ADEQUABILIDADE DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA O ARROIO SÃO LOURENÇO, RS ATRAVÉS DE UMA TÉCNICA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

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 Cecconello – satolentino@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais.

Luís Carlos Timm - cartimm@yahoo.com.br
Universidade Federal de Pelotas, Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e no Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água.

Hugo Alexandre Soares Guedes – hugo.hydro@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas, Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos.

Resumo: *As relações qualitativas e quantitativas no corpo hídrico ocorrem de forma interativa, necessitando assim de ferramentas que auxiliem no processo de tomada de decisões. Diante disso, o objetivo desse estudo foi desenvolver um Índice de Qualidade de Água Modificado (IQA_{mod}) a partir da análise estatística multivariada e então avaliar temporalmente a qualidade da água do Arroio São Lourenço, RS. Para isso, empregou-se a ferramenta estatística multivariada através da técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Fatorial (AF). Utilizaram-se para este estudo dados secundários de qualidade da água superficial do Arroio São Lourenço, monitorados e disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM/RS), no período entre 2005 a 2013. Os Parâmetros envolvidos no estudo foram Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Termotolerantes (CT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fósforo Total (PT), Turbidez (TH), Sólidos Totais (ST) e Temperatura da Água (TH_2O). Relacionou-se o índice modificado calculado com as informações pluviométricas obtidas junto a Agência Nacional das Águas (ANA). Por meio do IQA_{mod} observou-se que com o aumento da precipitação ocorreu uma melhora na qualidade da água do arroio São Lourenço, mas este foi fortemente influenciado pelas variáveis que compuseram o índice em destaque para ST que apresentou o maior peso. Com os resultados obtidos foi possível concluir que o índice foi capaz de prever as condições do manancial superficial ao longo do tempo, reduziu custos com análises laboratoriais, bem como forneceu resultados de fácil interpretação.*

Palavras-chave: *Análise Temporal, Qualidade da Água e Corpo Hídrico.*

SUITABILITY OF A WATER QUALITY INDEX FOR STREAM SÃO LORENZO, RS THROUGH A MULTIVARIATE STATISTICAL TECHNIQUE

Abstract: *Qualitative and quantitative relationships in the water body occur interactively, thus needing tools that help in the decision making process. Thus, the aim of this study was to develop a Water Quality Index Modified (WQI_{mod}) from the multivariate statistical analysis and then evaluate temporally water quality Arroyo São Lourenço, Brazil. For this, we used a multivariate statistical tool through Principal Components Analysis (PCA) and Factor Analysis (FA). Were used for this study data side of quality of surface water Arroyo São Lourenço, monitored and made available by the State Environmental Protection Foundation Henrique Luis Roessler (FEPAM/RS), in the period between 1997 to 2013. The parameters involved in the study were Dissolved Oxygen (DO), Thermotolerant Coliforms (TC), hydrogen potential (pH), Biochemical Oxygen Demand (BDO_5^{20}), Nitrogen Total Kjeldahl (NTK), s Total Phosphoru (TP), Turbidity (TH) Total Solids (TS) and Temperature water (TH_2O). Related to the modified index calculated with the precipitation data obtained from the National Agency waters (ANA). Through WQI_{mod} it was observed that with increasing precipitation occurred an improvement in water quality of the stream St. Lawrence, but this was strongly influenced by variables that were the highlight index for ST that showed the greatest weight. With the results it was concluded that the index was able to predict the conditions of superficial wealth over time, reduced costs of laboratory tests, and provided results easy to interpret.*

Keywords: *Temporal Analysis, Water Quality and Water Body*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem causado um acentuado aumento na demanda por recursos naturais. De acordo com Bottino et al. (2010) processos como a urbanização, atividades agropecuária e industrialização, vem interferindo diretamente na disponibilidade e qualidade da água doce para o consumo humano. Blume et al. (2010) declaram que a qualidade de vida e a qualidade da água de uma população estão intimamente interligadas. Os autores acrescentam que dentre os recursos naturais, os recursos hídricos são um dos mais afetados por atividades antrópicas.

