

Análise da qualidade da água de rios do município de São Roque, SP

WATER QUALITY ASSESSMENT FROM SAO ROQUE (SAO PAULO STATE, BRAZIL) RIVERS

Recebido em 07 nov. 2015; aceito em 11 jul. 2016; publicado em 22 ago. 2016.

RESUMO

Dentre a rede hidrográfica de São Roque, os rios Carambeí e Aracaí, além do ribeirão Mombaça ou Guaçu, se destacam por correrem na região central do município e por serem receptores da maioria dos efluentes produzidos pelo município. A análise de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos torna-se fundamental para o conhecimento da situação atual de rios urbanos e possibilita o estabelecimento de propostas para melhorar a qualidade de suas águas. Parâmetros baseados no índice de qualidade da água (IQA), adaptado e desenvolvido pela CETESB são considerados bons indicadores de poluição dos cursos d'água por contaminantes biológicos ou químicos originados de esgotos domésticos. A análise de alguns parâmetros físico-químicos é fundamental para a relação do crescimento dos organismos com as condições existentes nos corpos d'água. Este trabalho tem por objetivo verificar a qualidade de importantes corpos d'água do município de São Roque, identificando e quantificando os prováveis poluentes químicos e biológicos, bem como suas origens. Neste sentido, foram definidos três pontos para coleta de amostras da água em cada corpo d'água analisado, sendo realizadas quatro coletas em cada um deles em períodos diferentes do ano outubro/2013, janeiro/2014, março/2014 e abril/2014. A qualidade das águas foi avaliada de acordo com nove parâmetros – pH, temperatura, turbidez, quantidade de oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, fósforo total, sólidos totais e análises microbiológicas. De acordo com o cálculo do IQA, as amostras coletadas dos rios Carambeí no mês de outubro/2013 e Aracaí nos meses de outubro/2013, janeiro/2014 e março/2014 foram consideradas de boa qualidade (na faixa de 54 a 63). As amostras coletadas do rio Carambeí, nos meses de janeiro/2014, março/2014 e abril/2014, a amostra coletada em abril/2014 no rio Aracaí e as amostras coletadas em outubro/2013, janeiro/2014 e março/2014 do rio Guaçu foram consideradas com uma qualidade aceitável (IQA entre 41 e 49). A amostra coletada do rio Guaçu no mês de abril/2014 foi a única classificada com qualidade ruim, tendo apresentado valor de IQA igual a 33.

Palavras-chave: Análise de água; IQA; parasitos; São Roque, SP.

ABSTRACT

Among the hydrographic network of São Roque, the Carambeí and Aracaí rivers, besides the creek Guaçu or Mombaça, they stand out for run in the central region of town, being receivers of most effluent produced by the municipality. The analysis of various physical, chemical and microbiological parameters is fundamental for understanding the current situation of urban rivers and enables the establishment of proposals for improving the quality of its waters. Parameters based on water quality index (WQI), adapted and developed by CETESB are considered good indicators of pollution of waterways by biological or chemical contaminants originated from domestic sewage. The analysis of some physical and chemical parameters is fundamental to the growth of the relationship between organisms and the conditions in water bodies. This work aims to verify the quality of important water bodies of São Roque, identifying and quantifying the likely chemical and biological pollutants and their origins. In this regard, three points were defined to collect water samples analyzed in each water body, being held four collections in each of them at different times of the year October / 2013 January / 2014 March / 2014 and April / 2014. Water quality was evaluated according to nine parameters - pH, temperature, turbidity, amount of dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, ammonia nitrogen, total phosphorus, total solids and microbiological analysis. According to the calculation of the WQI, samples collected from rivers: Carambeí in October / 2013 and Aracaí in October / 2013 January / 2014 and March / 2014 were considered of good quality (in the range 54 to 63). Samples collected from the river Carambeí, in January / 2014 March / 2014 and April / 2014, the sample collected in April / 2014 in the river Aracaí and samples collected in October / 2013 January / 2014 and March / 2014 in the river Guaçu were considered with an acceptable quality (WQI between 41 and 49). The sample collected from the river Guaçu in April / 2014 was the only classified as bad quality and presented WQI value equal to 33.

Keywords: Water analysis; WQI; parasites; Sao Roque Municipality (Sao Paulo State, Brazil).

