

ADAPTAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CANAL SÃO GONÇALO UTILIZANDO TÉCNICAS ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

LUANA NUNES CENTENO¹; SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO¹; LUIS CARLOS TIMM¹, CLAUDIA FERNANDA ALMEIDA TEIXEIRA GANDRA¹, PHILIPPE MORAES¹, HUGO ALEXANDRE SOARES GUEDES¹

¹Universidade Federal de Pelotas – luananunescenteno@gmail.com; satolentino@gmail.com; lcartimm@yahoo.com.br; cfeixei@ig.com.br; ph.moraes@live.com; hugo.guedes@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

As relações qualitativas e quantitativas que ocorrem de maneira dinâmica no corpo hídrico necessitam de ferramentas que possibilitem auxiliar no processo de tomada de decisões. Dentre as diversas ferramentas utilizadas para este fim, a estatística multivariada (MORETTO et al., 2012) e os índices de qualidade de água (CUNHA et al., 2013) vêm sendo utilizados com bastante frequência em estudos ambientais.

Dentre as técnicas estatísticas multivariadas utilizadas em estudos ambientais destacam-se as Análise de Componentes Principais (ACP), que tem como finalidade, segundo Corrar, Paulo e Filho. (2014), estudar as inter-relações existentes entre as variáveis empregadas no estudo, buscando a sua sumarização, ou seja, encontrar um meio de minimizar as variáveis contidas no estudo através da formação de um conjunto menor de variáveis, denominadas componentes principais.

De acordo com Hair et al. (2009), as componentes principais não apresentam correlação entre si, como ocorre entre as variáveis originais, e para sua formação busca-se uma perda mínima de informações. A partir das componentes principais é possível extrair fatores que são capazes de indicar as possíveis fontes de contaminação existentes nos corpos hídricos. Para esta etapa utiliza-se outra técnica multivariada denominada Análise Fatorial (AF) (HAIR et al., 2009).

Os índices de qualidade de água (IQA_s) também são ferramentas muito empregadas no processo de monitoramento dos mananciais, uma vez que permitem através de informações resumidas preverem as condições do corpo hídrico ao longo do tempo, reduzindo custos, economizando tempo e fornecendo resultados de fácil interpretação (CUNHA et al., 2013).

O IQA_{CETESB} é o mais utilizado na avaliação de corpos hídricos e foi proposto pela CETESB em 1975. Porém este índice, segundo Libânio (2010), pode não representar adequadamente a realidade de um curso d'água. Sendo assim, uma das maneiras de adequar o IQA_{CETESB} para um corpo d'água específico é modificando os pesos de cada variável que compõem esse índice. Estes pesos podem ser obtidos através da Análise Estatística Multivariada, utilizando técnicas como a ACP/AF (MINGOTI, 2013).

Diante disto, este estudo tem como objetivo determinar um Índice de Qualidade de Água modificado (IQA_{mod}) para um trecho do canal São Gonçalo, Pelotas, RS, a partir da análise estatística multivariada, e analisar a sua variabilidade temporal da qualidade de água

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado no canal São Gonçalo, localizado na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim. Os dados de qualidade de água utilizados foram referentes ao ponto GER 47 (FEPAM, 2016) com coordenadas geodésicas Latitude 31°46'29.6" Sul e Longitude 52°17'26.9" Oeste.

O canal São Gonçalo, possui grande importância regional, principalmente para o município de Pelotas/RS, pois faz ligação entre a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos, dentre outros fins, para pesca, irrigação, recreação e extração de areia.

2.2. Dados de Qualidade de Água

Foram utilizados neste estudo os dados secundários de qualidade da água disponibilizados pela Fundação de Proteção Ambiental Henrique Luis - FEPAM/RS, compreendidos entre os anos de 2005 a 2013. As variáveis de qualidade de água utilizadas foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5^{20}), Coliformes Termotolerantes (CT), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (TH), pH, Temperatura da água (TH_2O) e Sólidos Totais (ST).

A variabilidade temporal da qualidade da água foi comparada com informações pluviométricas disponibilizadas pela estação Pelotas – RS (código 83985), monitorada Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Latitude 31°46'49.8" Sul e Longitude 52°24'39" Oeste, com período base de 2005 a 2013.

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

Construiu-se uma matriz de dados expressos por $X = (x_{ij})$, em que $i = 1...n$ amostragens (11) e $j = 1...p$ variáveis (9). Em seguida, transformou-se a matriz de dados originais (11x9) em uma matriz de correlações $[R]$ (pxp).

A decomposição desta matriz de correlação em um vetor aleatório de interesse deu origem às componentes principais (CPs), e posteriormente foi calculado para cada elemento amostral um escore fatorial (MINGOTI, 2013).