Os impactos ambientais causados nas bacias hidrográficas, normalmente são oriundas de fontes de contaminação difusa, ou seja, oriundas de várias atividades, agropecuárias como plantação de fumo, arroz, soja dentre outros que utilizam agrotóxicos, além da bovinocultura e suinocultura (SPERLING, 2005). Essas atividades contribuem para os processos de eutrofização dos corpos de águas. Já os lançamentos de esgotos domésticos e industriais nos corpos d`água caracterizam-se por serem fontes pontuais de poluição, ou seja, seu lançamento acontece sempre de forma controlada (HELLER e PÁDUA, 2010; NUVOLARI, 2003).

Segundo Sperling (2007) e Stehfest (1973) a poluição dos corpos hídricos, devido aos elevados níveis de nutrientes e de sedimentos é um problema sério, e que vem ocorrendo em escala global, pois podem causar toxicidade, proliferação de algas, deficiência de oxigênio, mortandade de peixes e perda de biodiversidade, além de afetar a qualidade de vida da população.

O estudo em uma bacia hidrográfica possibilita entender os diferentes aspectos dinâmicos que ocorrem no ambiente natural relacionando e interligando-os à ação antrópica. Estes estudos auxiliam na elaboração de planos de manejo de bacias hidrográficas, servindo de ferramenta para a gestão e o planejamento ambiental (TUCCI, 2012). As relações qualitativas e quantitativas no corpo hídrico acontecem de maneira dinâmica, sendo necessárias ferramentas que auxiliem no processo de tomada de decisões (SPERLING, 2007).

Uma dessas ferramentas integradoras desenvolvidas para identificar, prever de forma clara e precisa a qualidade da água de um manancial e auxiliar nos problemas de poluição nos corpos d'água é o Índice de Qualidade da Água (IQA). O uso do IQA permite ainda através de informações resumidas prever as condições do manancial superficial ao longo do tempo, reduz custos, tempo e fornece resultados de fácil interpretação (CUNHA et al., 2013; PINTO et al., 2009; SILVEIRA et al., 2014).O IQA foi proposto pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos no ano de 1970 e no Brasil dentre outros órgãos o IQA vem sendo usado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que adaptou o índice e o utiliza como ferramenta de monitoramento ambiental e suporte à tomada de decisão (BLUME et al., 2010).

Porém, este índice segundo Libânio (2010), pode não representar adequadamente a realidade de um corpo hídrico por apresentar pesos distintos, desenvolvidos através do método Delphi, para cada uma das variáveis que compõem o índice. Sendo assim, uma das melhores maneiras de adequar o IQA para um corpo d'água especifico é através da modificação deste índice, utilizando para isto, pesos adequados para cada variável que compõem o índice. Estes pesos podem ser obtidos através de um método estatístico multivariado denominado de Análise de Componentes Principais (ACP), pois segundo Mingoti (2013) assim que as componentes principais (CPs) forem geradas, os valores numéricos denominados de scores fatoriais são calculados para cada elemento amostral.

Diante disso, o objetivo desse estudo foi desenvolver um Índice de Qualidade de Água Modificado (IQA_{mod}) a partir da análise estatística multivariada e então avaliar temporalmente a qualidade da água do Arroio São Lourenço, RS.

