

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HÍDRICA DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO GUAÇU, SÃO ROQUE/SP, BRASIL, ADOTANDO O IQA

WATER QUALITY ASSESSMENT OF THE GUAÇU RIVER MICROBASIN, SÃO ROQUE/SP, BRAZIL, APPLYING THE WQI

Eddy Bruno dos Santos^{a,b,}, Sâmia Rafaela M. Lima^a, Mainara G. Faustino^a,
Tatiane B. S. C. da Silva^a, Joyce R. Marques^a, Marycel Elena B. Cotrim^a,
Maria Aparecida F. Pires^a*

^aInstituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN), São Paulo, Brasil

^bInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), São Roque, Brasil

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade das águas do ribeirão Guaçu e de seus afluentes, os córregos Aracaí, Carambeí e Marmeleiro, na zona urbana de São Roque, SP, aplicando o cálculo do índice de qualidade das águas (IQA). Foram efetuadas amostragens bimestrais de água superficial em sete pontos de coleta, no período compreendido entre março e julho de 2017, atendendo à sazonalidade de chuva e seca. Os parâmetros analisados para determinação do IQA foram: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais, turbidez, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total. Conclui-se que, a determinação do IQA, em todos os pontos de coleta, demonstrou uma situação de atenção do ribeirão Guaçu em relação à sua qualidade, apesar de boas condições de oxigenação. Os valores para DBO na microbacia não se apresentaram satisfatórios, demonstrando que o córrego Aracaí revelou-se como o mais preservado, e o Marmeleiro, o mais comprometido com lançamento de esgoto sanitário, contribuindo com um valor médio de DBO de 13 mg.L⁻¹. Este estudo, em sua continuidade, possibilitará conhecer e estabelecer qual o real impacto da instalação de uma estação de tratamento de esgotos no município.

Palavras Chave – Índice de Qualidade das Águas; São Roque; rios; águas; saneamento ambiental.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the water quality of the Guaçu River and its tributaries, the Aracaí, Carambeí and Marmeleiro streams, in the urban area of São Roque, SP, applying the calculation of water quality index (WQI). Surface water samples were collected bimonthly at seven collection points in the period between March and July 2017, given the seasonality of rain and drought. The parameters analyzed to determine the WQI were temperature, dissolved oxygen, pH, total solids, turbidity, thermotolerant coliforms, total nitrogen, biochemical oxygen demand, and total phosphorus. It is concluded that the determination of the WQI, in all the collection points, demonstrated a situation of attention of the Guaçu River in relation to its quality, despite good oxygenation conditions. The values for BOD in the microbasin were not satisfactory, demonstrating that the Aracaí stream proved the most preserved, and Marmeleiro, the most impaired to sanitary sewage, contributing with an average BOD value of 13 mg.L⁻¹. This study, in its continuity, will allow knowing and establishing the real impact of the installation of a sewage treatment plant in the municipality.

Keywords – Water Quality Index; São Roque; rivers; water; environmental sanitation.

* *Autor para correspondência. Corresponding author.*
E-mail: ebsantos@usp.br (Biólogo Eddy Bruno dos Santos)

1 INTRODUÇÃO

A cidade de São Roque situa-se a aproximadamente 60 km de São Paulo, Brasil, e desenvolveu-se numa região composta por serras e morros, sendo um município conhecido por sua riqueza natural (Morais *et al.*, 2015). O município destaca-se por seu desenvolvimento econômico, relacionado ao cultivo de alcachofras e uvas para produção de vinhos, e os interesses turísticos para esportes de aventura. A hidrografia da região de São Roque é composta pelas bacias situadas na porção central e ao norte da estância como tributárias do rio Tietê – correm no sentido sul-norte –; na região noroeste, a bacia do ribeirão Mombaça ou Guaçu, à região nordeste, a bacia do ribeirão do Colégio, e ao sul do município, a bacia do rio Sorocamirim, que corre no sentido leste-oeste e é a divisa entre as cidades de São Roque e Ibiúna. A bacia do rio Sorocamirim, compartilhada pelos municípios vizinhos, é a principal fonte de abastecimento de água potável de São Roque e de Ibiúna (Estância Turística de São Roque, 2006).

