



ENGENHARIAS

Análise temporal da qualidade da água de um arroio no sul do Rio Grande do Sul

Temporal analysis of water quality of a river in southern Rio Grande do Sul

Luana Nunes Centeno Correio¹; Samanta Tolentino Ceconello²; Philippe Braga Moraes³; Hugo Alexandre Soares Guedes⁴; Alana Nunes Centeno⁵; Sâmara Tolentino Ceconello⁶

RESUMO

O objetivo do trabalho foi analisar a variabilidade temporal da qualidade da água em um ponto no Arroio Grande, localizado nas coordenadas geográficas: latitude -32°19'053" e longitude -52°55'036". Relacionou-se aos dados de qualidade de água as informações pluviométricas obtidas junto a ANA. Por meio do IQA observou-se que com o aumento da precipitação ocorreu uma melhora na qualidade de água do arroio. 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: IQA, recursos hídricos e parâmetros de qualidade da água

ABSTRACT

The objective was to analyze the temporal variability of water quality at one point in Arroyo Grande, located in the geographic coordinates: latitude 32°19'053"S and longitude -52°55'036"W. It was related to water quality data the precipitation data obtained from the ANA. Through the WQI it was observed that with increasing precipitation occurred an improvement in the quality of the water stream. 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: WQI, water resources and water quality parameters.

DOI <http://dx.doi.org/10.15536/thema.13.2016.109-119.363>

¹Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS - Brasil.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Pelotas/RS - Brasil.

^{3;4}Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS - Brasil.

^{5;6}Consultor Ambiental, Pelotas/RS - Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água está intimamente ligada às suas características físicas, químicas e biológicas e sua condição é função dos diferentes usos à que se destina (ABREU; CUNHA, 2015; MERTEN; MINELLA, 2002; SOUZA, 2015).

Segundo Heller e Pádua (2010) verificam-se diversos usos dos recursos hídricos que são demandados pelas diferentes atividades antrópicas e econômicas, dentre elas podem-se citar o abastecimento público, a irrigação, a navegação, a pesca, a geração de energia, entre outros.

Para Pinto et al. (2009) e Tavares (2014), as modificações que ocorrem nas características morfológicas da bacia hidrográfica, e que de alguma forma alteram o equilíbrio e a dinâmica dos corpos d'água, estão associadas à poluição existente no território.

A Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005), estabelece a classificação e o enquadramento dos corpos de água de acordo com seus usos. Para cada classe dos corpos d'água estabelecidos nessa Resolução são determinados limites máximos ou mínimos das concentrações das variáveis de qualidade de água. O enquadramento do manancial superficial pode ser alterado à medida que esse apresente variáveis físico-químicas e biológicas com concentrações superiores ou inferiores aos limites estabelecidos. Sendo assim, o monitoramento da qualidade da água se torna fundamental, pois permite o acompanhamento dos processos de uso dos corpos hídricos, indicando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas e proporcionando ações de controle ambiental (GUEDES et al., 2012; SOUZA, 2015).

O monitoramento ambiental deve ser realizado ao logo do tempo e do espaço, pois permite acompanhar a evolução das condições da qualidade da água e o comportamento de determinadas variáveis em determinados pontos do manancial superficial, respectivamente, servindo como medida de apoio a tomadas de decisão sobre os recursos hídricos (ABREU; CUNHA, 2015; TAVARES, 2014).