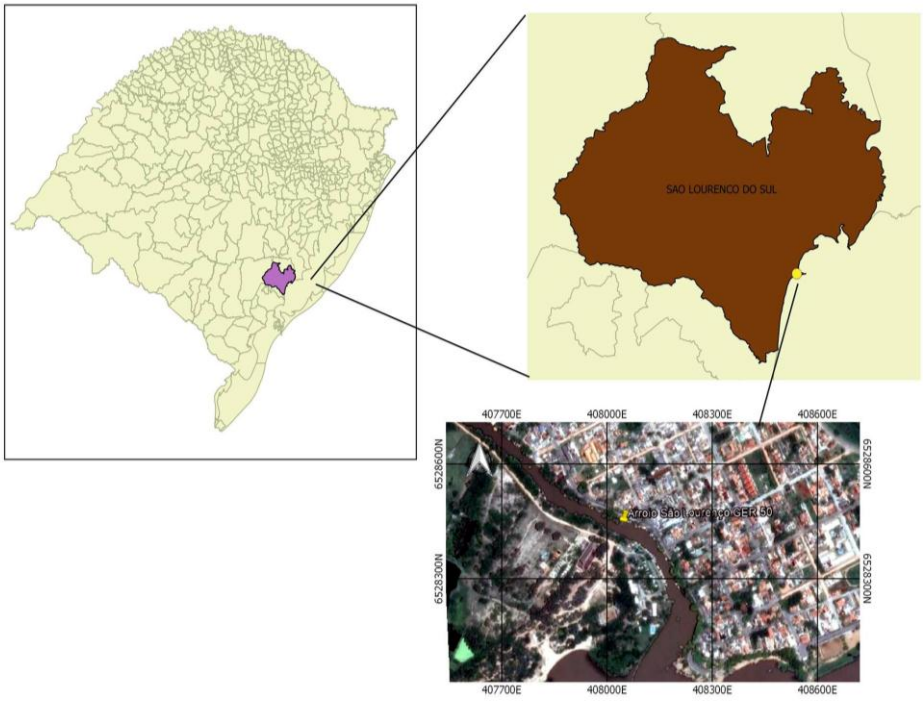
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Área de estudo

O Brasil foi dividido em regiões hidrográficas pela Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH; sendo assim cada Estado no âmbito de seus territórios as subdividiram, de acordo com as distintas características físicas de cada município (BRASIL, 2003). Segundo a Lei nº 10.350/1994 do Estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 1994), seu artigo 38, determinou a existência de três regiões hidrográficas: a região do rio Uruguai, a região Litorânea e a região Guaíba. Sendo assim, a área de estudo deste trabalho foi o ponto GER 50, localizado no Arroio São Lourenço e localizado na Bacia do Camaquã dentro da Região da Bacia Litorânea (FEPAM, 2016).

O Arroio são Lourenço fornece água bruta para a Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN para que possa abastecer todo a zona urbana e parte da zona rural do município de São Lourenço do Sul, através da Estação de Tratamento de Água (ETA), localizada no município. As coordenadas geográficas do referido ponto são: Latitude 31°22'29.94' Sul; Longitude 51°58'1.33" Oeste (Figura 1).

Figura 1: Localização do ponto GER 50 na área de estudo



2.2. Base de Dados

Neste estudo optou-se por realizar uma análise temporal 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 e análises de água ocorrem a cada seis meses, contemplando os períodos chuvoso e seco. Optou-se por trabalhar devido à baixa porcentagem de falhas na série temporal com as seguintes variáveis: Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Termotolerantes (CT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), Cloretos (Cl^-), Nitrogênio Amoniacal (NH_3), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fósforo Total (PT), Condutividade Elétrica (CE), Turbidez (TH), Sólidos Totais (ST) e Temperatura da Água (TH_2O). Os métodos analíticos bem como a preservação das amostras seguiram os procedimentos definidos por APHA, 2005.

A variabilidade temporal da qualidade da água foi comparada com informações pluviométricas disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas – ANA. O posto utilizado foi o de nome Arroio São Lourenço (código 03151003), localizado na Latitude 31°22’3” Sul e Longitude 51°59’12” Oeste, com dados compreendidos entre os anos de 2005 a 2013.

2.3. Análise Estatística Multivariada

Dentre as diversas técnicas estatísticas multivariadas existentes utilizou-se neste estudo a Análise de Componentes Principais (ACP)/Análise Fatorial (AF), pois através delas foi possível obter os scores fatoriais que foram empregados na confecção do índice de qualidade da água modificado. Para isso primeiramente normalizou-se os parâmetros, para que os dados estivessem na mesma unidade de medida; posteriormente obteve-se a matriz de correlação com os dados de qualidade da água do Arroio São Lourenço expressos por, X= (xi,j), em que i = 1...n amostragens (28)

e j = 1...p variáveis (12) (FERREIRA, 2011). Em seguida, transformou-se a matriz de dados originais (28x12) em uma matriz de correlações [R] (pxp), sendo que "p" corresponde as 12 variáveis de qualidade da água a serem analisadas (HAIR et al., 2009). A decomposição desta matriz de correlação do vetor aleatório de interesse deu origem as componentes principais (CPs), e posteriormente foi calculado para cada elemento amostral um score fatorial (MINGOTI, 2013). Para a normalização dos dados bem como a obtenção da ACP/AF e dos scores fatoriais fez-se uso do software Statistica®, versão 7.0.