Inserida em uma área de relevo movimentado, São Roque se desenvolveu às margens do córrego Carambeí, cujo leito flui em margens canalizadas até o deságue no ribeirão Guaçu.

O ribeirão Guaçu destaca-se por ser o corpo hídrico que recebe toda a carga de esgoto produzido na cidade, de forma direta ou através de seus afluentes – córregos Aracaí, Carambeí e Marmeleiro.

No processo de canalização, todas as características dos rios e córregos são alteradas, com seus leitos retificados, ausência de mata ciliar e entorno impermeabilizado. Os córregos Carambeí, Marmeleiro e Aracaí encaminham, além dos vários tipos de resíduos e detritos, todo volume de águas pluviais ao ribeirão Guaçu.

Recentemente (agosto de 2017) foi instalada, pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), no município uma estação de tratamento de esgoto (ETE) visando a melhoria das condições de saneamento na região.

O Governo Estadual de São Paulo, por meio do Decreto nº 8.468/76, classifica as águas interiores do Estado em função de seus fins e qualidade. Cada classe é estabelecida por um padrão de qualidade, determinando limites restritivos de alguns parâmetros que podem ser verificados no corpo d'água.

Assim, de acordo com a legislação estadual (CETESB, 1976) e a Resolução CONAMA nº 357/2005, os corpos hídricos em estudo enquadram-se na classe 2, nos quais não podem ser lançados efluentes, mesmo que tratados, que prejudiquem a qualidade pela alteração de alguns valores e parâmetros, como oxigênio dissolvido (OD) não inferior a 5 mg.L⁻¹.

Segundo Santos *et al.* (2016), a análise de alguns parâmetros, como pH, temperatura, OD, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), contribuem para o sucesso do estudo de qualidade de águas.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é bastante útil para transmitir informação a respeito da qualidade de água (Rino *et al.*, 2001); criado a partir de um estudo realizado em 1970 pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, que foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O IQA incorpora nove parâmetros considerados significativos para a avaliação da qualidade das águas (Oliveira Jr. *et al.*, 2013), sendo determinado pelo produtório ponderado das variáveis: OD, DBO, coliformes termotolerantes, temperatura, pH, nitrogênio e fósforo totais, turbidez e resíduo total (Santos, 2014).

Considerando a importância das ações de saneamento e dos cursos d'água para o município de São Roque, este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade das águas do ribeirão Guaçu e de seus afluentes córregos Aracaí, Carambeí e Marmeleiro, no período de março a julho de 2017, por meio do cálculo do índice de qualidade das águas (IQA).

Como resultados, o estudo possibilitou realizar um diagnóstico da qualidade hídrica dos cursos d'água, bem como conhecer os impactos gerados em suas extensões com relação às alterações da destinação das águas residuais do município de São Roque, SP.

2 DESENHO AMOSTRAL E ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para avaliar a qualidade das águas do ribeirão Guaçu e de seus afluentes, foram efetuadas amostragens bimestrais de água superficial. O estabelecimento da rede de amostragem espacial (Quadro 1) foi realizado com a finalidade de avaliar a heterogeneidade da qualidade ecológica da microbacia e a influência do aporte de nutrientes dos tributários. Foram selecionados sete locais estrategicamente escolhidos e georreferenciados. A periodicidade das coletas obedeceu às épocas de chuva (março/2017) e de seca (maio e julho de 2017).

