os dados compilados foram submetidos a uma análise estatística clássica que considerou os parâmetros estatísticos: média, mínimo, máximo e coeficiente de variação, com o intuito de promover uma análise exploratória dos dados. Foram obtidos dados pluviométricos da estação pluviométrica 2754009, localizada no Rio Santa Rosa. Esses dados estão disponibilizados na plataforma Hidroweb da Agência Nacional das Águas (ANA, 2019) para a série temporal 2005 a 2011.

Para realizar a análise de agrupamentos, foi utilizado o método de Ward's como método de ligação, e para medir a similaridade entre as variáveis, utilizou-se a distância Euclidiana (LIBERTI et al., 2014). Geralmente, ao utilizar as técnicas de agrupamentos hierárquicos deseja-se que o método de ligação produza grupos mais heterogêneos possíveis entre si, sendo que dentro desses grupos o desejado passa ser uma maior similaridade (MINGOTI, 2013). De acordo com Murtagh (2014), o método de Ward's ou método de mínima variância é interessante uma vez que procura formar agrupamentos dentro de um espaço euclidiano multivariado.

A distância Euclidiana utilizada neste trabalho tem o intuito de comparar dois elementos amostrais, de acordo com Mingoti (2013). Quanto menor o valor da distância Euclidiana, conseqüentemente, maior será a similaridade dos elementos comparados. Cabe destacar que o ponto de corte foi definido a critério dos autores conforme sugerido por Hair et al. (2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Pluviosidade média para a região do Rio Santa Rosa entre os anos de 2005 a 2011

Após a realização da compilação dos dados de pluviosidade da região estudada, foi possível verificar a precipitação média anual para a região do Rio Santa Rosa, conforme pode ser verificado na Fig. 2.

A precipitação média anual para a região estudada variou entre 115mm a 170mm. A Fig. 3 demonstra a média da pluviosidade semestral para a série temporal de 2005 a 2011.

Observa-se que no período 1 houve uma precipitação média de 127mm e no segundo período de 147mm.

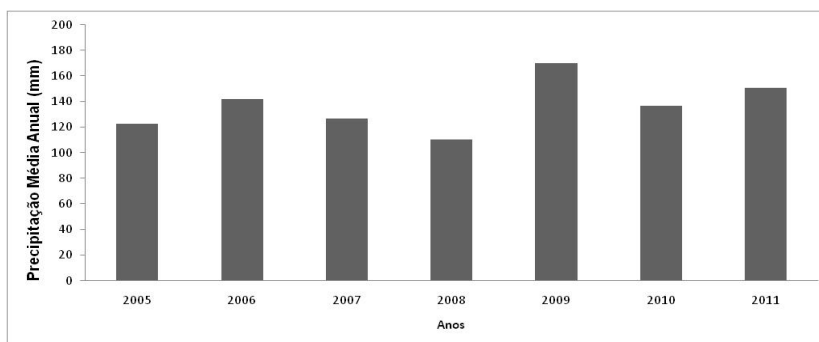


Figura 2 - Pluviosidade média anual para a região do Rio Santa Rosa entre os anos de 2005 a 2011.

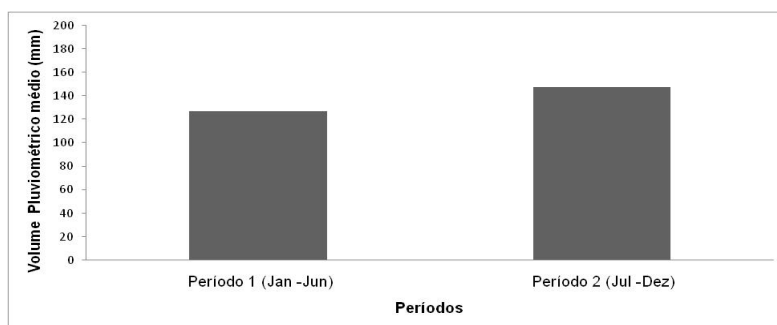


Figura 3 – Média pluviométrica para os períodos 1 e 2.

3.2 Estatística descritiva

3.2.1 Período 1 (Jan - Jun)

A estatística descritiva dos dados pertencentes às variáveis de qualidade da água do Rio Santa Rosa do período 1 encontram-se dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Estatística descritiva para os dados da qualidade da água do Rio Santa Rosa compreendendo o Período 1.

