



IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS FONTES DE POLUIÇÃO DO RIO JAGUARÃO - RS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E ANÁLISE FATORIAL

Luana Nunes Centeno – luananunescenteno@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos.
Rua Benjamin Constant, 989 – Porto
96010-020 – Pelotas – Rio Grande do Sul

Samanta Tolentino Ceconello – satolentino@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais.

Hugo Alexandre Soares Guedes – hugo.hydro@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas, Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos.

Robson Andreazza – robsonandreazza@yahoo.com.br

Universidade Federal de Pelotas, Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais.

Diuliana Leandro – diuliana.leandro@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas, Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Resumo: A qualidade da água está intimamente ligada aos usos a que se destina, sendo de fundamental importância o monitoramento qualitativo dos corpos hídricos. Diante disto, o objetivo deste estudo foi utilizar a estatística multivariada através da técnica de análise de componentes principais/ análise fatorial para identificar as possíveis fontes de poluição existente no Rio Jaguarão, RS. Utilizaram-se dados secundários de qualidade da água superficial de um ponto no Rio Jaguarão, monitorados e disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM/RS), no período entre 2005 a 2013. As variáveis qualitativas utilizadas foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), Coliformes Termotolerantes (CT), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (TH), Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura da água (TH_2O) e Sólidos Torais (ST). A ACP/AF gerou duas CPs principais que explicaram 100% da variância total dos dados. Considerando as atividades antrópicas, a CP_1 está relacionada a efluentes industriais, atividades agropecuárias e erosão hídrica, já a CP_2 está associada a efluentes domésticos. Este estudo permitiu concluir que a ACP/AF são importantes ferramentas para a identificação das possíveis fontes de poluição existentes nos mananciais.

Palavras-chave: Manancial, Fontes de Poluição e Estatística Multivariada.



IDENTIFICATION OF POSSIBLE JAGUARÃO - RS RIVER POLLUTION SOURCES THROUGH THE MAIN COMPONENTS ANALYSIS AND ANALYSIS FACTOR

Abstract: *The water quality is closely linked to the uses for which it is, is of fundamental importance the qualitative monitoring of water bodies. In view of this, the objective of this study was to use multivariate statistics through the principal component analysis /factorial analysis to identify possible sources of existing pollution in River Jaguarão, RS. They used secondary data quality of surface water from one point in River Jaguarão, monitored and made available by the State Foundation of Environmental Protection Henrique Luis Roessler (FEPAM/RS), in the period between 2005 to 2013. The qualitative variables were used: Biochemistry Oxygen Demand (BOD_5^{20}), Thermotolerant Coliforms (TC), total phosphorus (TP), Total Nitrogen Kjeldahl (TNK), Dissolved Oxygen (DO), Turbidity (TH), hydrogen potential (pH), water temperature (TH_2O) and Totais Solid (TS). PCA/FA generated two major CP_s , explained that 100% of the total variance of the data. Considering the human activities, the PC_1 is related to industrial effluents, agricultural activities and water erosion, since the PC_2 is associated with domestic sewage. This study concluded that the PCA/ FA are important tools for identifying possible existing pollution sources in the watershed.*

Keywords: *Source, Pollution and Multivariate Statistics Sources.*

1. INTRODUÇÃO

A água é considerada um bem econômico de suma importância para a sobrevivência na superfície terrestre. Porém, a qualidade destas águas sofre diversas alterações em decorrência de fatores naturais e antrópicos (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2015). Mas, de acordo com Heller e Pádua (2010), o fator primordial da degradação da qualidade da água superficial são as atividades antrópicas, principalmente por andarem em desalento à capacidade do corpo hídrico em se autodepurar. Dentre as atividades antrópicas, as que mais afetam os mananciais segundo Sperling (2007) e Stehfest (1973) são: a expansão urbana irregular, as atividades industriais e as práticas agropecuárias. Porém, a urbanização e as atividades industriais caracterizam-se por serem importantes agentes poluidores pontuais nas bacias hidrográficas (NUVOLARI, 2003; MERTEN; MINELLA, 2002). Já as práticas agrícolas constituem um dos principais agentes poluidores difusos, que enriquece os córregos, rios e lagos com nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, sedimentos e resíduos de pesticidas (SPERLING, 2005).

O monitoramento qualitativo é de fundamental importância para a qualidade da água dos corpos hídricos, pois permite o acompanhamento dos processos de uso dos mananciais, apresentando seus efeitos sobre as suas características físicas, químicas e biológicas, proporcionando ações de controle ambiental (SOUZA, 2015).