Quadro 1. - Localização e coordenadas geográficas dos pontos de amostragem do ribeirão Guaçu e afluentes. (Fonte: autor, 2018)

Identificação	Local de amostragem	Coordenadas geográficas
A	Córrego Aracaí	23°31'37.4"S 47°08'03.3"W
C	Córrego Carambeí	23°31'38.6"S 47°08'05.2"W
M	Córrego Marmeleiro	23°31'04.9"S 47°08'24.6"W
G1	Ribeirão Guaçu 1	23°31'29.4"S 47°07'59.5"W
G2	Ribeirão Guaçu 2	23°31'00.5"S 47°08'17.6"W
G3	Ribeirão Guaçu 3	23°30'30.3"S 47°08'32.5"W
G4	Ribeirão Guaçu 4	23°30'12.8"S 47°08'42.4"W

As amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno. No campo foram feitas as medições de temperatura e oxigênio dissolvido (OD). As análises experimentais dos demais parâmetros (coliformes termotolerantes, DBO_{5,20}, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais) foram realizadas em laboratório, com sistema de qualidade implantado segundo a Norma ISO 17025 (Laboratório de Análises Química e Ambiental, IPEN), de acordo com os métodos analíticos baseados no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2012).

Com o intuito de avaliar o estado das águas foi determinado o IQA seguindo a metodologia padronizada e adaptada pela CETESB (Brasil, 2004). O IQA dos pontos foi calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de água (Quadro 2).

Quadro 2. - Parâmetros de qualidade da água no IQA e respectivos pesos. (Fonte: ANA, 2004)

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
pH	0,12
DBO _{5,20}	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Sendo que os valores médios (Quadro 3) destes resultados foram utilizados na aplicação da Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{eq. 1})$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número dentre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida;

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade. Um número entre 0 e 1, de forma que (Equação 2):

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (\text{eq. 2})$$

onde n é o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Quadro 3. - Variáveis limnológicas para amostras de superfície da água nas sete estações amostrais ao longo do rio Guaçu e afluentes (média dos períodos chuvoso e seco – março, maio e julho de 2017 –; $n=3$, por ponto de coleta). (Fonte: autor, 2018)

Parâmetro	VMP*	Identificação dos pontos de coleta (concentração média)						
		A	C	M	G1	G2	G3	G4
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	< 1000	3,10E+05	7,30E+05	8,20E+05	6,10E+05	6,17E+05	5,80E+05	5,60E+06
DBO (mg.L⁻¹)	< 5	5	8	13	7	10	8	8
Fósforo total (mg.L⁻¹)	< 0,1	0,33	0,45	0,67	0,40	0,55	0,41	0,36
Nitrogênio total (mg.L⁻¹)	-	2	7	20	3	6	7	7
OD (mg.L⁻¹)	> 5,0	9,2	7,3	4,6	8,0	6,1	6,9	9,9
pH	6,0 < x < 9,0	6,77	6,49	7,09	6,57	6,83	6,80	7,48

Sólidos totais (mg.L⁻¹)	< 500	137	177	390	143	423	227	197
Temperatura (°C)	-	18,7	19,1	23,5	19,3	20,7	20,6	20,4
Turbidez (UNT)	< 100	17,59	14,09	16,84	16,09	86,33	22,67	22,63

*VMP: valor máximo permitido, de acordo com o art. 15 da Res. CONAMA 357/05 (Fonte: Brasil, 2005).

Segundo Morais *et al.* (2015), para se avaliar a qualidade da água, é fundamental conhecer as faixas de ponderação de IQA (Quadro 4).

Tabela 4. - Faixas de classificação dos valores de IQA utilizadas nos Estados: Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco, e São Paulo (Fonte: ANA, 2004).

Faixas de IQA	Avaliação da qualidade da água
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Aceitável
20 - 36	Ruim
0 - 19	Péssima

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características limnológicas ao longo do eixo montante-jusante do ribeirão Guaçu, bem como de seus afluentes estão sumarizadas no Quadro 3. Os dados representam a média entre os períodos seco e chuvoso, pois não se pretendeu, no momento, apresentar a variação sazonal, mas sim a variação espacial no período de estudo.