EDDY BRUNO DOS SANTOS

Licenciado em Ciências Biológicas e Técnico-administrativo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo – Câmpus São Roque; E-mail: eddy.bruno@ifsp.edu.br

SANDRO EUGÊNIO PEREIRA GAZZINELLI

Biólogo e Professor Doutor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo – Câmpus São Roque

RICARDO DOS SANTOS COELHO

Professor Doutor e Diretor geral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo – Câmpus São Roque

MAIRA OLIVEIRA SILVA

Técnica de Laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo – Câmpus São Roque

Introdução

O município de São Roque, SP, por possuir um patrimônio ambiental muito significativo, necessita de uma boa gestão para sua preservação.

Dentre a rede hidrográfica de São Roque, os rios Carambeí e Aracaí, além do ribeirão Mombaça ou Guaçú, se destacam por correrem na região central do município e por serem locais onde é lançada a maioria dos efluentes produzidos pelo município.

Pensando na manutenção da qualidade das águas interiores do Estado, o Governo de São Paulo, por meio de um decreto, classificou-as em função de sua destinação e qualidade, sendo que o Decreto Estadual nº 8.468/76 (CETESB, 1976) classifica as águas interiores segundo os usos preponderantes.

Cada classe é estabelecida por um padrão de qualidade. Com isso os corpos d'água em estudo, de acordo com o Decreto nº 8.468/76 (CETESB, 1976), enquadram-se na classe 2, nas quais não podem ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração de alguns parâmetros e valores, como número mais provável (NMP) de coliformes até 5.000, sendo mil o limite para os de origem fecal, em 100 mL.

A análise de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos torna-se fundamental para o conhecimento da situação atual de rios urbanos e possibilita o estabelecimento de propostas para melhorar a qualidade de suas águas.

Parâmetros baseados no IQA (Índice de Qualidade das Águas) adaptado e desenvolvido pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) são considerados, em sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

Para o sucesso do estudo da qualidade das águas, a análise de alguns parâmetros físico-químicos é fundamental para possibilitar a compreensão da relação do crescimento dos organismos com as condições existentes nos corpos d'água. Dentre eles: pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais, nitrogênio amoniacal, fósforo total.

Objetivo do trabalho

Este trabalho tem por objetivo verificar a qualidade de importantes corpos d'água do município de São Roque, a partir de nove parâmetros, identificando e quantificando os prováveis poluentes químicos e biológicos, bem como suas origens, para que poste-

riormente esses dados possam ser utilizados como suporte na elaboração de programas de controle de qualidade das águas desses rios e a elaboração de medidas visando o saneamento ambiental. Objetiva, também, a classificar cada corpo d'água de acordo com os padrões do Decreto nº 8468 (CETESB, 1976), em função dos valores de amônia, DBO, OD e coliformes.

Procedimentos metodológicos

Em cada corpo d'água foram coletadas amostras superficiais de três estações de três corpos d'água diferentes nos meses de outubro/2013, janeiro/2014, março/2014 e abril/2014. As estações de coleta foram definidas da seguinte forma: o primeiro ponto está mais próximo à nascente ou à montante, o segundo um ponto intermediário e o terceiro está mais próximo à jusante.

O Quadro 1 detalha a definição dos pontos de coleta em cada rio analisado.

Quadro 1. Coordenadas geográficas de cada ponto de coleta definido por rio analisado.

Local	Rio Carambeí	Rio Aracaí	Rio Guaçú
Ponto/ estação 1	23°33'81"S 47°09'14"W	23°34'25"S 47°06'61"W	23°31'49"S 47°07'99"W
Ponto/ estação 2	23°32'55"S 47°08'17"W	23°33'19"S 47°07'40"W	23°30'50"S 47°08'53"W
Ponto/ estação 3	23°31'65"S 47°08'09"W	23°31'97"S 47°07'84"W	23°25'17"S 47°08'00"W

Após a realização das coletas, as amostras foram identificadas, embaladas em caixa térmica ou de isopor com gelo e mantidas entre 1°C e 4°C, por no máximo 24 horas.

Coleta das amostras

Com os equipamentos previamente calibrados, coletou-se uma amostra de água de cada ponto, utilizando um frasco e aferiu-se o pH e a temperatura com pHmetro da TecnoPON®, modelo mPA-210P; a turbidez com o equipamento da marca PoliControl®, modelo AP 2000; e a quantidade de oxigênio dissolvido (OD), com o medidor Lutron® DO-5519.