Segundo Guedes et al. (2012), o monitoramento é um dos principais pilares dos instrumentos de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, pois funciona como um detector de problemas relacionados a poluição, o que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, mostrando assim seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, buscando subsidiar as ações de controle ambiental.

As variáveis utilizadas para monitoramento da qualidade de águas dependem do uso a que o corpo hídrico se destina sendo as principais: Oxigênio Dissolvido, Turbidez, pH, Nitrogênio Total Kjeldahl, Fósforo Total, Sólidos Totais, Temperatura da Água, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Metais e Coliformes Termotolerantes (MUSTONEN et al., 2008; SILVEIRA et al., 2014;



SIMEONOV et al., 2003; VIEIRA et al., 2013). Porém, estas variáveis quando analisadas isoladamente não permite uma compreensão global do ecossistema aquático, necessitando assim de uma ferramenta capaz de analisar várias variáveis ao mesmo tempo (PELLETIER, CHAPRA, TAO, 2006).

Uma ferramenta que vem sendo muito utilizada atualmente para identificar as possíveis principais fontes de poluição é a estatística multivariada, pois analisa simultaneamente múltiplas medidas sobre indivíduos ou objetos de investigação (HAIR et al., 2009). Por meio desta ferramenta é possível também reduzir o número de variáveis, o que diminui os custos com planejamento logístico de monitoramento e análises laboratoriais, bem como identifica as possíveis fontes de poluição dos mananciais (AL-MUTAIRI; ABAHUSSAIN; EL-BATTAY, 2014; GOMES et al., 2014; YANG et, 2015). Segundo Olsen, Chappell e Loftis (2012), os métodos estatísticos multivariados podem ser empregados em dados coletados ao longo do tempo e em vários locais dentro de uma bacia hidrográfica para melhor compreender as relações entre as variáveis monitoradas.

Dentre as técnicas estatística multivariada há a Análise de Componentes Principais (ACP)/Análise Fatorial (AF), na qual objetiva-se sintetizar as informações existentes em várias variáveis originais em um grupo menor de variáveis estatísticas (denominado de fatores) com uma perda mínima de informações (HAIR et al., 2009; MINGOTI, 2013). Com isso, a estatística multivariada torna o processo de interpretação dos dados de qualidade da água menos complexos (CORRAR, PAULO, FILHO, 2014).

Diante disso, o objetivo desse estudo foi utilizar a estatística multivariada através das técnicas de Análise de Componentes Principais e Análise Fatorial para identificar as possíveis fontes de poluição existente no Rio Jaguarão, RS.

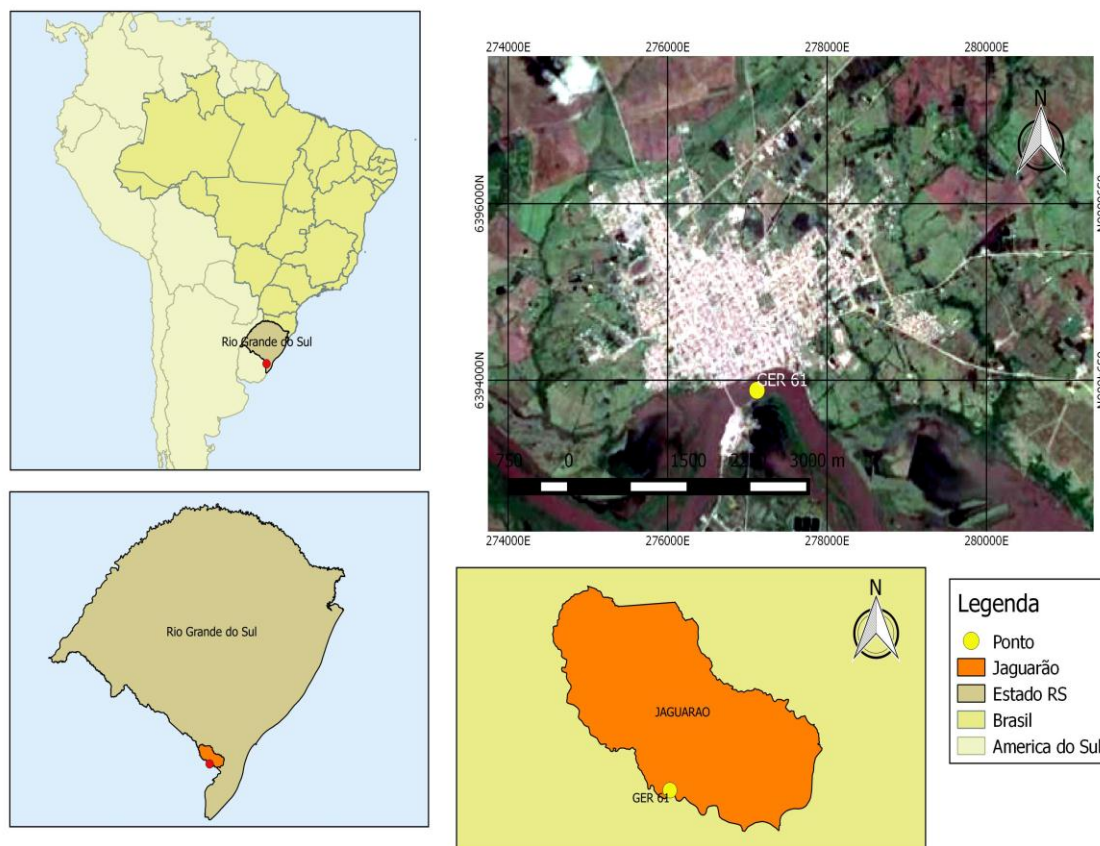
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Área de estudo