Variáveis	Unidades	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)
Al	mg.L ⁻¹	0,61	0,0572	2,89	131,617
CT	NMP-100 ml	3343,87	20	24000	171,024
Mn	mg.L ⁻¹	0,062	0,008	0,29	124,495
NO ₂ ⁻	mg.L ⁻¹	0,058	0,01	0,88	351,533
NO ₃ ⁻	mg.L ⁻¹	1,237	0,11	16	274,556
DBO	mg.L ⁻¹	1,4	1	5	64,475
CL	mg.L ⁻¹	2,162	0,2	6,1	83,850
DQO	mg.L ⁻¹	9,505	1,26	27	65,790
PT	mg.L ⁻¹	0,078	0,01	0,34	105,608
NTK	mg.L ⁻¹	0,979	0,5	3,74	89,885
Fe	mg.L ⁻¹	1,270	0,01	6,03	86,355
Zn	mg.L ⁻¹	0,125	0	0,803	189,546
TH	NTU	17,262	8	59	57,224
OD	mg.L ⁻¹	7,537	4,8	9,8	17,789
CE	μS cm ⁻¹	56,107	1	150,5	54,982
ST	mg.L ⁻¹	74,379	41	133	33,564
pH	-	7,326	6,3	8,24	6,481
TEMP H ₂ O	°C	22,553	1	28	28,121

Al – Alumínio; CT – Coliformes termotolerantes; Mn – Manganês; NO₂⁻ – Nitrito; NO₃⁻ – Nitrito; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; Cl – Cloreto; DQO – Demanda química de oxigênio; PT – Fósforo total; NTK – Nitrogênio total Kjeldahl; Fe – Ferro; Zn – Zinco; TH – Turbidez; OD – Oxigênio dissolvido; CDE – Condutividade elétrica; ST – Sólidos totais; pH; TEMP H₂O - Temperatura da água.

Com relação aos valores médios das variáveis limnológicas: CL 2,16mg.L⁻¹; CE 56, 10 μS cm⁻¹; ST 74,37mg.L⁻¹; pH 7,32; TEMP H₂O 22,55 °C; NTK 0,97mg.L⁻¹; DQO 9,5mg.L⁻¹; Zn 0,12mg.L⁻¹; TH 17,26 NTU; OD 7,53mg.L⁻¹, encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005. Entretanto, as variáveis NO₃⁻; CT; Al; PT e Fe apresentaram-se fora dos padrões recomendados pela norma vigente.

Para o parâmetro NO₃⁻, seu valor máximo foi de 16mg.L⁻¹, o qual excede os limites recomendados (10mg/L⁻¹) pela CONAMA nº 357/2005. No entanto, foi constatado que o valor médio do NO₃⁻ (1,23mg.L⁻¹) está dentro das recomendações dos órgãos ambientais, ou seja, essa discrepância não ocorreu em todo o período analisado.

Já o parâmetro CT possui uma média elevada (3343,875 NMP – 100ml), a qual ultrapassa os parâmetros recomendados (1000 NMP – 100ml) na legislação, sendo seu valor máximo (24000 NMP – 100ml) do período 1 foi encontrado no ponto SR 105,9 o qual é localizado praticamente na região central do Rio Santa Rosa, e perto de manchas urbanas consideráveis como o município de Santa Rosa. O atributo CT pode ser considerado de grande preocupação, pois, pelos dados disponibilizados pelo comitê da bacia do Turvo, sabe-se que atividades de recreação são praticadas na região, o que coloca pessoas em perigo devido à alta concentração deste parâmetro. A variável limnológica Al apresentou uma média alta (0,61mg.L⁻¹), fora dos padrões recomendados (0,1mg.L⁻¹) pela CONAMA nº 357/2005, sendo seu valor máximo (2.89mg.L⁻¹) para o período 1 encontrado no ponto SR 193.3, este ponto sendo localizado próximo a jusante do Rio Santa Rosa, nas proximidades do município de Giruá.

De acordo com estudos conduzidos por Panhwar et al. (2015), o Al pode ser considerado como um metal tóxico não essencial à vida humana, sendo

encontrado em lodos de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). O ser humano está geralmente exposto a várias quantidades de alumínio, e sua ingestão pode estar associada a problemas de funcionamento do sistema nervoso, sendo um problema também para pessoas com problemas renais.

A variável PT apresentou um valor médio (0,078mg.L⁻¹) relativamente elevado, sendo considerado fora do recomendado (0,05mg.L⁻¹) para os corpos hídricos classe II, e o valor máximo encontrado (0,34mg.L⁻¹) para o ponto SR 65.4. De acordo com o mapeamento de uso e ocupação da terra proposto pelo comitê de bacia da região estudada, essa área pode ser considerada como de atividades agrícolas irrigadas, perenes e anuais. As concentrações médias de Fe (1,27mg.L⁻¹) para esse período quando comparadas às da legislação, estão muito acima das concentrações permitidas (Fe - 0,3mg.L⁻¹), e seu valor máximo (Fe - 6,03mg.L⁻¹) pode ser considerado fora da legislação.

Segundo Vega et al. (1998), é importante notar a alta dispersão das variáveis limnológicas (CT 171,024%; Mn 124,495%; NO₂- 3513,533%; NO- 274,556%; DBO 64,475%; CL 83,850%; DQO 65,790%; PT 105,608%; NTK 89,885%; Fe 86,355%; Zn 189,546%; TH 57,224%; CE 54,982%). Considerando a metodologia de Wilding e Dress (1983), essas variáveis indicam grande variabilidade durante a série temporal estudada, as quais podem apontar a presença de pontos poluidores dispersos ao longo do corpo hídrico Santa Rosa, e também pela influência de diversos fatores climatológicos como, por exemplo, a precipitação. De acordo com essa metodologia, os atributos (OD 17,789%; ST 33,564%; TEMP H₂O 28,121%) apresentaram média dispersão e a variável pH apresentou (6,481%) baixa dispersão.