A análise parasitológica foi realizada no Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Roque e as análises de coliformes, nitrogênio amoniacal, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos totais no Laboratório de

Saneamento "Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez", localizado no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Os corpos d'água foram classificados de acordo com valores mínimos estipulados pelo Decreto nº 8468 (CETESB, 1976) de acordo com os valores do OD.

As Figuras 1 a 3 ilustram os terceiros pontos das coletas dos rios Carambeí, Aracaí e Guaçu.



Figura 1. Terceiro ponto de coleta do rio Carambeí, demarcado na Avenida Antonino Dias Bastos (foto tirada em agosto/2013).



Figura 2. Terceiro ponto de coleta do rio Aracaí, demarcado na região central, em frente à Brasital (foto tirada em agosto/2013).

Coliformes termotolerantes e *E. coli*

Para a análise de quantitativa de coliformes termotolerantes e de *E. coli* utilizou-se o método Colilert®, ensaio baseado na utilização da tecnologia de substrato definido (DST, sigla em inglês de *Defined Substrate Technology*) que mede simultaneamente o

total de coliformes *E. coli* em amostras de água.

Após a diluição das amostras em água deionizada na proporção 10:90 (v.v⁻¹), com exceção das amostras coletadas nos pontos 3 do Rio Carambeí e 2 do Rio Guaçu, onde a proporção de diluição foi de 1:99 (v.v⁻¹), visto que estes pontos apresentavam maiores concentrações de agentes poluentes, dilui-se o reagente DST e preencheram-se as cartelas com cada amostra, as quais foram seladas e levadas à estufa bacteriológica durante 24h a 35°C.



Figura 3. Terceiro ponto de coleta do rio Guaçu, no bairro do Mombaça (foto tirada em agosto/2013).

As amostras que apresentaram coloração amarela foram caracterizadas com presença de bactérias coliformes. A contagem dos coliformes foi realizada em contador de colônias e calculou-se o número mais provável (NMP) por 100 mL da amostra, dos coliformes totais e fecais.

Na sequência, uma análise quantitativa foi realizada a fim de classificar os corpos d'água baseados em legislação estadual.

Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal pode ser determinado por diferentes métodos. O utilizado foi o procedimento de destilação. Neste procedimento, adicionou-se 500 mL de água destilada e 20 mL de solução tampão de borato a um balão de destilação e ajustou-se o pH para 9,5 com solução de hidróxido de sódio 6N. Anexou-se o balão do destilador e destilou até que não mostrasse algum traço de amônia.

Em seguida, mediu-se uma alíquota da amostra diluída até 500 mL com água destilada. Foram adicionados 25 mL de solução tampão de borato à solução. Novamente, o pH foi ajustado a 9,5 com NaOH

6N. Aferiu-se 50 mL de solução absorvente de ácido bórico e alocou-se o frasco da amostra no destilador, ajustando o calor a fim de proporcionar uma velocidade de destilação de 6 a 10 mL por minuto, recolhendo, pelo menos, 200 mL de destilado, que, por conseguinte, foram diluídos para 500 mL com água destilada.

Adicionam-se de três a cinco gotas de indicador misto vermelho de metil-azul de metileno. Então, titulou-se a amostra com ácido sulfúrico 0,02N até que a solução atingisse uma coloração "lavanda pálido". Para o branco substitui-se a amostra por água destilada.

Para determinar a concentração de nitrogênio amoniacal, utilizou-se a Equação (1), abaixo:

$$\text{mg.L}^{-1} \text{ de N amoniacal} = \frac{(A - B) \times 280}{\text{mL amostra}}$$

Onde A é o volume (mL) de ácido sulfúrico titulado na amostra e B, o volume (mL) titulado no branco.

Em seguida, realizou-se uma análise quantitativa a fim de classificar os corpos d'água com base no Decreto nº 8468 (CETESB, 1976).

Fósforo total

Na análise de fósforo total, em um balão, uma amostra de 50 mL foi medida, adicionando 2 mL de ácido sulfúrico e 10 mL de ácido nítrico, com exceção das amostras dos pontos 3 do Rio Carambei e 2 do Rio Guaçú, que os ácidos foram colocados em apenas 10 mL da amostra. Em um digestor, o montante foi digerido a um volume de 1 mL, continuando até remoção do HNO_3 , onde a solução se tornou incolor.