2.4. Índice de Qualidade da água Modificado (IQA_{mod})

Para o cálculo do IQA_{mod} utilizou-se a metodologia empregada pela CETESB, onde utiliza-se nove variáveis de qualidade da água, sendo elas: Coliformes Termotolerantes (CT), pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fósforo Total (PT), Turbidez (TH), Temperatura da água (TH_2O), Sólidos Totais (ST) e Oxigênio Dissolvido (OD).

De acordo com CETESB (2016), o IQA é calculado segundo a equação 1, sendo que os valores do índice variam de 0 a 100.

$$IQA = \prod_{1}^{n} qi^{wt} \qquad (1)$$

Em que:
IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;
qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida e;
wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade;
n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Com o resultado do IQA foi possível classificar as informações semestrais de qualidade da água no ponto estudado e separá-las por classes (BHARTI; KATYAL, 2011; AKKOYUNLU; AKINER, 2012). Neste trabalho foi utilizada a seguinte classificação, referente ao Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação do IQA utilizada neste estudo

Classificação	Cor	Faixa de IQA
Ótima	Azul	90≤ IQA ≤ 100
Boa	Verde	70 ≤ IQA < 90
Aceitável	Amarela	50 ≤ IQA < 70
Ruim	Vermela	25 ≤ IQA < 50
Péssima	Preta	0 ≤ IQA < 25

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de Componentes Principais (ACP)/Análise Fatorial (AF)

Com a obtenção dos scores fatoriais através da ACP/AF, foi realizada a calibração dos mesmo para que o somatório dos pesos fossem igual a 1 conforme exigido para o cálculo do IQA (LIBÂNIO, 2010; CETESB 2016). Para isso, deve-se realizar a transformação matemática nos scores fatoriais através da divisão de cada um dos valores pelo somatório total dos scores, obtendo-se assim os pesos calibrados (Tabela 2). Após esta calibração procedeu-se o cálculo do IQA_{mod}.

Tabela 2: scores fatoriais e os pesos calibrados para o IQA_{mod}

Variáveis	Scores fatoriais	Peso calibrado
CT	0,22	0,06
DBO_5^{20}	0,49	0,13
PT	0,25	0,07
NTK	0,49	0,13
OD	0,45	0,12
pH	0,44	0,12
ST	0,50	0,14
T H_2O	0,41	0,11
TH	0,46	0,12
Soma	3,71	1,00

No IQA proposto pela CETESB a variável mais importante é o oxigênio dissolvido (OD), seguido pelos coliformes termotolerantes, e pH que apresentam os respectivos pesos para compor o índice 0,17, 0,15 e 0,12. Porém estes pesos foram construídos através de opiniões de especialistas, pelo método Delphi, e de acordo com Moretto et al. (2012), não representam em inúmeros casos a realidade dos corpos hídricos superficiais do Brasil.