3.2.2 Período 2 (Jul - Dez)

Os resultados da estatística descritiva para os dados referentes à qualidade da água para o período 2 podem ser encontrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Estatística descritiva do Período 2 do Rio Santa Rosa

Variáveis	Unidades	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)
Al	mg.L ⁻¹	2,025	0,121	7,43	125,791
Cl	mg.L ⁻¹	2,034	0,5	4,7	50,336
CT	NMP-100 ml	3334,6	74,2	50000	290,614
Mn	mg.L ⁻¹	0,088	0,01	0,73	175,466
NTK	mg.L ⁻¹	0,592	0,05	1,33	46,609
DBO	mg.L ⁻¹	1,485	1	7	89,655
Zn	mg.L ⁻¹	0,124	0	0,38	88,865
NO ₃ ⁻	mg.L ⁻¹	1,11	0,06	6	111,636
TH	NTU	59,506	9	661	200,191
PT	mg.L ⁻¹	0,049	0,01	0,142	74,872
DQO	mg.L ⁻¹	10,346	5	28	60,880
TEMP H ₂ O	°C	17,75	13	23,3	15,007
CE	µS cm ⁻¹	51,693	19,8	74,7	29,004
pH	-	7,226	6,7	7,8	3,536
ST	mg.L ⁻¹	81	40	133	31,467
Fe	mg.L ⁻¹	2,460	0,406	7,87	96,070
OD	mg.L ⁻¹	7,564	4,8	11,2	24,003
NO ₂ ⁻	mg.L ⁻¹	0,016	0,01	0,05	79,464

Al – Alumínio; Cl – Cloreto; CT – Coliformes termotolerantes; Mn – Manganês; NTK – Nitrogênio total Kjeldahl; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; Zn – Zinco; NO₃⁻ – Nitrato; TH – Turbidez; PT – Fósforo total; DQO – Demanda química de oxigênio; TEMP H₂O – Temperatura da água; CE – Condutividade elétrica; pH; ST – Sólidos totais; Fe – Ferro; OD – Oxigênio dissolvido; NO₂⁻ – Nitrito.

Para o período 2, foi constatado que as variáveis (OD 7,564mg.L⁻¹; CE 51,693µS cm⁻¹; pH 7,226; Cl 2,034mg.L⁻¹; Mn 0,088mg.L⁻¹; NTK 0,592mg.L⁻¹; DBO 1,485mg.L⁻¹; Zn 0,124mg.L⁻¹; NO₃⁻ 1,11mg.L⁻¹; TH 59,506 NTU; PT 0,049mg.L⁻¹) possuem seus valores médios dentro dos limites estipulados pela CONAMA no 357/2005.

No entanto, algumas dessas variáveis citadas anteriormente (OD 4,80mg.L⁻¹; Mn 0,73mg.L⁻¹; DBO 7mg.L⁻¹; Zn 0,38mg.L⁻¹; NO₃⁻ 6mg.L⁻¹; TH 661 NTU; PT 0,14mg.L⁻¹) apresentaram seus valores máximos fora das recomendações da legislação ambiental. No caso do OD, seu valor mínimo ficou abaixo do esperado. Os valores médios para as variáveis (Al 025mg.L⁻¹; CT 3334,6 NMP-100 ml) estavam fora dos padrões, sendo que seus valores máximos (Al 7,43mg.L⁻¹; CT 5000 NMP-100 ml) também estavam em desacordo com a legislação vigente. Os valores de CT e Mn foram registrados em pontos próximos e em momentos de baixa

pluviometria média para os meses de julho a dezembro (Fig. 3).

O valor de DBO foi registrado em uma área onde há uma possível ocorrência de atividades agropecuárias. O maior valor encontrado para a TH, para o período 2, foi registrado em maior precipitação, o que pode explicar a turbidez tão elevada neste momento. Para o atributo NO₃⁻ seu maior valor foi encontrado no ponto SR 193.3, que é o último ponto a jusante do Rio Santa Rosa, o que pode corroborar a ideia da poluição oriunda de fontes diversas e esparsas do ponto em questão.

Os valores dos coeficientes de variação (CVs) encontrados para as variáveis (Al 125,791%; Cl 50,336%; CT 290,614%; Mn 175,466%; TH₂O 0,191%; DQO 60,880%; NTK 46,609%; DBO 89,655%; Zn 88,865%; NO₃⁻ 111,636%; PT 74,872%; Fe 96,070%; NO₂⁻ 79,464%) podem ser considerados de alta dispersão. Já as variáveis

(TEMP H₂O 15,007%; CE 29,004%; ST 31,467%; OD 24,003%) são consideradas de média dispersão, e a variável pH 3,536% de baixa dispersão.