Após esfriar a solução, foram adicionados 20 mL de água destilada, 1 gota de indicador fenolftaleína e solução de NaOH 1N para neutralização da solução, caracteriza por uma coloração rosada. Transferiu-se a solução neutralizada, filtrando quando necessário para remoção do material particulado ou turbidez, para um balão volumétrico de 100 mL, e ajustou-se o volume a 100 mL com água destilada.

Em seguida, aplicou-se o método do ácido ascórbico para determinar a quantidade de fósforo de acordo com o *American Public Health Association* – APHA (1999). O método consiste em três etapas:

- Tratamento da amostra;
- Correção da turbidez ou interferência de cor;
- Preparação da curva de calibração.

Por fim, calculou-se a quantidade total de fósforo através da Equação (2), abaixo (Quadro 2):

$$\text{mg de P.L}^{-1} = \text{mg de P (em aprox 58 mL de volume final)} \times 1000.\text{mL}^{-1} \text{ de amostra}$$

Quadro 2. Intervalos de fósforo, sendo que a concentração mínima detectável é de 10 µg de P.L⁻¹.

Intervalo de P aproximado (mg.L ⁻¹)	Trajetória da luz (cm)
0,30-2,0	0,5
0,15-1,30	1,0
0,01-0,25	5,0

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

O método selecionado foi o teste de DBO₅, que consiste em encher com a amostra um frasco hermético de tamanho específico e incubar a certa temperatura por cinco dias. O oxigênio dissolvido é medido inicialmente e após a incubação, a DBO é calculada a partir da diferença entre o OD inicial e final.

O teste foi dividido nos seguintes passos:

- Preparação da água de diluição;
- Técnica de diluição;
- Determinação do OD inicial;
- Incubação;
- Determinação do OD final;
- Cálculo: para cada garrafa que apresentou o mínimo de 2 mg.L⁻¹ de esgotamento de OD e 1 mg.L⁻¹ de OD residual, calculou-se a DBO₅ pela Equação (3), abaixo:

$$\text{DBO}_5, \text{mg.L}^{-1} = \frac{(D_1 - D_2)}{P}$$

Onde D₁ é o OD da amostra diluída logo após a preparação, em mg.L⁻¹; D₂ é o OD da amostra diluída após incubação de 5 dias a 20°C, em mg.L⁻¹; e, P é a fração volumétrica decimal da amostra utilizada.

Em seguida, os corpos d'água foram classificados em função deste parâmetro, baseados em valores definidos por lei estadual.

Sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis

Na análise dos sólidos totais, iniciou-se pesando as cápsulas de porcelanas e colocando 100 g de cada amostra em cada cápsula. Em seguida, as cápsulas

foram incubadas em estufa à $104 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas.

Pesou-se o resíduo permanente na cápsula após a secagem e determinou-se o teor de sólidos totais pela Equação (4), abaixo:

$$\text{mg de sólidos totais.L}^{-1} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{amostra (mL)}}$$

Onde A é o peso do resíduo seco mais a cápsula e B é o peso da cápsula.

Para analisar os sólidos fixos e voláteis, incineraram-se em cápsulas os resíduos produzidos pela etapa anterior em forno-mufla a uma temperatura de 550°C . Normalmente, de 15 a 20 minutos de ignição são necessários 200 mg de resíduo. Com isso, determinaram-se os parâmetros sólidos totais fixos e voláteis através das Equações (5) e (6), a seguir:

$$(5) \text{ mg de sólidos voláteis.L}^{-1} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{amostra (mL)}}$$

$$(6) \text{ mg de sólidos fixos.L}^{-1} = \frac{(B - C) \times 1000}{\text{amostra (mL)}}$$

Onde A é o peso, em mg, do resíduo mais a cápsula antes da ignição; B é o peso, em mg, do resíduo mais a cápsula após a incineração; e, C é o peso da cápsula, em mg.

Protozoários e ovos de helmintos patogênicos

As amostras coletadas nos pontos foram separadas daquelas utilizadas para os outros parâmetros, sendo disponibilizados em tubos do tipo Falcon de 50 mL e reservados em caixa de isopor.

Uma solução formalina (10%) foi adicionada a cada tubo em uma proporção de 50% com a amostra presente em seu interior, sendo os tubos mantidos verticalmente para que as partículas contidas nas amostras sedimentassem.

Em seguida, lâminas com três gotas do preparado foram levadas ao microscópio óptico comum para análise qualitativa e quantitativa de formas parasitárias de protozoários e helmintos presentes nas amostras. Foram analisadas três lâminas de cada amostra coletada.

