

Monitoramento da qualidade da água do arroio São Lourenço/RS

Water quality monitoring in São Lourenço/RS stream

Luana Nunes Centeno¹, Samanta Tolentino Ceconello²,
Hugo Alexandre Soares Guedes³, Diuliana Leandro⁴, Philippe Moraes⁵

RESUMO

Este estudo teve como objetivo reduzir o número de variáveis de qualidade da água, bem como identificar as possíveis fontes de poluição do Arroio São Lourenço/RS - Brasil. Para isso, utilizou-se dados de qualidade da água secundários, neles empregou-se a estatística multivariada através da análise de agrupamento hierárquico, na qual a medida de similaridade adotada foi a distância euclidiana. O método Ward's foi utilizado para ligação entre os grupos. Por meio da Análise de Agrupamento, foi possível retirar quatro variáveis de qualidade da água, sendo elas: TAR, CE, NTK e Cl-. Após a retirada, gerou-se um novo dendograma contendo as nove variáveis restantes, sendo elas: TH, EC, PT, pH, OD, TH2O, DBO520, ST e NH3. Identificaram-se três possíveis fontes de poluição decorrente de atividades antrópicas, sendo que o primeiro grupo foi oriundo de despejos domésticos, o segundo de despejos domésticos e agropecuários e o terceiro por resíduos de pescados. Concluiu-se, portanto, que foi possível retirar variáveis limnológicas, auxiliando na redução dos custos com o monitoramento da qualidade da água e identificar as possíveis fontes de poluição do arroio São Lourenço/RS.

Palavras-chave: Clusters, Fontes de Poluição, Recursos Hídricos.

ABSTRACT

This study aimed at reducing the number of water quality variables and identify possible sources of pollution of the São Lourenço stream – in Rio Grande do Sul, Brazil. For this we used secondary water quality data, based on multivariate statistics through hierarchical cluster analysis, in which the similarity measurement employed was Euclidean distance. Ward's method was used for attachment between groups. Through cluster analysis it was possible to remove four water quality variables which are: ART, EC, TNK and Cl-. After the withdrawal, it was generated a new dendrogram containing nine other variables, as follows: TH, CE, PT, pH, DO, TH2O, DOB520, TS and NH3. We identified three possible sources of pollution resulting from human activities, being the first group from domestic dumps, the second from domestic and agricultural sewage and the third from fish waste. Therefore, we concluded that it was possible to remove limnological variables, helping to reduce costs with water quality monitoring, and to identify possible sources of pollution of the São Lourenço/RS stream.

Keywords: Cluster Analysis, Pollution Sources, Water Resources.

1 luananunescenteno@gmail.com | Mestranda no PPG em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas

2 satolentino@gmail.com | Mestranda no PPG em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Pelotas.

3 hugo.hydro@gmail.com | Docente do PPG em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas

4 diuliana.leandro@gmail.com | Docente do Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas

5 ph.moraes@live.com | Graduando do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas

1 Introdução

O monitoramento da qualidade da água é fundamental para se ter controle do que está ocorrendo em uma bacia hidrográfica, pois este monitoramento permite entender os diferentes aspectos dinâmicos que ocorrem no ambiente natural. Sendo assim, a qualidade da água é fortemente afetada pelas atividades antrópicas existentes na bacia hidrográfica. A poluição hídrica decorrente das ações antrópicas podem tornar os mananciais impróprios para usos mais restritivos, como por exemplo, ao abastecimento de água (TUCCI; MENDES, 2005; HELLER; PÁDUA, 2010; BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010; BRAGA 2005).

Segundo Sperling (2005), a poluição pode ser entendida como a entrada de substâncias químicas, físicas e biológicas, que alteram de forma direta ou indireta a natureza dos sistemas hídricos, prejudicando os diferentes usos da água a que se destinam. Essas substâncias quando introduzidas sem o devido tratamento no ambiente aquático, sejam eles, através de fontes pontuais ou difusas, e dependendo da estrutura hidráulica do manancial em questão, podem impedir a autodepuração dos corpos hídricos e, portanto, alterar o equilíbrio e a dinâmica do manancial (SPERLING, 2007; COLLISCHONN; TASSI, 2008; TUCCI, 2012). Sendo assim, faz-se necessário o monitoramento das variáveis limnológicas de acordo com os usos pretendidos.