Os escores fatoriais são valores que indicam quais variáveis possuem a maior importância no local de estudo. Estes escores foram transformados, utilizando análise de frequência, para que o somatório dos valores fossem igual a 1, conforme exigido para o cálculo do IQA (LIBÂNIO, 2010; CETESB, 2016).

Para a transformação dos dados, obtenção da matriz de correlação, bem como a aplicação da ACP/AF, fez-se uso do software Statística®, versão 7.0.

2.4. Índice de Qualidade da Água modificado (IQA_{mod})

De acordo com a CETESB (2016), o IQA é calculado segundo a equação 1, sendo que a faixa de valores do índice varia de 0 a 100. Para o cálculo do IQA_{mod} foram utilizadas as mesmas variáveis empregadas no IQA_{CETESB} , e as faixas de classificação foram as adaptadas para o Rio Grande do Sul, onde são classificados em ótima ($90 \leq IQA \leq 100$), boa ($70 \leq IQA < 90$), aceitável ($50 \leq IQA < 70$), ruim ($25 \leq IQA < 50$) e péssima ($0 \leq IQA < 25$).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{wt} \quad (1)$$

Em que: q_i é a 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; w_i é o peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade; e n é o número de variáveis que são utilizadas no cálculo do IQA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Hair et al. (2009), para que as Componentes Principais (CP_s) expliquem o que realmente está ocorrendo em um manancial é necessário utilizar-se acima de 70% da variância total dos dados. A ACP indicou que duas CP_s são capazes de explicar 93% da variância total dos dados. Em seguida, determinaram-se os dois fatores representativos no estudo. Por meio destes fatores foi possível determinar os escores fatoriais para cada variável que compusera o índice.

Após a determinação e a adequação por meio da análise de frequência observou-se que o maior peso foi empregado à variável NTK, igual a 0,15, o que difere do peso empregado pelo IQA_{CETESB} , sendo o OD a variável de maior importância, com peso igual a 0,17. Porém, neste estudo, o OD foi uma das variáveis que recebeu o menor peso (0,9), mostrando assim a importância da readequação dos pesos (MORETTO et al., 2012). O valor mais elevado empregado a variável NTK pode estar relacionada a sua alta concentração em relação as demais variáveis, a qual pode ser observada quando estas foram padronizadas. Libânio (2010) constatou isto em seus trabalhos quando utilizou a estatística multivariada para geração de pesos, referentes ao cálculo do IQA.

Quando analisada a variação temporal da qualidade da água através do IQA_{mod} , observou-se que não foi possível gerar resultados para o primeiro semestre de 2007, 2008, 2010 e 2011, e para o segundo semestre dos anos de 2007, pois a Fepam não realizou o monitoramento devido à falta de equipamentos. Já nos períodos de 2011-2, 2012-1 e 2013-1 o IQA_{mod} esteve na faixa “ruim”; porém no período de 2006-1, 2009-1 e 2009-2 o mesmo apresentou-se na faixa boa. No ano de 2005, bem como em 2006-2, 2008-2, 2010-2 2012-2 e 2013-2, o IQA esteve na faixa aceitável.

Foi possível observar que a variação temporal da qualidade de água no ponto estudado foi bastante influenciada pela precipitação, pois os períodos onde o IQA_{mod} , apresentou “pior” qualidade foi o mesmo em que a precipitação foi baixa. Isto foi evidente nos períodos de 2011-2 e 2012-1. De acordo com Sperling (2007), este fato pode estar relacionado com a menor diluição dos poluentes nestes períodos. Mas não só a precipitação influencia na qualidade da água e na diluição dos poluentes. Segundo Tucci (2012) devem-se observar, também, as características hidráulicas do manancial em estudo.

Outro fator de suma importância quando se está analisando os resultados obtidos no IQA, segundo Cunha et al. (2013), é avaliação individual das variáveis de qualidade da água na série temporal estudada. Ao comparar individualmente as variáveis de qualidade de água com a resolução CONAMA 357/2005, para rios de classe 2, observou-se as variáveis TH, DBO_5^{20} , OD, PT e pH apresentaram-se dentro dos limites, cabe ainda salientar, que além das variáveis já citadas o período de 2012-1, foi fortemente influenciado pelas variáveis CT e ST que se encontraram fora dos limites estabelecidos pelo CONAMA. Já as variáveis TH_2O e NTK, não possuem limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, mas

segundo Libânio (2010) são variáveis de suma importância quando se refere ao monitoramento da qualidade da água.

4. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos foi possível concluir que o IQA_{mod} se adaptou bem ao corpo hídrico estudado e 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.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Site oficial da CETESB 2016. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas>. Acesso em: 01 jul. 2016.
- 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.
- 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 jul. 2016.
- HAIR, J. et al.. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- 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 jun. 2016.
- SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: DESA/UFGM, 2007, 588 p. (Coleção Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.7).
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012. 943 p.