Segundo a Lei nº 10.350/1994, do Estado do Rio Grande do Sul, foi determinada a existência de três regiões hidrográficas: a região do rio Uruguai, que coincide com a bacia nacional do Uruguai, a região do Guaíba e a região do Litoral, que coincidem com a bacia nacional do Atlântico Sudeste. A Bacia Jaguarão, situada no sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, abrange o município de Jaguarão – RS.

O município de Jaguarão é contemplado pelo projeto GERCO/RS, que visa o monitoramento constante das regiões costeiras, sendo de responsabilidade da FEPAM (FEPAM 2016). Neste contexto, o local de estudo deste trabalho é o ponto amostral GER61, localizado no Rio Jaguarão (Fig.1), de coordenadas geodésicas Latitude 32°34'0.15" Sul e Longitude 53°21'0.59" Oeste. O rio Jaguarão nasce próximo à cidade gaúcha de Bagé e deságua em território uruguaio, na Lagoa Mirim.

Figura1: mapa de localização do ponto GER 61



2.2. Base de Dados

Foram utilizados neste estudo os dados de qualidade da água disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM/RS), compreendidos entre os anos de 2005 a 2013.

As coletas, preservação de amostras e análises laboratoriais de água ocorreram a cada seis meses, contemplando os períodos chuvoso e seco, seguindo a metodologia descrita por APHA (2005).

Neste estudo optou-se por realizar a análise temporal dos dados de qualidade de água entre os anos de 2005 a 2013 no Rio Jaguarão. De acordo com a FEPAM/RS, o monitoramento deste manancial é feito em apenas em um ponto (GER61), permitindo analisar os impactos existentes nas áreas adjacentes ao ponto de coleta da amostra. As variáveis qualitativas utilizadas neste estudo foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), Coliformes Termotolerantes (CT), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (TH), Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos Totais (ST) e Temperatura da Água (TH_2O).

2.3. Análises Estatísticas

A Análise de Componentes Principais (ACP)/ Análise Fatorial (AF) foram utilizadas para avaliar a relação entre as variáveis, evidenciando a participação individual dos elementos físicos,



químicos e biológicos na qualidade das águas, e também para condensar as informações contidas nas variáveis originais em novos conjuntos de dados.

Para isto criou-se uma matriz com as variáveis expressas por $X = (x_{i,j})$, em que $i = 1...n$ neste caso representado pelo período de estudo (2005 a 2013) e $j = 1...p$ variáveis de qualidade da água, sendo estas constituídas por variáveis (CORRAR, PAULO e FILHO, 2015). Antes da implementação desta matriz realizou-se a normalização dos dados, para que todas as informações qualitativas apresentassem a mesma magnitude (HAIR et al., 2009). Em seguida, transformou-se a matriz de dados originais (28x9) em uma matriz de correlações [R] (pxp), sendo que “p” corresponde as nove variáveis de qualidade da água a serem analisadas.