Porém, para se ter uma visão sistêmica do corpo hídrico é necessário analisar inúmeras variáveis que denotam a qualidade da água, e este processo torna-se complexo e necessita de altos investimentos econômicos, o que muitas vezes acaba por inviabilizar o processo principalmente em cidades com poucos recursos. Diante disso, é extremamente importante tentar reduzir o número de variáveis limnológicas empregadas em estudos ambientais, utilizando, assim, apenas variáveis essenciais para cada corpo d'água estudado, identificando as possíveis fontes de poluição decorrentes de atividades antrópicas.

A Análise de Agrupamento – AA vem sendo muito empregada em estudos de qualidade da água com a finalidade de identificar as principais fontes de poluição e reduzir o número de variáveis limnológicas.

Ao contrario da Análise de Componentes Principais – ACP, a qual exige que o número de amostras seja 10 vezes maior que o número de variáveis limnológicas, a AA não necessita. Apresentando, assim, fácil empregabilidade no monitoramento hidrológico, em que a periodicidade nas coletas muitas vezes é difícil (VICINI, 2005; CORRAR; PAULO; FILHO DIAS, 2014).

A AA tem o objetivo, segundo Mingotti (2013), de dividir as variáveis de qualidade da água envolvidas no estudo, em grupos, na qual as variáveis limnológicas pertencentes ao mesmo grupo sejam similares entre si, porém, diferentes dos demais grupos formados. Além de simplificar a interpretação dos dados de qualidade da água, a Análise de Agrupamento pode, segundo Hair *et al.* (2009) e Ferreira (2011), identificar as principais fontes de poluição, sendo possível também retirar as variáveis de qualidade da água desde que apresentem a mesma representação no grupo formado (VICINI, 2005).

Diante do exposto, este trabalho objetivou reduzir o número de variáveis monitoradas, bem como identificar as possíveis fontes de poluição do Arroio São Lourenço/RS - Brasil.

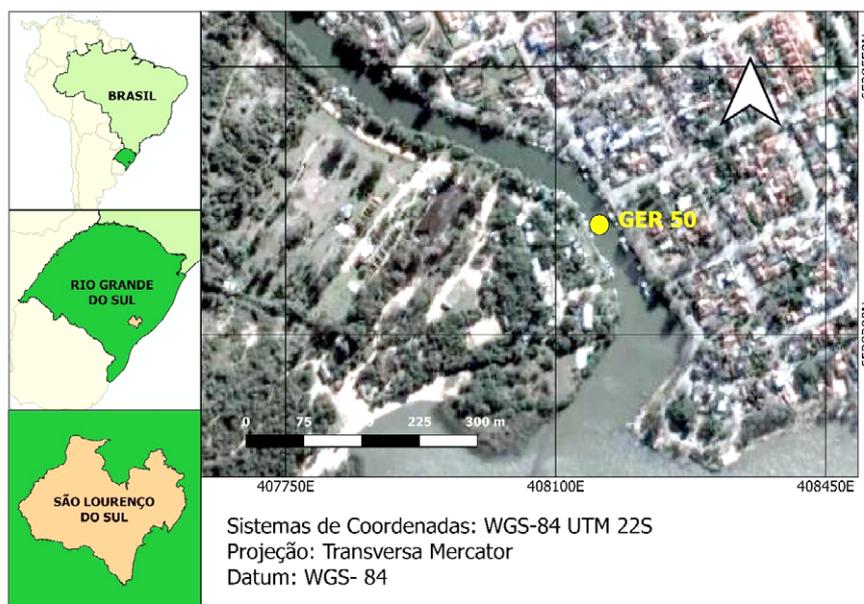
2 Material e método

2.1 Caracterização da área

O Arroio São Lourenço pertence à Bacia Camaquã, é localizado dentro da Região da Bacia Litorânea (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLE - FEPAM, 2016)