As variáveis utilizadas para monitoramento da qualidade de águas dependem do uso a que o corpo hídrico se destina sendo os principais parâmetros: oxigênio dissolvido, turbidez, pH, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, sólidos em suspensão, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio, metais e coliformes termotolerantes. As variáveis físico-químicas como, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos em suspensão, são as que mais sofrem influência da sazonalidade (RODRIGUES; TOMAZONI; GUIMARÃES, 2015; SILVA et al., 2008). Segundo Gomes et al. (2014) e Souza (2015), as variáveis físico-químicas e biológicas quando analisadas isoladamente não permitem uma compreensão global do ecossistema aquático, principalmente por profissionais de outras áreas do conhecimento. O uso do Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma metodologia muito utilizada como ferramenta para o monitoramento da qualidade, pois permite através de informações resumidas indicar as condições do manancial superficial ao longo do tempo, reduzindo custos e tempo, além de fornecer resultados de fácil interpretação pela sociedade (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 vem sendo usado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (COMITESINOS) como ferramenta

de monitoramento ambiental e suporte à tomada de decisão (BLUME et al., 2010). Com base no exposto, o trabalho tem como objetivo analisar temporalmente a qualidade da água do Arroio Grande-RS, através da aplicação do IQAcetesb.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da Área

A Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos -CNRH dividiu o Brasil em regiões hidrográficas, e cada Estado no âmbito de seus territórios as subdividiram, levando em consideração as diferentes características físicas locais que originam necessidades específicas de gestão de recursos hídricos. Segundo a Lei nº 10.350/1994, do Estado do Rio Grande do Sul, em seu artigo 38, 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. As três regiões hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul foram subdivididas em bacias hidrográficas, totalizando, até o presente momento, 25 unidades (FEPAM, 2016).

A Bacia Hidrográfica do Litoral é formada pelas bacias do leste e do extremo sul do Estado e é dividida em cinco bacias, são elas: Tramandaí, Litoral Médio, Camaquã, Mirim-São Gonçalo e Mampituba. A Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, situada no sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, abrange o município de Arroio Grande – RS. O ponto estudado neste estudo é o GER62, situado geograficamente na Latitude 31.410963 Sul e Longitude 52.168355 Oeste (FEPAM, 2016) (Figura 1).

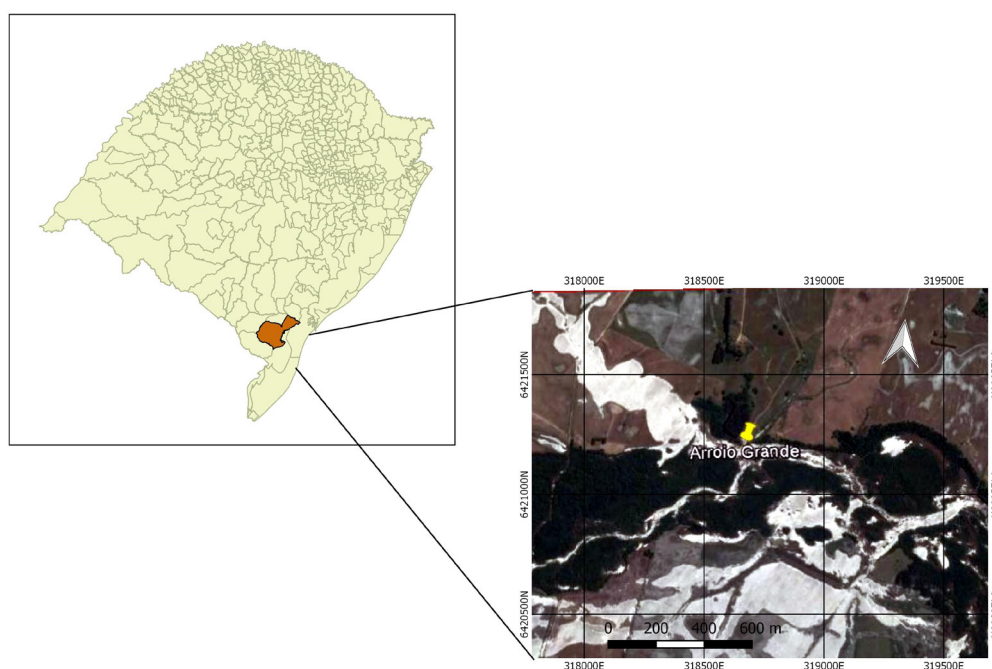


Figura 1: Mapa de localização do ponto GER 62 analisado no estudo

2.2. Base de Dados

A Fundação de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM/RS) é responsável pelo monitoramento da qualidade dos corpos d'água da Região das Bacia do Litoral desde 1992. As coletas e análises de água ocorrem a cada seis meses, contemplando os períodos chuvoso e seco. Dessa forma, foram utilizados neste estudo os dados de qualidade da água disponibilizados pela FEPAM/RS, compreendidos entre os anos de 2005 a 2013.