As variáveis e suas particularidades individualizadas foram avaliadas, a fim de avaliar sua dinâmica e comportamento, que compõem o cálculo do IQA durante este estudo.

Observa-se que, os resultados obtidos para os valores de OD apresentaram-se todos acima de 5 mg.L⁻¹, valor mínimo exigido para rios de classe 2 segundo a legislação federal vigente (Brasil, 2005), exceto para o córrego Marmeleiro que apresentou um valor médio de 4,6.

Os valores para DBO na microbacia não se apresentaram satisfatórios. O menor valor foi de 5 mg.L⁻¹, demonstrando que o córrego Aracaí apresentou-se como o mais preservado e o Marmeleiro, o mais comprometido com o lançamento de esgoto sanitário – contribuindo com um valor de DBO de 13 mg.L⁻¹.

Os altos valores de DBO e de coliformes termotolerantes são condizentes com a presença de lançamento de esgoto doméstico.

Os valores do parâmetro fósforo total estão todos abaixo do padrão de qualidade para águas de classe II (Brasil, 2005), com média harmônica na microbacia sendo de 0,43 mg.L⁻¹.

Estudos similares sobre avaliação da qualidade da água na microbacia do ribeirão São Bernardo na região do município de Mineiros, GO, também constataram valores de conceitos positivos para fósforo total, com média harmônica de 0,02 mg.L⁻¹, e altos valores para nitrogênio total, com média de 0,77±0,71 mg.L⁻¹ (Leitão *et al.*, 2015).

Com os resultados físico-químicos e microbiológicos obtidos, foi possível calcular o IQA para cada uma das sete estações amostradas, representando os córregos Aracaí, Carambeí e Marmeleiro e o ribeirão Guaçu. Os resultados encontram-se apresentados no Quadro 5.

Quadro 5. - IQA e qualidade da água em cada ponto de coleta. (Fonte: autor, 2018)

Pontos de amostragem		IQA	Qualidade
A	Córrego Aracaí	46	Aceitável
C	Córrego Carambeí	44	Aceitável
M	Córrego Marmeleiro	39	Aceitável
G1	Ribeirão Guaçu 1	47	Aceitável
G2	Ribeirão Guaçu 2	38	Aceitável
G3	Ribeirão Guaçu 3	44	Aceitável
G4	Ribeirão Guaçu 4	45	Aceitável

A Figura 2 apresenta graficamente os dados do Quadro 5.

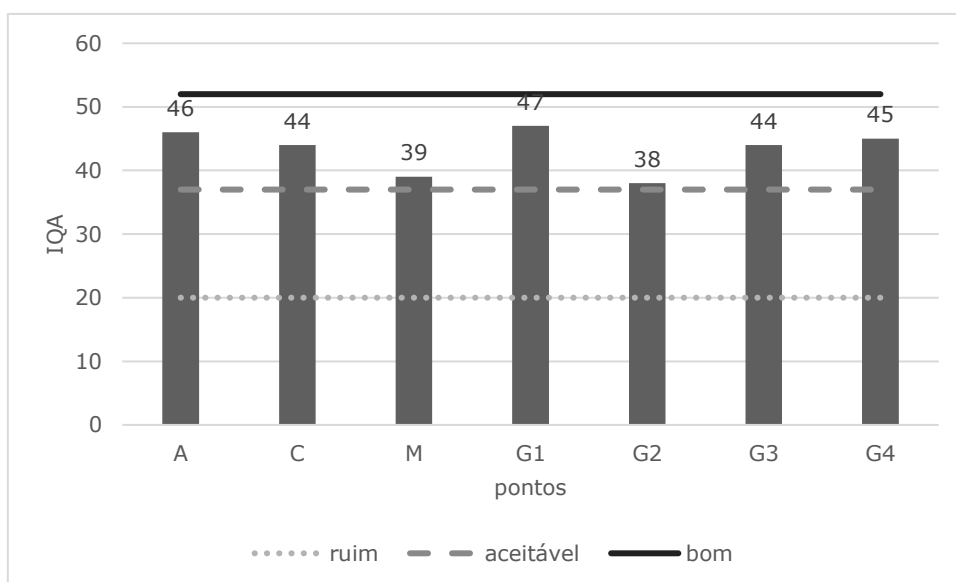


Figura 2. - IQA do ribeirão Guaçu e seus afluentes nos diversos pontos de coleta (período março a julho/2017). (Fonte: autor, 2018).