e é monitorado pelo Programa de Gerenciamento Costeiro da FEPAM (GERCO/RS). A série temporal das variáveis limnológicas empregadas neste estudo foram referentes ao ponto denominado GER 50, inserido no Arroio São Lourenço, nas coordenadas geográficas de Latitude 31°22'29.94" Sul; Longitude 51°58'1.33" Oeste (Figura 1). Foi possível observar que ao redor do ponto, encontra-se uma área densamente urbanizada, onde se situa o *Camping* Municipal, o late Clube, algumas residências e uma comunidade de pescadores artesanais. À montante do ponto estudado, encontram-se atividades agropecuárias, como criação de gado e orizicultura, dentre outros.

Figura 1: Mapa de localização do ponto GER 50



Fonte: Elaborada pelos próprios autores

O Arroio São Lourenço fornece água bruta para a Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN para abastecimento da área urbana e parte da área rural do município de São Lourenço do Sul/RS, por meio da Estação de Tratamento de Água (ETA).

2.2 Base de dados

Os dados utilizados neste estudo foram secundários, disponibilizados pela FEPAM/RS, que monitora desde 1992, a cada seis meses, a qualidade da água da região litorânea (FEPAM, 2016). Foram utilizados dados compreendidos entre o período de 2005 a 2013, totalizando 11 amostras, sendo que, a escolha dos parâmetros de qualidade da água foi realizada levando em consideração a menor percentagem de falhas amostrais, decorrentes da inexistência de dados em determinados períodos. Os parâmetros de qualidade de água analisados foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), *Escherichia coli* (EC), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Amônia (NH₃), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (TH), Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura da água (TH₂O), Temperatura do Ar (T_{AR}), Condutividade Elétrica (CE), Cloretos (Cl) e Sólidos Totais (ST).

As coletas das amostras foram realizadas pela FEPAM de acordo com a metodologia descrita pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Os métodos analíticos, bem como a preservação das amostras, seguem os procedimentos definidos por APHA (2005).

2.3 Análise Estatística

Como as variáveis envolvidas neste estudo apresentam unidades de medidas distintas, optou-se por escalonar os dados antes de iniciar a análise estatística, com o objetivo de apresentar todas as variáveis em uma só medida. Utilizou-se o *software* Statistica®, versão 7.0, para realizar todos os procedimentos estatísticos, incluindo o escalonamento dos dados.

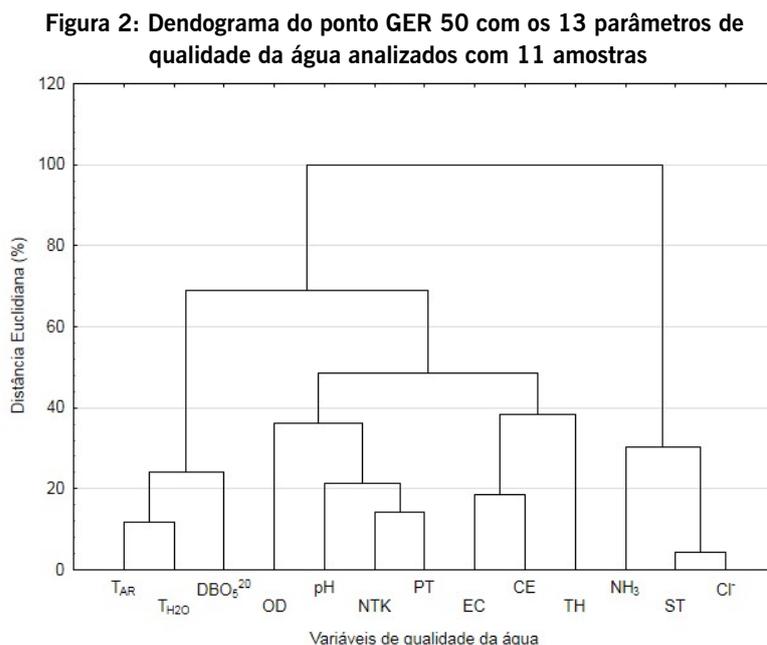
A Análise de Agrupamento - AA visa a dividir os parâmetros de qualidade da água da amostra em grupos homogêneos, sendo que, para isso, as variáveis similares devem pertencer a um mesmo grupo. Sendo assim, segundo Corrar, Paulo e Filho (2014), a AA pode permitir uma perspectiva simplificada das amostras e identificar as relações existentes em cada grupo formado (SEIDEL *et al.* 2008).