Através da ACP/AF foi possível transformar o conjunto original das variáveis de qualidade da água em um novo conjunto de variáveis, denominadas componentes principais (CPs), onde cada uma dessas novas CPs não apresentam correlação entre si (MINGOTI, 2013) e para apresentar um resultado satisfatório as três primeiras CPs devem explicar no mínimo 70% da variabilidade total dos dados (GUEDES et al., 2012; CORRAR, PAULO e FILHO, 2015).

Para a normalização dos dados, bem como a obtenção da matriz de correlação e da ACP, fez-se uso do software Statistica®, versão 7.0.

3. Resultados e Discussão

Através da matriz de correlação (Tabela 1), observou-se que todas as variáveis de qualidade da água do Rio Jaguarão apresentaram coeficientes de correlação acima de 0,7 com mais de duas variáveis, apresentando assim uma forte correlação entre as variáveis, pois segundo França (2009), os coeficientes de correlação superiores a 0,7 expressam uma forte relação entre variáveis.

Através da Tabela 1 constatou-se correlação muito forte e positiva entre as variáveis PT e NTK ($r = 1,00$), CT e PT ($r = 0,999$), CT e NTK ($r = 0,999$), CT e ST ($r = 0,999$), PT e ST ($r = 0,997$), NTK e ST ($r = 0,997$), PT e TH ($r = 0,979$), NTK e TH ($r = 0,979$), TH e CT ($r = 0,971$), ST e TH ($r = 0,961$) e pH e TH₂O ($r = 0,911$).

A relação muito forte e positiva existente ente os nutrientes PT e NTK se deve pincipalmente em atividades industriais e agrícolas, o mesmo ocorrendo entre as variáveis ST, PT e NTK, pois o aumento desses dois nutrientes aumenta a concentração de sólidos totais na água alterando, conseqüentemente, a sua turbidez. Já o pH e a TH₂O apresentam indícios de atividades industriais, reafirmando assim a correlação entre o NTK e o PT. Com relação a correlação existente entre os CT e o NTK e PT, há uma indicação que estejam relacionados a contaminantes de despejos domésticos, assim como atividades agropecuárias, o que conseqüentemente alteraria a turbidez da água. Ressalta-se que estas correlações poderiam ser alteradas caso houvesse um cenário de grandes intervenções naturais no corpo hídrico.

Tabela 1: Matriz de correlação das variáveis de qualidade de água do Rio Jaguarão

	CT	DBO ₅ ²⁰	PT	NTK	OD	pH	ST	T H ₂ O	TH
CT	1,000								
DBO ₅ ²⁰	0,565	1,000							
PT	0,999	0,536	1,000						
NTK	0,999	0,537	1,000	1,000					
OD	-0,736	0,143	-0,759	-0,758	1,000				
pH	-0,846	-0,918	-0,827	-0,828	0,262	1,000			
ST	0,999	0,596	0,997	0,997	-0,710	-0,866	1,000		
T H ₂ O	-0,991	-0,672	-0,985	-0,986	0,637	0,911	-0,995	1,000	
TH	0,971	0,352	0,979	0,979	-0,876	-0,695	0,961	-0,930	1,000

As correlações negativas muito fortes (Tabela 1) ocorreram entre: ST e TH₂O ($r = -0,995$), TH₂O e CT ($r = -0,991$), NTK e TH₂O ($r = -0,986$), PT e TH₂O ($r = -0,985$), TH₂O e TH ($r = -0,930$), DBO₅²⁰ e pH ($r = -0,918$), OD e TH ($r = -0,876$), pH e ST ($r = -0,866$), pH e CT ($r = -0,846$), NTK e pH ($r = -0,828$), PT e OD ($r = -0,759$), NTK e OD ($r = -0,758$), CT e OD ($r = -0,736$) e OD e ST ($r = -0,710$).

As correlações muito fortes negativas existentes entre estas variáveis indicam que a medida que aumenta a concentração de uma delas diminui a concentração da outra. Segundo Sperling (2005), a relação entre as variáveis TH₂O com NTK, PT, CT e TH estão associadas principalmente com as atividades microbiológicas existentes nos corpos d'água e, por conseguinte, à sua capacidade de se autodepurar, pois à medida que a temperatura se eleva, aumenta também a atividade microbiana, diminuindo assim a concentração destas variáveis. A relação existente entre o pH com as demais variáveis é semelhante a que ocorre com a TH₂O. A variável turbidez está fortemente relacionada ao excesso de sedimentos, e neste caso influencia o OD, pois na medida em que aumenta turbidez nos corpos d'água diminui-se a concentração de OD (MALHEIROS et al., 2012).