Resultados e discussão

Após a realização das quatro coletas e posteriores análises físico-químicas e microbiológicas, foram obtidos os seguintes resultados.

pH

As médias apresentadas pelos rios ao longo do período analisado encontraram-se na faixa de favorecimento da biota aquática, que corresponde ao intervalo de 6,0 a 9,0, sendo que o rio Aracaí apresentou pH mais alto que os demais.

Durante o mês de janeiro os pHs medidos de todos os pontos obtiveram médias mais altas em relação aos outros meses, ou seja estavam mais básicos (Fig. 4).

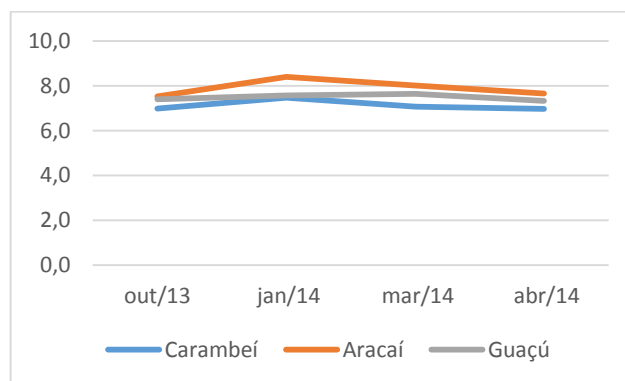


Figura 4. Comparação entre as médias de pH de cada corpo d'água por coleta realizada.

Na ausência de ânions fortemente ácidos, como SO_4^{2-} e NO_3^- , a água da chuva é naturalmente ácida (pH 5,7). Esta acidez é causada pela dissolução do CO_2 atmosférico. Após as reações úmidas, os níveis de pH naturais em rios são geralmente próximos da neutralidade. Em períodos mais secos, a principal carga dissolvida é normalmente originada de ácidos orgânicos dissolvidos através do lixiviamento do solo (CUNHA, 2003).

Em rios eutrofizados, o pH aumenta como um resultado do processo de assimilação do bicarbonato pela flora aquática. De acordo com Cunha (2003), em rios, os níveis de clorofila podem exceder 100 mg.m^{-3} , comumente acarretando em valores de pH superiores a 8,5.

Desta forma, Cunha (2003) trata o potencial hidrogeniônico como fundamental para o equilíbrio osmótico da biota aquática, ciclos biogeoquímicos e regulação das reações bioquímicas nos ecossistemas aquáticos.

Nitrogênio amoniacal

As concentrações médias de nitrogênio amoniacal nos rios Carambeí e Guaçu apresentaram índices que ultrapassam os limites suportados pela fauna aquáti-

ca, sendo que a amônia é um composto tóxico bastante limitante a diversos peixes, por exemplo; algumas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg.L^{-1} (PIVELI; KATO, 2006).

Durante o mês de janeiro os pHs medidos de todos os pontos obtiveram médias mais altas em relação aos outros meses, ou seja estavam mais básicos (Fig. 5).

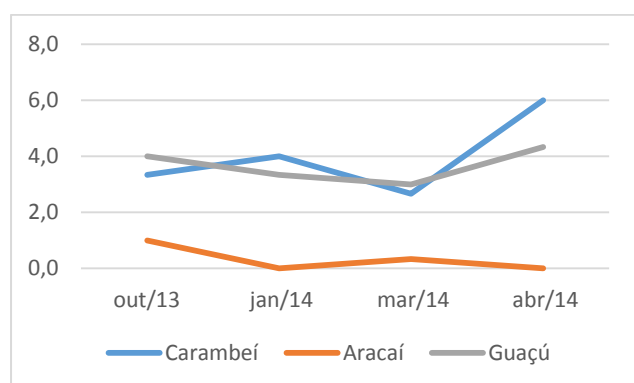


Figura 5. Comparativo dos corpos d'água em relação à concentração de nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}).

A Resolução nº 357 do CONAMA (2005) estabelece limites de amônia na água em função do valor do pH. Neste caso, nas águas para pH menor ou igual a 7,5 o limite é de $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$; de $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para águas com pH maior a 7,5 e menor ou igual 8,0; e, de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para pH maior que 8,0 e menor ou igual a 8,5.