Neste estudo, optou-se por utilizar a distância Euclidiana, denominada como distância em linha reta, para medir a similaridade entre as variáveis estudadas, ou seja, medir a semelhança entre os objetos a serem agrupados (MINGOTTI, 2013). O método de ligação adotado foi o método da variância mínima ou método de Ward's; de acordo com Hair *et al.* (2009), neste procedimento a escolha de qualquer par de agrupamento é realizada através da combinação de agregados que juntos diminuem a soma interna de quadrados no conjunto completo de agrupamentos separados (HAIR *et al.*, 2009; FERREIRA, 2011; GUEDES *et al.*, 2011).

O corte do dendograma no presente estudo foi estabelecido em relação às maiores distâncias em que os grupos foram formados, porém, levando em conta a não heterogeneidade dos dados dentro de cada grupo formado e também levando em consideração o gráfico de degraus, em que é possível observar onde ocorre a maior variação de distância (VICINI, 2005; BERTOSSI *et al.*, 2008; FERREIRA, 2011; MINGOTTI, 2013; CORRAR, PAULO, FILHO DIAS, 2014).

3 Resultados e discussão

A Figura 2 apresenta o comportamento do dendograma com as 13 variáveis limnológicas monitoradas no ponto GER50.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), Escherichia coli (EC), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Amoniacal (NH_3), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (TH), Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura da água (TH_2O), Temperatura do Ar (T_{AR}), Condutividade Elétrica (CE), Cloretos (Cl) e Sólidos Totais (ST).

Segundo Vicini (2005) e Mingotti (2013), variáveis que possuem a mesma representação dentro de um dendograma gerado podem ser retiradas do estudo. Sendo assim, através do dendograma (Figura 1), observou-se que ocorreu uma similaridade entre as variáveis T_{AR} e TH_2O , CE e EC, NTK e PT e entre ST e Cl, portanto optou-se pela retirada das variáveis T_{AR} , CE, NTK e Cl.

Retirou-se T_{AR} , por ter pouca relevância em estudos ambientais, quando nestes já consta a TH_2O (SPERLING, 2007). Sendo que, a variável TH_2O pode influenciar outras variáveis de qualidade da água, pois a elevação desta variável aumenta a taxa das reações físicas, químicas e biológicas e as taxas de transferência de gases. Já a redução da mesma, diminui a solubilidade dos gases, tornando evidente a importância do monitoramento deste parâmetro (SPERLING, 2005; HELLER, PÁDUA, 2010).

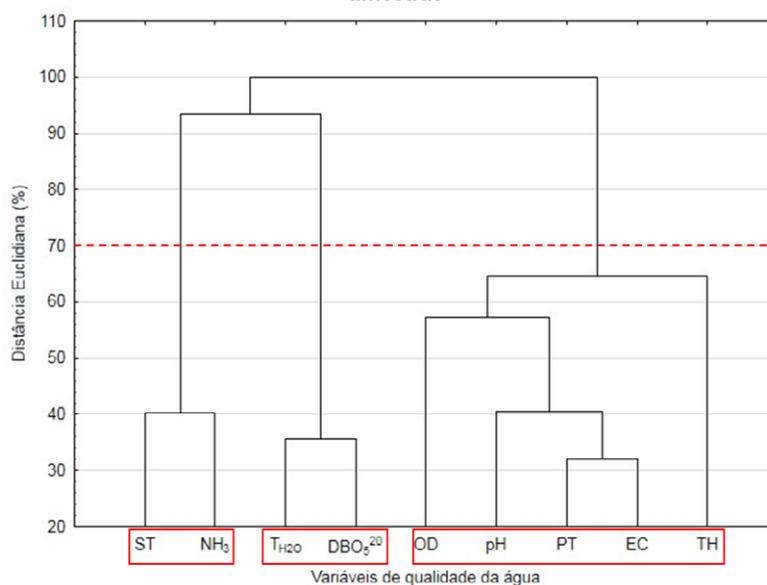
Já em relação à CE e EC, optou-se por não retirar a EC, pois a mesma é responsável pelas reações de conversão da matéria orgânica em inorgânica e, de forma direta ou indireta, através dos grupos coliformes, pode-se identificar organismos indicadores de contaminação fecal (NUVOLARI, 2003; BRAGA *et al.*, 2005).