Segundo Hair et al. (2009) Guedes (2012), a seleção do número de componentes pode ser baseada na porcentagem acumulada da variância total sendo que esta deve estar entre 70 e 90% para proporcionar uma noção aceitável da representação da variância original. Neste trabalho, os dois fatores encontrados explicaram 100% da variância da amostra, permitindo assim identificar as variáveis de qualidade da água do Rio Jaguarão com maiores inter-relações em cada uma das componentes formadas (Tabela 2). É importante ressaltar que apenas a componente principal 1 (CP₁) seria suficiente para explicar as principais fontes de poluição, porém optou-se por trabalhar neste estudo com as duas CP_s geradas.

Tabela 2: Fatores encontrados e a explicação da variância da amostra

Fator	Autovalor	Variância Total Explicada (%)	Variância Total Acumulada (%)
1	7,51	83,47	83,47
2	1,49	16,53	100,00

Através da Tabela 3 é possível observar as variáveis mais significativas em cada fator. Isto é feito, de acordo com os elevados pesos associados a cada uma das variáveis em cada uma das componentes principais geradas.

Toledo e Nicolella (2002), avaliando a qualidade da água em microbacias em Guaíba/SP através da análise de componentes principais necessitou de três fatores para explicar 71% da variância total dos dados.

Tabela 3: Matriz de peso fatorial das variáveis da qualidade de água das duas componentes principais geradas.

Variáveis	CP ₁	CP ₂
CT	0,999	-0,049
DBO ₅ ²⁰	0,604	0,797
PT	0,997	-0,083
NTK	0,997	-0,082
OD	-0,702	0,712
pH	-0,871	-0,491
ST	1,000	-0,010
T H ₂ O	-0,996	-0,088
TH	0,959	-0,285

As variáveis foram incorporadas os fatores onde as mesmas obtiveram os maiores valores (tabela 3). A primeira componente explicou 83,47% da variabilidade total dos dados, sendo representada pelas variáveis CT, PT, NTK, pH, ST, TH₂O e TH da água, e estão associadas as variáveis indicativas de cargas de nutrientes provenientes de atividades antrópicas e por despejos industriais, principalmente representados pelo NTK, PT, TH₂O, pH e TH, e agropecuárias representadas essencialmente pelo NTK e PT, provenientes de fertilizantes inorgânicos; CT provenientes de atividades agropecuárias como, fertilizantes orgânicos e dejetos de animais que sofreram lixiviação e TH que possivelmente está associada a erosão hídrica. Porém quando associados as atividades naturais os mesmos estão ligados a dissolução de rochas e dentre outros por constituintes de proteínas e compostos biológicos (SPERLING, 2007).

Já a segunda componente explicou 16,53 % da variância total, sendo representada pelas variáveis DBO₅²⁰ e OD. Estas estão associadas principalmente a fontes pontuais de poluição como, por exemplo, despejos domésticos, mas pode ocorrer também decorrente de atividades agroindustriais (LIBÂNIO, 2010; SPERLING, 2005).

Bertossi et al., (2013) estudando a qualidade da água de uma sub-bacia hidrográfica rural no Sul do Estado do Espírito Santo, constatou que através da análise de componentes principais/análise fatorial foi possível explicar 87,53% da variância total dos dados com apenas três componentes principais (CPs).

Guedes et al. (2012), avaliaram a qualidade da água no médio Rio Pomba, através da análise fatorial/análise de componentes principais, e também necessitaram de três componentes principais para explicar 74,30% da variância total dos dados. Sendo que a CP₁ está associada a fontes de poluição decorrentes de despejos industriais, a PC₂ está relacionada a despejos domésticos e a PC₃ possui ligação com processo de erosão hídrica na bacia.

Neste estudo observou-se que as nove variáveis de qualidade da água se distribuíram em 2 componentes principais que explicaram 100% da variância total dos dados, através destas duas componentes geradas foi possível identificar as principais possíveis fontes de poluição no ponto GER61.

4. Conclusão

Com base nos resultados encontrados, conclui-se que a qualidade da água do Rio Jaguarão no ponto GER 61 pode ser representada por meio de duas componentes principais, sendo que



esta explicadas 100% da variância total. As componentes geradas quando se referindo a fonte de poluição antrópica estão relacionadas aos lançamentos de efluentes domésticos, industriais, atividades agropecuárias e a erosão hídrica; através disto é possível constatar que que a ACP/AF são importantes ferramentas para a identificação das possíveis fontes de poluição existentes nos mananciais.