O índice de qualidade das águas (IQA) é um indicador que avalia a contaminação dos corpos hídricos superficiais em decorrência de matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes (IGAM, 2016) e tem como foco principal simplificar a interpretação dos parâmetros de qualidade de um determinado corpo hídrico a partir de atribuição de notas (0 a 100) de classificação, de modo a facilitar a comunicação com o público não técnico (Freitas *et al.*, 2011).

Segundo Piveli e Kato (2006), um esgoto predominantemente doméstico apresenta 75% dos sólidos em suspensão e 40% dos sólidos dissolvidos de natureza orgânica, constituídos principalmente de carbono, hidrogênio e oxigênio, além de outros elementos como nitrogênio, fósforo, enxofre, ferro, etc. Os principais grupos de substâncias orgânicas encontradas nos esgotos são proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 60%) e óleos e graxas (10%). Outros

compostos orgânicos sintéticos são encontrados em menor quantidade como detergentes, pesticidas, fenóis, etc.

A qualidade aceitável do valor do IQA (47) estabelecido para o ponto de coleta G1 (ribeirão Guaçu-1, 23°31'29.4"S 47°07'59.5"W) está de acordo com o analisado por Moraes *et al.* (2015), que apresentou valor médio de IQA (45) como aceitável na 1ª estação – pontos estes coincidentes.

Santos *et al.* (2016), também, classificou o ribeirão Guaçu com uma qualidade aceitável, sendo o IQA médio de 43, estando na mesma faixa classificada neste trabalho. O mesmo autor traz valores médios de IQA para os córregos Carambeí (46) e Aracaí (55), sendo que aqui os valores encontrados estão na mesma faixa aceitável no caso do Carambeí, porém, no caso do córrego Aracaí, apresentou um maior comprometimento quanto à qualidade de suas águas, compreendendo um IQA de 46.

Considerando que, os corpos hídricos aqui estudados recebem de forma direta o esgoto produzido por grande parte da cidade, podemos considerar que os resultados estão acima do esperado, uma vez que, se a qualidade estivesse inferior, seria totalmente compreensível. Como é o caso do estudo realizado por Rino *et al.* (2001), onde o rio Bauru, quando corta a região central, possui qualidade de ruim a péssima.

O ponto G1, no ribeirão Guaçu, de IQA 47, obteve o mesmo índice de um ponto estudado em uma nascente no município de Ilha Solteira/SP (Manoel e Carvalho, 2013), onde espera-se obter uma melhor qualidade do que à jusante de qualquer corpo hídrico não preservado.

Os dados obtidos no período referentes ao Índice de Qualidade das Águas e da avaliação segmentada dos parâmetros que compõem este índice possibilitaram observar que o trecho predominantemente urbano da cidade de São Roque, principalmente o córrego Marmeleiro, tem recebido material orgânico, enriquecido por concentrações de coliformes termotolerantes, fósforo total e compostos nitrogenados. Essas informações corroboram com o lançamento dos esgotos domésticos, causando contaminação nas águas. Ainda não foi possível verificar o impacto causado pela instalação da ETE e das obras de captação desta.

4 CONCLUSÃO

A determinação do IQA do ribeirão Guaçu demonstra uma situação de alerta quanto à sua qualidade. Sendo necessário manter um programa de monitoramento, após finalização de todo o processo de canalização dos esgotos e de seu tratamento na ETE.