Deste modo, o período 1 demonstrou possuir um número menor de variáveis, infringindo os valores permitidos pela norma, com exceção do CT, que apresentou em ambos os períodos média e valor máximo que ultrapassaram os valores normativos. A diferença entre as médias pluviométricas pode parecer insignificante quando analisada, mas o período mais intenso de chuvas parece influenciar de maneira negativa as variáveis limnológicas do Rio Santa Rosa.

É esperado que a qualidade da água se apresente em piores condições em períodos com baixa pluviosidade devido à concentração dos poluentes, mas, como identificado nos valores estudados, as

variáveis tendem a ser superiores a seus limites máximos com maior regularidade no período 2, o que apresenta uma taxa pluviométrica relativamente maior do que o período 1. Xiau et al. (2016), em seus estudos sobre a qualidade da água e sua relação com padrões de modificação dos solos e diferenças sazonais, na cidade de Huzhou na China, acharam resultados parecidos e os atribuíram a poluições difusas como agricultura e pecuária.

3.3 Análise de Agrupamentos

3.3.1 Período 1 (Jan - Jun)

O dendrograma do período 1 pode ser visualizado na Fig. 4. Neste, o ponto de corte foi estabelecido em 40%, pois a partir deste ocorre uma maior heterogeneidade entre os grupos formados.

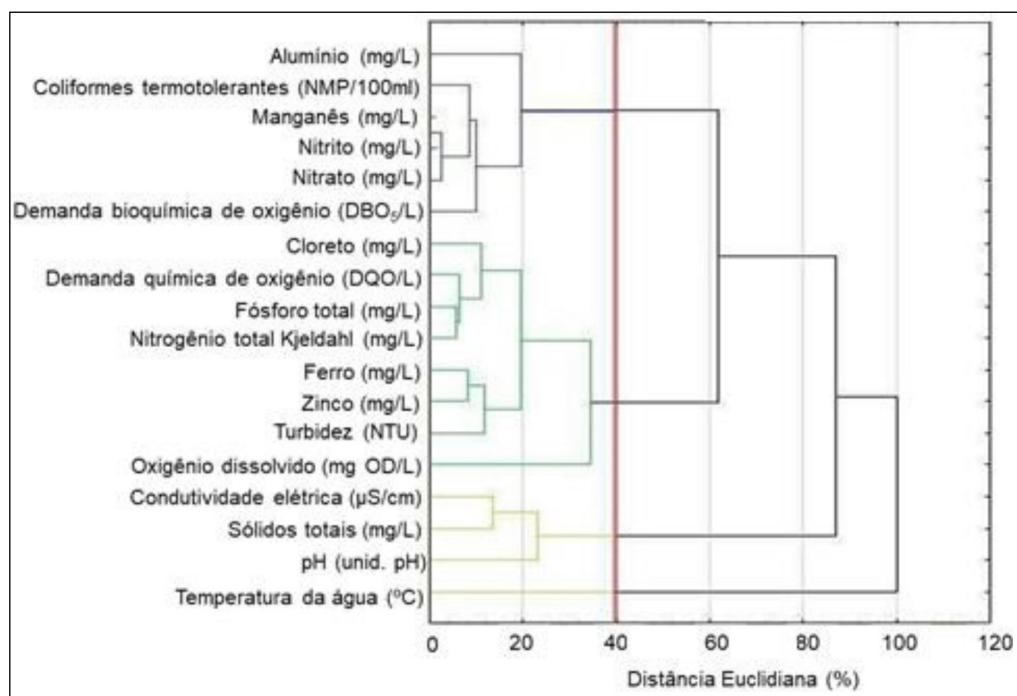


Figura 4 - Análise de Agrupamentos obtida para o período 1 para a qualidade da água do Rio Santa Rosa.

Observam-se na Fig. 4 quatro grupos homogêneos formados pela AA, sendo que o grupo 1 é formado pelas variáveis: Al, CT, Mn, NO₂⁻ e DBO₅; o

grupo 2 por: CL, DQO, PT, NTK, Fe, Zn, TH e OD; o grupo 3 contém o CE, pH, ST e, o grupo 4 é composto apenas pela variável TEMP H₂O.

No grupo 1, os atributos NO_2^- e NO_3^- apresentam uma grande proximidade, sendo ambos relacionados com indícios de poluição recente. Eles formam uma proximidade com a variável CT. Essa relação pode ter origem em atividades como os despejos de efluentes domésticos, que contêm amônia oriunda da excreta humana ou também da decomposição de material orgânico contendo compostos nitrogenados. Já o NO_2^- pode ser o resultado da redução do NO_3^- (VEGA et al., 1998). A presença do CT reafirma que essa fonte de poluição pode estar sendo originária de material fecal (DOUAGUI et al., 2012). Já o Al pode ser oriundo de sais de alumínio ou de cloreto de polialumínio, os quais são utilizados para o tratamento de água nas Estações de Tratamento de Água para a coagulação química (TAOUIL et al., 2014).