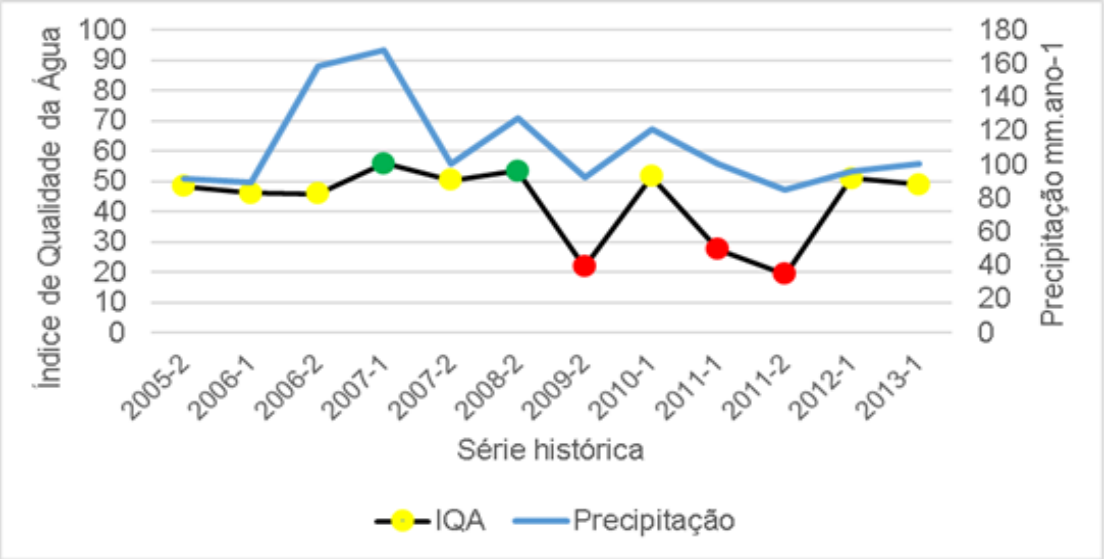
O que é uma verdade quando comparada aos pesos encontrados para este estudo, onde através da Tabela 2 a variável mais importante para avaliar a qualidade da água no Arroio São Lourenço foi ST, seguida pelas demais variáveis: DBO_5^{20}, NTK, OD, pH, TH, TH_2O, PT e CT. Isto se deve principalmente as altas concentrações de ST, neste manancial na série temporal estudada, o que influenciou na qualidade desta água e também no peso dado a esta variável.

3.2. Índice de Qualidade da água Modificado (IQA_{mod})

Na figura 2, podemos observar a variação temporal da qualidade da água através do índice de qualidade da água modificado, juntamente com a precipitação ocorrida neste mesmo período. O primeiro semestre de 2005-1, 2008-1,2009-1 e o segundo semestre dos anos de 2010-2, 2012-2 e 2013-2 não tiveram resultados, pois a Fepam não realizou o monitoramento, devido à falta de equipamentos e inacessibilidade no local nos períodos em questão.

Observa-se na Figura 2 que o semestre dos anos de 2009-2, 2011-1 e 2011-2 apresentaram classificação “Ruim”, já os períodos de 2005-2, 2006-1, 2006-2, 2007-2, 2010-1, 2012-1 e 2013-1 apresentaram classificação “Aceitável” e apenas os semestres de 2007-1 e 2008-2 apresentaram classificação “Boa”.

Figura 2: Variação temporal do comportamento do IQA_{mod} e da precipitação



Comparando os resultados do cálculo do IQA_{mod} com a precipitação média anual (Figura 2), observa-se que os períodos com menor precipitação, ou seja, em 2009-2, onde a precipitação foi baixa, o IQA_{mod} se manteve na faixa "Ruim" bem como em 2011-1 e 2011-2 onde estava ocorrendo a queda da precipitação o IQA_{mod} também se manteve na faixa "Ruim". Já no período de 2007-1 onde ocorreu a maior precipitação desta série histórica, também foi onde o IQA_{mod} apresentou a melhor faixa "Boa" esta melhora na qualidade da água pode ser justificada devido à diluição das concentrações das variáveis. Sendo que a precipitação máxima ocorrida nesta série histórica foi de aproximadamente 168 mm, ocorrida no ano de 2013-2 onde o IQA_{mod} se apresenta na faixa como "boa" bem como no ano de 2008-2.

Toledo e Nicolella (2012), também utilizaram os pesos encontrados através de técnicas estatísticas multivariada, para modificar um índice e avariar a qualidade da água em micro bacias sob diferentes usos, no Estado de São Paulo, na cidade de Guaíra, os autores dentre outras coisas concluíram que o clima apresentou pouca significância no IQA.

Segundo Cunha et al. (2013), analisar o IQA isoladamente não é suficiente para obter resultados decisivos sobre a qualidade da água de um manancial, devendo então, ser confrontado e interpretado à luz do comportamento individual das variáveis que compõe o índice.