A utilização dos índices, no caso o IQA, demonstra um predomínio de condições de nível aceitável nesta microbacia, apesar das boas condições de oxigenação (parâmetro de maior peso no cálculo deste índice).

A avaliação individual de cada parâmetro permitiu demonstrar a verdadeira ação destes sob o ambiente e possibilitou o auxílio no entendimento da variabilidade dos níveis de IQA. A utilização individual do índice possibilitou, também, subestimar, ou mesmo mascarar, a avaliação geral da qualidade das águas na microbacia, podendo interferir situações não reais na qualidade do ambiente.

Espera-se realizar novamente a determinação do IQA, de acordo com esta metodologia, quando os esgotos sanitários da cidade estiverem recebendo um tratamento adequado, para comparação e avaliação dos resultados.

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association – APHA; American Water Works Association – AWWA; Water Environment Federation – WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, DC, Estados Unidos: APHA/AWWA/WEF, 2012.
- Brasil. (2004) Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). *Indicadores de qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)*. Portal da Qualidade das Águas. Brasília: ANA. Disponível em: < <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, nº 53, de 18 mar. 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 26 abr. 2018.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- Estância Turística de São Roque (Município). Lei Complementar nº 39, de 08 de novembro de 2006. São Roque, SP. Disponível em: <https://www.saoroque.sp.gov.br/arquivos/48_39.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2018.
- Freitas, E. V. C.; Barreto, F. M. S.; Nunes, A. B. A.; Alencar, M. F. *Índice de qualidade da água bruta do açude Gavião – município de Pacatuba*. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (2011).
- Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM. *Resumo executivo do monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2015*. Belo Horizonte: 2016. 179p.
- Leitão, V. S.; Cuba, R. M. F.; Santos, L. P. S.; Santos Neto, A. S. Utilização do índice de qualidade de água (IQA) para monitoramento da qualidade de água em um área de preservação ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*. v. 19, n. 3, set-dez. 2015. p. 794-803.
- Manoel, L. O.; Carvalho, S. L. *Avaliação do Índice de Qualidade de Água (IQA) de duas nascentes no município de Ilha Solteira-SP*. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”: Ilha Solteira, 2013. Disponível em: < <http://www.feis.unesp.br/Home/Eventos/encivi/viiencivi-2013/21---avaliacao-do-indice-de-qualidade-de-agua-iqa-de-duas-nascentes-no-municipio-de-ilha-solteira-sp.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- Morais, J. L. R.; Viana, M. A.; Coelho, R. S. Avaliação dos índices de qualidade das águas dos principais rios do município de São Roque, SP. *Scientia Vitae*. v. 2, n. 7, ano 2, jan. 2015. p. 40-49. Disponível em: <www.revistaifpsr.com/v2n7ano2_2015.htm>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- Oliveira Jr., G.; Brito, E. B. C. C.; Rabelo, D. A. F.; Brito, N. N. Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) às margens da rodovia brasileira (BR-135). *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*. v. 7, n. 3, 2013. p. 16-22.
- Piveli, R. P.; Kato, M. T. *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo: ABES, 2006.
- Rino, C. A. F.; Saggiaro, N. J.; Herculiani, L. A. *Avaliação da qualidade das águas do rio Bauru – determinação de IQA*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21. Anais. João Pessoa, 2001.
- Santos, E. B. *Análise da qualidade da água de corpos d’água do município de São Roque/SP*. [Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas]. Instituto Federal de São Paulo. São Roque, 2014.
- Santos, E. B.; Gazzinelli, S. E. P.; Coelho, R. S.; Silva, M. O. Análise da qualidade da água de rios do município de São Roque, SP. *Scientia Vitae*. v. 4, n. 14, ano 4, set. 2016. p. 2-12. Disponível em: <www.revistaifpsr.com/v4n14ano4_2016.htm>. Acesso em: 23 abr. 2018.