O grupo 2 é o maior encontrado para o período 1, sendo que as variáveis limnológicas que apresentaram a maior proximidade entre si foram o NTK e PT, junto com a variável DQO. Estas possivelmente estão ligadas às práticas agrícolas, uma vez que nos arredores da Sub-bacia Santa Rosa se pratica o plantio de diversos cereais, sendo esta a terceira maior sub-bacia da bacia Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo, em consumo hídrico (131,2 L/s) destinado para atividades agrícolas (SHRESTHA et al., 2011). As variáveis Fe, Zn e TH apresentam uma grande proximidade observada, pois, de acordo com Nazir et al. (2015), quando os solos estão expostos, as concentrações desses parâmetros podem aumentar, pois eles podem ser oriundos de fontes geológicas, o que pode explicar a proximidade com a TH sendo que pelas chuvas esse material pode ir parar nos leitos dos rios, tornando o meio mais turbido. O autor supracitado alerta que altas concentrações desses atributos podem ser tóxicas, interferindo nas funções biológicas dos organismos.

Por fim, no grupo 3 verificou-se uma proximidade elevada entre as variáveis CE e ST. Essas variáveis por si apresentaram uma distância considerada

média com o pH. De acordo com estudos realizados por Singh (2004), essas influências podem ter origem também na influência de arraste de material para o rio durante o período de chuvas, o que influencia na relação entre sólidos totais e condutividade elétrica, que mantém uma proximidade com o pH, pois com a dissolução desses materiais na água ocorre a variação desse parâmetro ao longo do período estudado. O quarto grupo observado é composto apenas da variável temperatura da água; esta apresentou-se isolada, pois a dissolução de sais é influenciada geralmente no período do verão, quando as temperaturas são mais altas.

3.3.2 Período 2 (Jul - Dez)

O dendrograma do período 2 pode ser visualizado na Fig. 5. Também optou-se por fazer o corte do dendrograma em 40%, para que haja um melhor entendimento da formação dos grupos formados.

De acordo com a Fig. 5, houve formação de 3 grupos homogêneos, observados para o segundo período. O grupo 1 é formado por Al e Cl. Esse grupo é o menor encontrado para este período. O grupo 2 apresenta as variáveis CT, Mn, NTK, DBO, Zn, NO_3^- , TH, PT, DQO e TEMP H_2O . Esse grupo é o maior observado para este período. Por fim, o grupo 3 contém o CE, pH, ST, Fe, NO_2^- e OD. O grupo 1 apresentou uma grande proximidade entre os parâmetros Al e Cl, os quais podem ter origem em fontes poluidoras, como os despejos de lodos das Estações de Tratamento de Águas ou da dissolução de rochas (TAHIR et al., 1999; RODUSHKIN et al., 1995).

Já para o grupo 2, formado pelas variáveis CT e Mn, NTK, DBO e Zn, NO_3^- , TH, PT, DQO e TEMP H_2O , pode-se notar a relação entre o CT e Mn, NTK e DBO. Essas relações podem estar conectadas pelo escoamento superficial, pelas chuvas na região. O parâmetro CT pode ser influenciado por fezes de

animais da superfície. O Mn geralmente é associado com o desgaste de rochas da região ou também como produto restante de alguns agrotóxicos, e o NTK utilizado em atividades agrossilvipastoris é influenciado pelos adubos utilizados como nutrien-

tes para plantações. Por último, a DBO complementa parte desse grupo, pois ela é indicativa de que há presença de matéria orgânica nas águas de um rio (CETESB, 2018; HODGE et al., 2016; SINGH et al., 2005; MENEZES et al., 2009).