Agradecimentos

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

4. Referências

AL-MUTAIRI, N.; ABAHUSSAIN, A.; EL-BATTAY, A. Spatial and temporal characterizations of water quality in Kuwait Bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 127–131, 2014. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X14002124>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

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

BERTOSSI, A. P. A; CECÍLIO, R. A; NEVES, M. A.; GARCIA, G. O. 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. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622013000100012>. Acesso em: 12 dez. 2015.

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.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER – FEPAM. **Monitoramento da Qualidade da Água da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas**. Site oficial da FEPAM. 2016. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_agua_litoral.asp. Acesso em: 01 jun. 2016.

GOMES, A. I; PIRES, J.C.M; FIGUEIREDO, S. A; BOAVENTURA, R. A.R. Optimization of River Water Quality Surveys by Multivariate Analysis of Physicochemical, Bacteriological and Ecotoxicological Data. **Water Resources Management**, v. 28, n. 5, p. 1345–1361, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11269-014-0547-9>>. Acesso em: 16 ago. 2015.

GUEDES, H. SILVA, D.D; ELESBON, A.A, A; RIBEIRO, C. B.M; MATOS, A.T; SOARES, J.H.P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 558-563, mai. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000500012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 out. 2015.



HAIR, F.J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.. **Análise multivariada de dados**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

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

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

MALHEIROS, C. H; HARDOIM, E.L; LIMA, Z.M; AMORIM, R.S.S. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola: (Campo Verde, MT, Brasil). **Revista Ambiente Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p.245-262, 05 ago. 2012. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/904/pdf_691>. Acesso em: 17 dez. 2015.

MERTEN, G.; MINELLA, J. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvol. Rural e Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33–38, 2002. Disponível em: <http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 2. ed. Minas Gerais: Ufmg, 2013. 295 p.

MUSTONEN, S. M; TISSARI, S; HUIKKO, L; KOLEHMAINEN, M; LEHTOLA, M.J; HIRVONEN, A. Evaluating online data of water quality changes in a pilot drinking water distribution system with multivariate data exploration methods. **Water Research**, v. 42, n. 10-11, p. 2421–2430, 2008. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135408000328>>. Acesso em: 03 out. 2015.

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

OLSEN, R. L.; CHAPPELL, R. W.; LOFTIS, J. C. Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis - literature review and Illinois River watershed case study. **Water Research**, v. 46, n. 9, p. 3110–3122, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2012.03.028>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

PELLETIER, G. J.; CHAPRA, S. C.; TAO, H. QUAL2Kw - A framework for modeling water quality in streams and rivers using a generic algorithm for calibration. **Environmental Modelling & Software**, v. 21, n.3. p. 419-425. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815205001489>>. Acesso em: 31 jun. de 2015.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G... **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 201. 729.

SILVEIRA, T; REGO, N.A.C; SANTOS, J.W.B; ARAÚJO, M.S.B. Qualidade da Água e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Superficiais na Definição das Fragilidades Potencial e Ambiental de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 4, p. 643–652, 2014. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/1057>>. Acesso em: 09 nov. 2015.



SIMEONOV, V.; STRATIS, J.A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, T. Assessment of the surface water quality in northern Greece. **Water Research**, v.37, p.119-124, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135403003981>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

SOUZA, M. F. **Qualidade da água do canal São Gonçalo-RS/Brasil - uma avaliação hidroquímica considerando seus usos múltiplos**. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2015.

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, v. 1, 2005. 452 p.

STEHFEST, N. **Modelltheoretische Untersuchungen zur Selbstreinigung von Fließgewässern**. Karlsruhe: Institut für Angewandte Systemtechnik und Reaktorphysik, 1973, 106 p. Disponível em: <<http://bibliothek.fzk.de/zb/kfk-berichte/KFK1654.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162002000100026&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 15 jun. 2016.

VIEIRA, J.; FONSECA, A.; VILAR, V. J.; BOAVENTURA, R. A., BOTELHO, C. M.. Water quality modelling of Lis River, Portugal. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 1, p. 508-524, jan. 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23001788>>. Acesso em: 24 de jul. 2015.

YANG, K. Multivariate statistical methods and Six-Sigma. **Journal Six Sigma and Competitive Advantage**, v.1, n. 1, p. 76-96, 2004. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/239433549_Multivariate_statistical_methods_and_Six-Sigma>. Acesso em: 22 set. 2015.