Quando analisados variável por variável na série temporal estudada, confrontando-as com os limites da resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe dois foi possível observar que em relação a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}) e a Turbidez (TH) todos os valores se encontram dentro dos limites estabelecidos, ou seja, respectivamente abaixo de 5 mg/L de DBO_5^{20} e abaixo de 100 UTM, sendo que a concentração de DBO_5^{20} variou de 1 mg/L de DBO_5^{20} e 4 mg/L de DBO_5^{20} e as de TH estiveram entre 13 UTM a 21 UTM. O mesmo ocorreu em relação ao pH, que se manteve dentro da faixa estabelecida, ou seja, de 6 a 9 apresentando uma variação na série temporal estudada de 5,9 a 7,2. Segundo Sperling (2005) o pH e a temperatura da água são altamente correlacionadas positivamente, e assim como o pH se manteve constante a temperatura da água também apresentou-se constante, apresentando temperaturas mais elevadas quando o pH se encontrava mais elevado.

Quando analisado o parâmetro PT apenas os anos de 2005-2, 2006-1, 2007-2 estão dentro dos padrões estabelecidos pela resolução, de 0,1 mg/L de P sendo que a maior concentração foi de

0,698mg/L em 2011-1 e a menor em 2006-1 de 0,024 mg/L. Já em relação aos Coliformes observa-se que em 2009-2 foi o período que apresentou a mais elevada concentração 2400 mg/L.

A variável ST foi a que apresentou a maior influência no peso do cálculo do IQA_{mod}, isto se deve a alta concentração deste parâmetro na série temporal estudada, sendo que a variação de sua concentração foi de 96 mg/L a 4216 mg/L.

Moretto et al. (2012), avaliaram a qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Pardo no Rio Grande do Sul, no período de 2007 a 2009, os autores calibraram o IQA_{NSF}, calculando para ele novos pesos estabelecidos pela análise de componentes principais e observaram que com isso os resultados do IQA_{NFS} apresentaram melhor concordância para a área de estudo em questão.

4. CONCLUSÃO

Através deste estudo foi possível concluir que o IQA_{mod}, é uma boa ferramenta para verificar a qualidade da água de mananciais, mas que apenas a interpretação do IQA isoladamente não é suficiente para ter uma visão global dos seus resultados, necessitando assim de dados secundários, como os de precipitação, bem como da análise individual do comportamento de cada parâmetro envolvido no índice. Portanto, o IQA_{mod} permitiu através de informações resumidas prever as condições do manancial superficial ao longo do tempo e forneceu resultados de fácil interpretação.

REFERÊNCIAS

AKKOYUNLU, A.; AKINER, M. E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. **Ecological Indicators**, v. 18, p. 501–511, 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X12000039>. Acesso em: 15 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.

BHARTI, N.; KATYAL, D. Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. **International Journal Environmental Sciences**, v. 2, n. 1, p. 154–173, 2011. New Delhi, India. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?rep=rep1&type=pdf&doi=10.1.1.214.8629>. Acesso em: 18 jun. 2016.

BLUME, K. K. et al. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. Brazilian **journal of biology**, v. 70, n. 4 Suppl, p. 1185–1193, 2010. Acesso em: 12 jun. 2016.

BLUME, K. K. et al. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. *Brazilian **Journal of Biology*** , v. 70, n. 4 Suppl, p. 1185–1193, 2010. Acesso em: 12 jun. 2016.

BOTTINO, F.; et al.. Calibration of QUAL2K model in Brazilian micro watershed: effects of the land use on water quality. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 22, no. 4, p. 474-485 out. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2010000400011 >. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. *Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que

modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília-DF, 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 04 ago. 2015.

_____. **Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**. *Resolução n°. 32, de 15 de outubro de 2003*. Brasília: Conselho Nacional de Recursos Hídricos 2003. Disponível em: < http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA). 2016.** Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx. Acesso em: 01 jun. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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.** Brasília-DF: MMA. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2015.

CUNHA, R. W. et al. Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental** [online]. 2013, v.17, n.7, p. 770-779. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n7/a12v17n7.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2016.

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.

HAIR, J. et al.. **Análise Multivariada de Dados.** 6. 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.
MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada:** uma abordagem aplicada. 2. ed. Minas Gerais: Ufmg, 2013. 295 p.

MORETTO, D. L. et al.. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia,** Rio Claro, v. 24, n. 1, p. 29-42, Mar. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2012000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 dez. 2015.

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

PINTO, D. B. F. et al.. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Aug. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000400028&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 jul. 2015.

SILVEIRA, T. et al.. 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.

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 Fliessgewaessern.** 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.

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