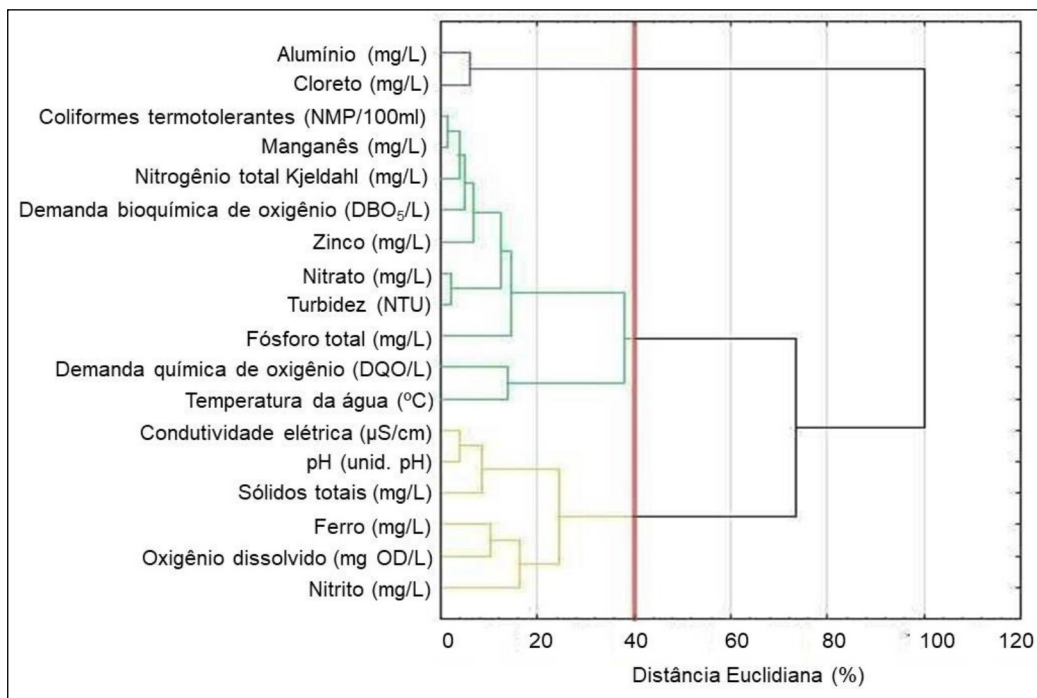


Figura 5 - Grupos de variáveis referentes ao período 2.

A proximidade verificada nas variáveis limnológicas NO_3^- , TH e PT reforça a ideia de poluição oriunda do lançamento de esgotos ou da adubação química. O carregamento dessas substâncias se intensifica com uma maior incidência de chuvas, aumentando também a turbidez do meio, pois com as chuvas, além do fósforo e do nitrogênio também há um arraste de solo. Vale salientar que a forma NO_3^- é indicativa de que a poluição não é recente, pois permitiu que o nitrogênio fosse oxidado, e para tal é necessário um tempo maior para que o manancial possa oxidar essa substância, indicando uma poluição antiga (ALRUMMAN et al., 2016).

As variáveis DQO e TEMP H_2O podem estar no mesmo grupo pois, com uma carga maior de de-

tritos lançado no corpo d'água, a DQO tende a aumentar, e de acordo com estudos realizados por Bakole et al. (2017), que verificaram que a temperatura da água pode influenciar nas concentrações de DQO, já que com temperaturas maiores da água a DQO tende a se reduzir pois há uma aceleração dos processos oxidativos.

Por fim, no grupo 3 as relações encontradas entre CE, pH e ST podem ter sua origem no lançamento de efluentes domésticos e na dissolução de rochas presentes no leito do rio. Os efluentes domésticos podem conter alta taxa de sais, o que pode alterar as propriedades do meio aquático; logo, no mesmo grupo é verificada uma proximidade entre as variáveis Fe e OD. O elemento químico Fe, na água, tende a oxidar; sendo as-

sim, exige oxigênio para sua oxidação. O nitrito apresentou proximidade com os compostos deste grupo, especialmente com o OD, pois, como mencionado anteriormente, o NO_2^- pode ser utilizado como um indicativo de fontes de poluição recente em um corpo hídrico. O nitrito, sendo uma forma reduzida, leva ao entendimento de que tais fontes estão influenciando o meio aquático há algum tempo (MORRISON et al., 2001).

Jung et al. (2016), ao avaliarem a qualidade da água do Rio Nakdong, associaram as possíveis fontes poluidoras ao descarte de efluentes de pequenas cidades e indústrias na região do rio, junto com extensas atividades agropecuárias e agrícolas. Singh et al. (2005), ao analisarem a qualidade da água no Rio Gomti na Índia utilizando a técnica AA, constataram que a mesma é válida para os possíveis questionamentos sobre as prováveis fontes poluidoras de um meio hídrico, chegando à conclusão de que o Rio Gomti estava sofrendo poluição de fontes como despejos de efluentes domésticos e escoamento de materiais da superfície. No entanto, Ding et al. (2015), ao conduzir um estudo na bacia do Rio Dongjiang no sudeste da China, encontraram resultados diferentes dos encontrados neste estudo. Os autores apontaram que as poluições urbanas possuem um maior impacto na qualidade da água do rio e que as atividades agrícolas geraram um impacto menor no rio, sendo que as variáveis limnológicas estudadas por eles se apresentaram em piores condições durante os períodos de menor precipitação na região.

3.3.3 Comparação dos grupos formado nos diferentes períodos

Os resultados da AA do período 1 (Jan - Jun) mostraram uma formação do agrupamento das variáveis aparentemente diferentes da AA do período 2 (Jul - Dez). O grupo 2 formado no período 2 apresentou 10 parâmetros agrupados, sendo o maior grupo formado na AA. Vale notar que no

período 1 foi encontrado o menor grupo sendo constituído apenas de 1 variável ($\text{TEMP H}_2\text{O}$).