Neste trabalho realizou-se uma análise temporal da qualidade da água em um ponto específico de monitoramento no Arroio Grande – RS, denominado pela FEPAM GER62, localizado nas coordenadas geográficas: latitude 32°19'053"S e longitude 52°55'036"O.

De acordo Weissheimer (2007), a qualidade da água deste arroio é principalmente afetada pelas descargas de efluentes sanitários e lançamentos de resíduos sólidos. As variáveis de qualidade de água utilizadas foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO520°C), Coliformes Termotolerantes (CT), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (TH), pH, Temperatura da água (T) e Sólidos Totais (ST).

As coletas 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).

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 Grande (código 3253001), localizado na Latitude -32°14'14" e Longitude -53°05'23", com dados compreendidos entre os anos de 2005 a 2013.

As precipitações foram utilizadas na comparação com os resultados dos IQAcetesb. Para isso, foi feita a média anual de cada período correspondendo assim ao mesmo período das concentrações das variáveis que foram utilizadas no índice. Ou seja, foi feita a média das precipitações, de janeiro a junho que representou o primeiro período e julho a dezembro que representou o segundo período.

2.3. Índice de Qualidade da Água (IQA)

O índice é obtido através do produtório ponderado correspondente aos parâmetros estabelecidos, conforme a Equação 1 (BHARTI; KATYAL, 2011; BLUME et al., 2010; CUNHA et al., 2013; FRANCO et al., 2012; SOUZA, 2015).

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

Equação (1)

Em que:

IQA: Índice de Qualidade de Águas, apresentando faixa de valores 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

w_i: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, segundo a Equação 2:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Equação (2)

Em que:

n: número de variáveis utilizadas no cálculo do IQA.

Com o resultado do IQA foi possível classificar as informações semestrais de qualidade da água no ponto estudado no Arroio Grande 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).

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

Tabela 1: Classificação do IQA utilizada neste estudo

2.4. Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RMSE)

Para analisar a aplicabilidade do IQA será utilizada a RMSE. A RMSE pode ser calculada utilizando a Equação (3):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Equação (3)

Onde:

n: é o número de amostras;

x_i: é o valor fornecido pelo classificador para a i-ésima amostra e;

\bar{x} : é a média dos valores de todas as amostras.

Segundo Silva (2014), quanto mais próximo o valor de zero melhor o desempenho do modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro semestre de 2008 e o segundo semestre dos anos de 2006 e 2011 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 que o segundo semestre dos anos de 2008, 2009, 2010 e 2012 apresentaram classificação "Ruim" e apenas o segundo semestre de 2013 apresentou classificação "Boa" (Tabela 2).

Pinto et al. (2009), estudou o comportamento da qualidade da água, ao longo do tempo, em uma bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande, MG. Através do Índice de Qualidade da Água (IQA), proposto pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e constatou que assim como nesse estudo a variável que mais se destacou no cálculo do índice foi o CT, esta variável influenciou acentuadamente a classificação dos índices.

Anos	IQA
2005-1	58,5
2005-2	52,3
2006-1	58,8
2008-2	40,6
2009-1	64,1
2009-2	45,6
2010-1	60,2
2010-2	47,2
2011-1	55,7
2012-1	55,8
2012-2	46,8
2013-1	66,8
2013-2	71,7

Tabela 2: Variabilidade temporal da qualidade de água

Comparando os resultados do cálculo do IQA com a precipitação média anual, observa-se que nos períodos com menor precipitação, ou seja, em 2009-2, 2010-2, 2012-2, onde a precipitação foi baixa, o IQA se manteve na faixa "Ruim" (Figura 2).