Entre a similaridade existente nas variáveis Cl e ST, optou-se por retirar os cloretos por ser um sal e ter pouca influência neste curso d'água quando comparado à ST (SPERLING, 2005; VICINI, 2005).

Já em relação às variáveis PT e NTK, optou-se por retirar NTK, pois dentro de toda a série histórica estudada, o PT se encontrou acima dos limites permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 2, ao contrário do NTK que se manteve dentro dos limites. Além disso, o PT assim como o NTK é indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações, pode causar eutrofização do manancial, o que pode reduzir a penetração da luz e prejudicar a fotossíntese, que, por consequência, altera a estabilização da matéria orgânica (SPERLING, 2007).

O dendograma obtido após a retirada das quatro variáveis pode ser observado na Figura 3:

Figura 3 – Dendograma do ponto GER 50 com os 9 parâmetros de qualidade da água analisados em 11 amostras



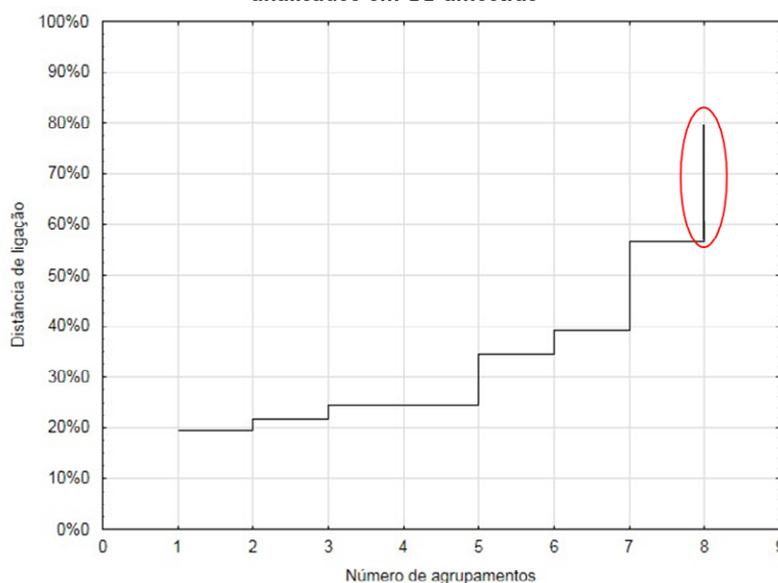
Fonte: elaborada pelos próprios autores

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), Escherichia coli (EC), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Amoniacal (NH_3), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (TH), Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura da água (TH_2O) e Sólidos Totais (ST).

Conforme sugerido por Vicini (2005), para identificar as possíveis fontes de poluição, é necessário escolher o melhor ponto de corte do dendograma. A partir da análise visual, bem como com o auxílio do gráfico de degraus, que mostra onde ocorre a maior variação de distância de ligação, é possível escolher o melhor ponto para realizar o corte no dendograma, formando grupos que melhor explicam as possíveis fontes de poluição do corpo d'água. Na Figura 3, observa-se que a maior variação da distância de ligação ocorre aproximadamente entre 57% e 80%, sendo que, a partir deste ponto ocorre o maior distanciamento da medida de similaridade para a formação dos grupos, ou seja, ocorre uma maior heterogeneidade entre os grupos formados.

Em estudos realizados por Bertossi *et al.* (2008) e Guedes *et al.* (2011), o corte do dendograma foi realizado a partir do maior distanciamento sem que ocorresse heterogeneidade dentro dos grupos formados e que através dos mesmos fosse possível explicar as fontes de poluição encontradas.