No grupo 2 do período 2, a variável $\text{TEMP H}_2\text{O}$ foi agrupada com as demais. O mesmo não ocorre para o período 1, sendo observado que a mesma se apresenta isolada. No grupo 3 de ambos os períodos, notou-se que 3 variáveis (CE, ST, pH) formaram grupos iguais com proximidades iguais entre elas; no entanto, o grupo 3 do período 2 contém outras variáveis não observadas no mesmo grupo do período 1. Com isso, nota-se que há uma diferença entre os períodos analisados e que os parâmetros estudados sofrem influências da sazonalidade devido a períodos chuvosos ou falta dos mesmos.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a utilização da análise de agrupamentos (AA) pode ser considerada como uma ferramenta válida para auxiliar na tomada de decisões e na identificação de possíveis fontes poluidoras do Rio Santa Rosa. Constatou-se, portanto, que o Rio Santa Rosa sofre de poluição antropogênica, pois em ambos os períodos analisados houve variáveis que se apresentaram fora dos parâmetros da legislação ambiental. A variável Coliformes Termotolerantes apresentou valor médio e valor máximo em ambos os períodos superiores aos estabelecidos pela legislação ambiental vigente como sendo de limite seguro, o que pode ser considerado preocupante, já que essa variável pode afetar diretamente a saúde humana. A precipitação influencia no agrupamento das variáveis, pois a mesma exerce uma influência nas fontes de poluição, mudando a forma com que as variáveis se agruparam nos diferentes períodos.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água. **Revista da Biologia**, Vitória, v. 5, p.16-19, 30 dez. 2010.
- ALRUMMAN, S. A.; EL-KOTT, A. F.; KESHK, S. M. A. S.. Water Pollution: Source & Treatment. **American Journal Of Environmental Engineering**, [s.l.], v. 3, n. 6, p.88- 98, jan. 2016.
- AMORIM, D. G. et al. Ordination and evaluation of the water quality index for the creeks Rabo de Porco and Precuá, located in the Premium I Refinery area, municipality of Bacabeira (MA), Brazil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 251-259, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016131212>
- BRASIL. (2005) Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Caderno da região hidrográfica do Uruguai**. 2006. Disponível em: <<https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/696-caderno-da-regiao-hidrografica-uruguai>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- BRION, N. et al. Assessing the impacts of wastewater treatment implementation on the water quality of a small urban river over the past 40 years. **Environmental Science And Pollution Research**, [s.l.], v. 22, n. 16, p.12720-12736, 28 abr. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-015-4493-8>.
- CHANG, . et al. Modeling water quality in an urban river using hydrological factors – Data driven approaches. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 151, p.87-96, mar. 2014. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.014>.
- DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS - DRH. **Elaboração de serviço de consultoria relativo ao processo de planejamento dos usos da água na bacia hidrográfica dos rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo – enquadramento**. 2012.
- DING, J. et al. Impacts of Land Use on Surface Water Quality in a Subtropical River Basin: A Case Study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. **Water**, [s.l.], v. 7, n. 12, p.4427- 4445, 12 ago. 2015. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/w7084427>.
- ESZERGÁR-KISS, D.; CAESAR, B. Definition of user groups applying Ward's method. **Transportation Research Procedia**, [S.L.], v. 22, p. 25-34, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.004>.
- DOUAGUI, A. G. et al. Assessment of the bacteriological quality and nitrate pollution risk of Quaternary groundwater in the southern part of Abidjan District (Côte d'Ivoire). **Journal Of Hydro-environment Research**, [s.l.], v. 6, n. 3, p.227-238, set. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jher.2012.05.001>.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER – FEPAM. **Monitoramento da qualidade da água da região hidrográfica das bacias litorâneas**. Site oficial da FEPAM. 2018. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/litoranea.asp>. Acesso em: 25 set. 2018.
- HAJIGHOLIZADEH, M.; MELESSE, A. M.. Assortment and spatiotemporal analysis of surface water quality using cluster and discriminant analyses. **Catena**, [s.l.], v. 151, p.247-258, abr. 2017. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.12.018>.
- HODGE, J. et al. Assessing the Association between Thermotolerant Coliforms in Drinking Water and Diarrhea: An Analysis of Individual-Level Data from Multiple Studies. **Environmental Health Perspectives**, [s.l.], v. 124, n. 10, p.1560-1567, out. 2016. <https://doi.org/10.1289/ehp156>.
- LIBERTI, L. et al. Euclidean Distance Geometry and Applications. **Siam Review**, [s.l.], v. 56, n. 1, p.3-69, jan. 2014. Society for Industrial & Applied Mathematics (SIAM). <https://doi.org/10.1137/120875909>.
- JUNG, K. Y. et al. Evaluation of water quality for the Nakdong River watershed using multivariate analysis. **Environmental Technology & Innovation**, [s.l.], v. 5, p.67-82, abr. 2016. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2015.12.001>.
- KUBALA, M. The usefulness of cluster analysis in the analysis of data obtained in the monitoring of the water environment. **Czasopismo Techniczne**, [s.l.], n. 12, p.181-186, dez. 2017. Uniwersytet Jagielloński - Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego. <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.17.218.7761>.
- LEONARD, S. T. **The uses and benefits of cluster analysis in pharmacy research**. Elsevier Inc., [S. L.], v. 4, n. 1, p. 1-11, mar. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2007.02.001>.
- MADHULATHA, T. S. An overview on clustering methods. **Journal Of Engineering. Warangal**, p. 719-725. abr. 2012. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1205.1117>.
- MENEZES, J. M. et al. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do Rio São Domingos - RJ. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, Rio de Janeiro, v. 29, n. 4, p.687-698, dez. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000400019>.
- MINGOTI, S. A. **Análise de Dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2013. 297 p.
- MORRISON, G. et al. Assessment of the impact of point source pollution from the Keiskammahoek Sewage Treatment Plant on the Keiskamma River - pH, electrical conductivity, oxygen-demanding substance (COD) and nutrients. **Water Sa**, [s.i.], v. 27, n. 4, p.475-480, 4 out. 2001. <http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v27i4.4960>.
- MURTAGH, F.; LEGENDRE, P. Ward's Hierarchical Agglomerative Clustering Method: Which Algorithms Implement Ward's Criterion?. **Journal Of Classification**, [s.l.], v. 31, n. 3, p.274-295,