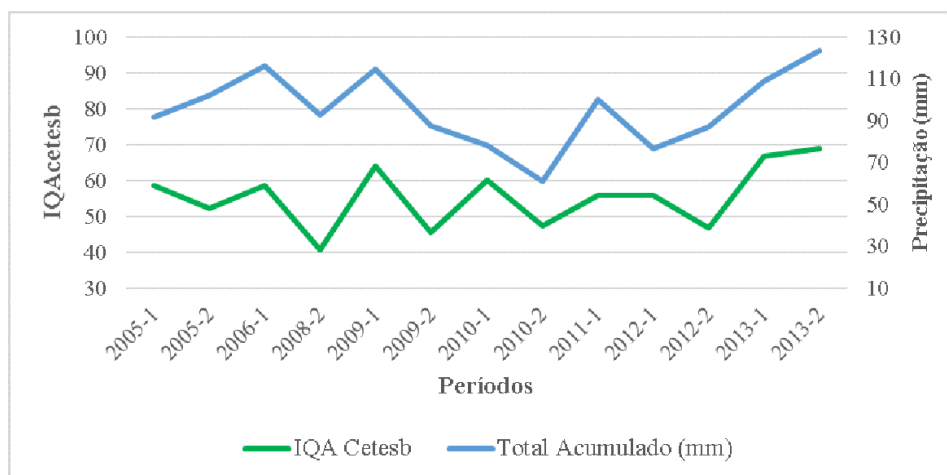


Figura 2: Distribuição Temporal do comportamento do índice de qualidade da água e da precipitação

Já em períodos com maior precipitação, ou seja, 2005-2, 2006-1, 2009-1, 2013-1 e 2013-2 houve uma melhora na qualidade da água, podendo ser justificada devido à diluição das concentrações das variáveis. Sendo que a precipitação máxima ocorrida nesta série histórica foi de aproximadamente 124 mm, ocorrida no ano de 2013-2 onde é o único que se apresenta enquadrado na classificação como "boa". Neste período a variável Oxigênio Dissolvido (OD) que compôs o índice, foi a que apresentou a menor concentração ou seja 5,1 mg/L de O₂, segundo Sperling (2005), isto se deve a alta precipitação que pode ter lixiviado esta variável.

Neste IQA proposto pela CETESB a variável mais importante é o oxigênio dissolvido, seguido pelos coliformes termotolerantes, e pH, 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.

Isto foi verificado através da aplicação do cálculo da Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RMSE) (Tabela 3). Onde segundo Silva 2014, quanto mais próximo de zero mais satisfatório é o emprego do IQA

Anos	RMSE
2005-1	0,231
2005-2	0,242
2006-1	0,247
2008-2	1,142
2009-1	0,666
2009-2	0,758
2010-1	0,360
2010-2	0,636
2011-1	0,018
2012-1	0,023
2012-2	0,670
2013-1	0,868
2013-2	1,036

Tabela 3: Tabela de aplicabilidade do IQA

Mesmo este índice não apresentando 100% adequado, se mostrou aplicável e confiável em todo período. Portanto ao analisarmos a aplicabilidade do IQA é possível observar que os períodos que apresentaram o resultado foram no período de 2011-1, seguindo respectivamente em ordem decrescente - os períodos 2012-1, 2005-1, 2005-2 2006-1, 2010-1, 2010-2, 2009-1, 2012-2, 2009-2 e 2013-1, sendo que os que apresentaram os maiores resultados e a pior aplicabilidade do índice foram 2013-2 e 2008-2.