Figura 4 – Gráfico de degraus do dendogramada do ponto GER 50 com os 9 parâmetros de qualidade da água analisados em 11 amostras



Com base na avaliação visual e com a análise do gráfico de degraus, optou-se por realizar o corte no dendograma da Figura 2 em 70%.

O dendograma obtido neste estudo indicou a formação de três grupos homogêneos, como pode ser observado na Figura 2, sendo que o primeiro grupo possui como variáveis de qualidade da água: TH, EC, PT, pH e OD, o segundo apresenta as variáveis TH_2O e DBO_5^{20} e o terceiro grupo, ST e NH_3 .

Buscando-se como fonte de poluição as ações antrópicas, o grupo 1 pode ter origem nos despejos domésticos, bem como nas atividades agropecuárias oriundas à montante do ponto (SPERLING 2007; PRADO, TURETTA, ANDRADE, 2010). Já o grupo dois, sofre diretamente influência de despejos domésticos. O grupo três é característico de poluição oriunda da limpeza das embarcações dos pescadores artesanais (STEHFEST, 1974; TUCCI, MENDES, 2005; SPERLING, 2005).

Mesmo o ponto GER 50 estando localizado próximo à malha urbana, os grupos formados podem ter como fonte de poluição, causas naturais podendo estar associados: o grupo 1 à presença de microorganismos e dissolução de rochas; o grupo 2 à presença de matéria orgânica vegetal e animal e, por fim, o grupo 3 a procesos erosivos e à composição celular de microorganismos (SPERLING, 2007).

4 Conclusão

Conclui-se que através da técnica estatística multivariada, por meio da estatística multivariada em função da Análise de Agrupamento, foi possível retirar variáveis similares, contribuindo para a redução dos custos com monitoramento da qualidade da água no Arroio São Lourenço/RS. Assim como, ao retirar as variáveis, percebeu-se a formação de três grupos homogêneos de variáveis limnológicas facilitando, assim, a interpretação das possíveis fontes de poluição da água no Arroio São Lourenço.

5 Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa durante o período de realização do meu mestrado, realizado no PPG em Recursos Hídricos, e também à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler - Fepam, por disponibilizar os dados para o desenvolvimento desta pesquisa.

6 Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005.

BERTOSSI, A. P. A. et al. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 37, n. 1, p.107-117, 2013.

BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. .; SCHEUENSTUHL, M. C. B.. **Água do Brasil: análises e estratégia**. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências e Instituto de Botânica, 2010. 226 p.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia sanitária ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2005. 318 p.

BRAGA, B. et al. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015. 732 p.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R.. **Introdução a hidrologia**. Porto Alegre: IPH UFRGS, 2008. 151 p.

CORRAR, J., L.; PAULO, E.; DIAS FILHO, M. J. **Análise Multivariada: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2014. 586 p.

FERREIRA, D.F. **Estatística Multivariada**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2011. 675 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER – FEPAM. Monitoramento da Qualidade da Água da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas. Disponível em: < http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_agua_litoral.asp>. Acesso em: 20 jul. 2016.

GUEDES, H. et al. Avaliação da qualidade da água do médio rio Pomba (MG) utilizando análise de agrupamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió, 2011.

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

HELLER, L.; PÁDUA, L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. v. 1

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas: Átomo, 2010. 496 p.

MINGOTI, S. A.. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 2. ed. Minas Gerais: UFMG, 2013. 295 p.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. 520p.

PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. **Manejo e conservação do solo e da água: no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 491 p.

SEIDEL, E. J. et al. Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Revista Ciência e Natura**, v. 30, n. 01, p. 7-15, 2008.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. 588 p. (Coleção Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.7).

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 2005. v. 1.

STEHFEST, N. **Modelltheoretische Untersuchungen zur Selbstreinigung von Fließgewässern**. Karlsruhe: Institut für Angewandte Systemtechnik und Reaktorphysik, 1973. 106 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A.. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: Mma, 2006. 302 p.

VICINI, L. **Análise Multivariada da Teoria à Prática**. Santa Maria: Biblioteca Central da UFMS, 2005. 215 p.