Com isso, contata-se que, com as médias de ambos os parâmetros, o rio Aracaí está dentro dos padrões de qualidade previstos pelo órgão fiscalizador. Os rios Guaçu e Carambeí, com exceção das estações 1 e 3, estão acima do padrão de qualidade determinado pelo CONAMA.

Segundo o Decreto nº 8468 (CETESB, 1976), águas de classe 2 não podem exceder concentrações de amônia de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, portanto apenas nas amostras de janeiro/2014, março/2014 e abril/2014 do rio Guaçu não ultrapassaram este limite – 0 mg.L^{-1} , $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ e 0 mg.L^{-1} , respectivamente.

Este excesso de compostos nitrogenados disponibilizados na água pode acarretar num processo de eutrofização, prejudicando a preservação da vida aquática. A origem destes compostos está provavelmente ligada ao lançamento de esgotos sanitários.

Fósforo total

A Resolução nº 357 do CONAMA (2005) estabe-

lece limites diferentes para a concentração total de fósforo em águas naturais, em função da forma em que ocorre o escoamento. Para ambientes lóticos, como é o caso destes corpos d'água, o limite é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ de P. Portanto, de acordo com as concentrações médias obtidas, analisando o desvio padrão, os rios estão no limite estipulado pelo Conselho (Carambeí = $0,2 \pm 0,1 \text{ mg.L}^{-1}$; Aracaí e Guaçu = $0,1 \pm 0,1 \text{ mg.L}^{-1}$), ou seja, apresentam concentrações de fósforo na faixa de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (Fig. 6).

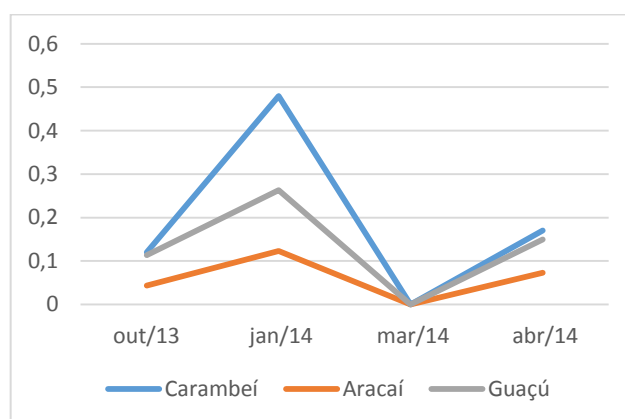


Figura 6. Comparação entre os valores médios, em mg.L^{-1} , de fósforo total.

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas (ANA). As fontes de fósforo possivelmente são, também, os esgotos domésticos, que, tipicamente, apresentam concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mg.L^{-1} (CETESB, 2009).

Temperatura

As temperaturas dos corpos d'água se mantiveram dentro de uma mesma faixa nas médias dos rios Carambeí e Aracaí ($20,8 \pm 2,2^\circ\text{C}$ e $20,7 \pm 1,8^\circ\text{C}$), considerando um ligeiro aumento na temperatura média do Guaçu ($23,4 \pm 1,9^\circ\text{C}$) devido ao grau de incidência solar durante os períodos de coleta. Segundo ANA (2009) esta leve variação influencia outros parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade, sem muita importância para esse estudo.

Vale ressaltar que todo corpo d'água apresenta variação de temperatura ao longo do dia e das estações do ano (Fig. 7), em que os meses de janeiro e março apresentaram temperaturas médias superiores

aos outros meses.

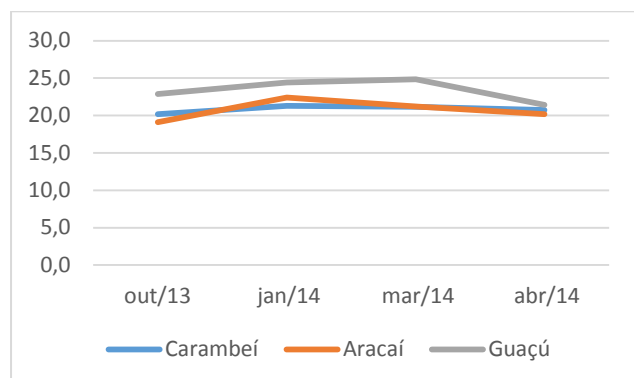


Figura 7. Comparativo entre as temperaturas médias aferidas, em °C.

Turbidez

A turbidez também é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para abastecimento público. O padrão de potabilidade, segundo a Portaria nº 518 de 2004, é de 5,0 UT (unidades de turbidez). Com isso, constata-se que os corpos d'água em estudo estão bem acima do grau de potabilidade determinado pela norma.