Segundo Cunha et al. (2013), analisar o IQA isoladamente não é suficiente para obter resultados conclusivos sobre a qualidade da água do Arroio Grande, 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, observa-se que em relação a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅²⁰) e a Turbidez (TH) todos os valores se encontram dentro

dos limites estabelecidos, ou seja, respectivamente abaixo de 10m/L de DBO5 e abaixo de 100 UTM. O mesmo ocorre em relação ao pH, que se manteve dentro da faixa estabelecida, ou seja, de 6 a 9 apresentando o menor valor em 2013-2 igual a 6,3. Segundo Sperling (2005) o pH e a temperatura da água são altamente correlacionadas positivamente, e assim como o pH apresentou a menor concentração em 2013-2 a temperatura também apresentou seu menor grau em 2013-2 sendo este valor de 11,9°C.

Quando analisado o parâmetro PT todos estão acima do estabelecido de 0,05 mg/L de P sendo que a maior concentração foi de 2,51 em 2011-2 e a menor em 2003-2 de 0,05 mg/L. Já em relação aos Coliformes observa-se que em 2005-2 foi o que apresentou a mais elevada concentração 2220 mg/L. Por conseguinte, foi um dos parâmetros que mais influenciou no cálculo do índice de qualidade da água deste manancial, juntamente com os sólidos totais.

4. CONCLUSÃO

O IQA, 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 permitiu através de informações resumidas prever as condições do manancial superficial ao longo do tempo e forneceu resultados de fácil interpretação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da Água em Ecossistemas Aquáticos Tropicais Sob Impactos Ambientais no Baixo Rio Jari-AP: Revisão Descritiva. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 2, p. 119–131, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/1294/v5n2p119-131.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2015.

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 out. 2015.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21^a 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 ago. 2015.

BLUME, K. K. et al. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. **Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia**, v. 70, n. 4 Suppl, p. 1185–1193, 2010. Acesso em: 12 ago. 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 nº. 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 DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 1987. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. CETESB, São Paulo, SP, Brasil.

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, E. R.; BACANI, V. M.; AYACH, L. R. Geoprocessamento aplicado à análise da fragilidade ambiental. **Revista da ANPEGE**, n. 3, p. 89–105, 2013. Acesso em: 12 out. 2015.

FRANCO, G. B. et al. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Brazilian Journal of Geology**, 22. Feb. 2012. Disponível em: <<http://rbg.sbgeo.org.br/index.php/rbg/article/view/20995>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

GOMES, A. I. et al. 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. A. S. et al. 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.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (2010). **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG Belo Horizonte – MG.

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 out. 2015.

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.

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&lng=pt>. Acesso em: 12 jul. 2015.

RODRIGUES, M.; TOMAZONI, J.; GUIMARÃES, E. Qualidade da Água da bacia do rio Capivara, manancial de abastecimento do município de São João - PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 081–092, 2015. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewFile/1123/691>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

SILVA, A. E. P. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733–742, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v38n4/v38n4a17.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

SILVA, J. A. B. et al. Á urbanização no mundo contemporâneo e os problemas ambientais. **Caderno de Graduação - Ciências Humanas e Sociais - UNIT**, 27. Oct. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernohumanas/article/view/1723>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

SILVA, M. M. A. P. de M.. **Modelagem da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Piracicaba – MG**. 2014. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Modelagem de Sistemas Ambientais., Universidade Federal de Minas Gerais, Piracicaba, 2014. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/IGCM-9MPPJE>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

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.

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. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA - UFMG, v. 1, 2005. 452 p.

TAVARES, B. S. **Qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Una - Pernambuco**. 2014. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2014. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=78673&folderId=141847&name=DLFE-11996.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2015.

WEISSHEIMER, Cristine. **A Degradação ambiental no Arroio Grande, Nova Hartz, RS.** 2007. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de PPG em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Arroio Grande, 2007. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13695>>. Acesso em: 15 jun. 2016.