- out. 2014. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s00357-014-9161-z>.
- OGWUELEKA, T. C. Use of multivariate statistical techniques for the evaluation of temporal and spatial variations in water quality of the Kaduna River, Nigeria. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v. 187, n. 3, p.1-17, 24 fev. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-015-4354-4>.
- PANHWAR, A. H. et al. Correlation of cadmium and aluminum in blood samples of kidney disorder patients with drinking water and tobacco smoking; related health risk. **Environmental Geochemistry And Health**, [s.l.], v. 38, n. 1, p.265-274, 24 maio 2015. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9715-y>.
- RODUSHKIN, I.; MOISEENKO, T.; KUDRAVSJEVA, L.. Aluminum in the surface waters of the Kola Peninsula, Russia. **Elsevier Science Bv**, Apatity, v. 1, n. 163, p.55-59, jan. 1995. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04491-l](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04491-l).
- SHRESTHA, G. et al. River Water Quality Analysis of Hadano Basin and its Relationship with Nonpoint Sources of Pollution. **Journal Of Water And Environment Technology**, Yokohama, v. 9, n. 2, p.141-168, fev. 2011. <https://doi.org/10.2965/jwet.2011.141>.
- SINGH, K. P. et al. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. **Water Research**, [s.l.], v. 38, n. 18, p.3980-3992, nov. 2004. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>.
- SINGH, K. P.; MALIK, A.; SINHA, S. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques—a case study. **Analytica Chimica Acta**, [s.l.], v. 538, n. 1-2, p.355-374, maio 2005. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.02.006>.
- TAHIR, M. A. et al. Drinking water quality monitoring in the rural areas of Rawalpindi. In: National Workshop on Quality of Drinking Water. 1998. p. 35-39. **Anais...**
- TAN, . **Introduction to Data Mining**. 2. ed. [S. L.]: Pearson Education Limited, 2019. 864 p.
- TAOUIL, H. et al. Evaluation of métal pollution: Aluminium, Zinc, Iron and Copper of Tiykomyne well water (East Morocco). **J. Mater. Environ. Sci**, v. 5, n. 1, p. 177-182, 2014.
- TZIRITIS, E.; SKORDAS, K.; KELEPERTSIS, A. The use of hydrogeochemical analyses and multivariate statistics for the characterization of groundwater resources in a complex aquifer system. A case study in Amyros River basin, Thessaly, central Greece. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 75, n. 4, p.1-11, fev. 2016. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-5204-y>.
- VAROL, M., G., B., B., A., & Sen, B. Geochemistry of the Tigris River basin, Turkey: spatial and seasonal variations of major ion compositions and their controlling factors. **Quaternary International**, 304, 22-32. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.12.043>.
- VEGA, M. et al. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Elsevier Science Ltda.**, Great Britain, v. 32, n. 12, p.3581-3592, mar. 1998. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00138-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00138-9).
- VICINI, L. et al. **Técnicas multivariadas exploratórias: teorias e aplicações no software statistica**. Santa Maria: UFSM, 2018. 240 p. <http://dx.doi.org/10.32379/9788573913231>.
- WILDING, L. P. et al. Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concepts and Interactions. Madison: **Elsevier Science**, 1983. 302 p.
- YI, T. et al. Comparison of ten major constituents in seven types of processed tea using HPLC- DAD-MS followed by principal component and hierarchical cluster analysis. **Food Science And Technology**, [s.l.], v. 62, n. 1, p.194-201, jun. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.003>.
- YIM, O.; RAMDEEN, K. T.. Hierarchical Cluster Analysis: Comparison of Three Linkage Measures and Application to Psychological Data. **The Quantitative Methods For Psychology**, [s.l.], v. 11, n. 1, p.8-21, 1 fev. 2015. <http://dx.doi.org/10.20982/tqmp.11.1.p008>.