Infer-se que estes valores médios encontrados estão relacionados com atividades erosivas do solo, que em épocas de chuva as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os cursos d'água.

Este fato justifica, com relação à Fig. 8, os altos índices de turbidez encontrados no mês de janeiro/2014, que, segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI), em São Roque o índice pluviométrico total no período é, em média, de 225,9 mm.

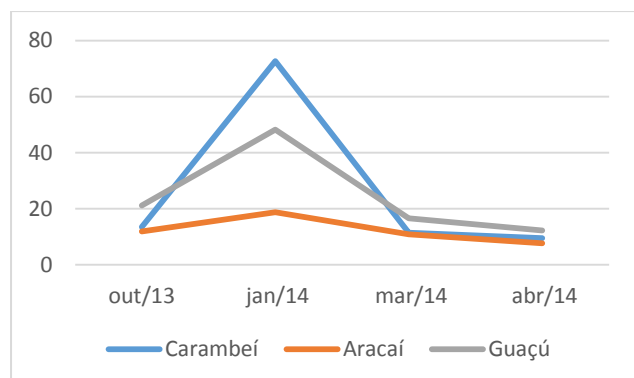


Figura 8. Comparação entre as médias de turbidez (em UT) por coleta.

OD e DBO

Com os resultados obtidos verificou-se que os locais de coleta apresentam índices médios de concentração de oxigênio dissolvido no limite ($<5 \text{ mg.L}^{-1}$), considerando desvio padrão de $\pm 2,8$ para o Carambeí, $\pm 2,4$ para o Aracaí e de $\pm 2,5$ para o Guaçú, para se assemelharem aos de águas limpas, que são geralmente superiores a 5 mg.L^{-1} , de acordo com a legislação estadual, pelo Decreto nº 8468 (CETESB, 1976).

Pode-se notar que, as águas não estão eutrofizadas, ou seja, não estão supersaturadas com oxigênio (ANA). Portanto, não há o indício de excesso de matéria orgânica.

Considerando que o oxigênio também é introduzido nas águas através de processos físicos, além da fotossíntese de seres aquáticos produtores, como certos pontos que apresentam desníveis no relevo, tornando-se águas encachoeiradas, aumentando assim a concentração de oxigênio. Esta situação pouco contribui para os níveis de OD (Fig. 9).

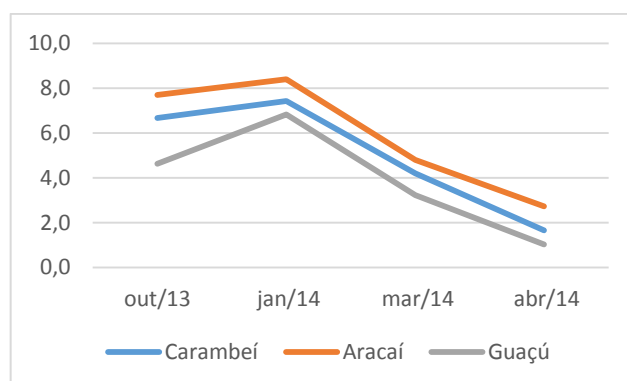


Figura 9. Comparativo dos corpos d'água em relação à concentração de oxigênio dissolvido, em mg.L^{-1} , em cada coleta.

Durante o mês de janeiro/2014, constata-se concentrações mais elevadas em relação aos outros meses, provavelmente devido a uma maior disponibilidade de matéria orgânica trazida pela percolação de águas pluviais.

Assim como os outros parâmetros, a demanda bioquímica de oxigênio é um importante padrão de classificação para águas naturais. Na legislação federal são impostos os limites máximos de DBO de 3,5 e 10 mg.L^{-1} . Considerando estes limites estabelecidos pela legislação, o valor médio, observando os desvios padrões, do Carambeí encontra-se abaixo ($5,3 \pm 2,9 \text{ mg.L}^{-1}$) e, do Guaçú, acima ($9,0 \pm 3,4 \text{ mg.L}^{-1}$) dos limites estabelecidos pelo CONAMA (2005).

Analisando a média de cada ponto de coleta separadamente, a amostra 4, correspondente ao mês de abril/2014, obteve concentração média de 12 mg.L^{-1} , acima dos limites estabelecidos pela lei federal (Fig. 10).

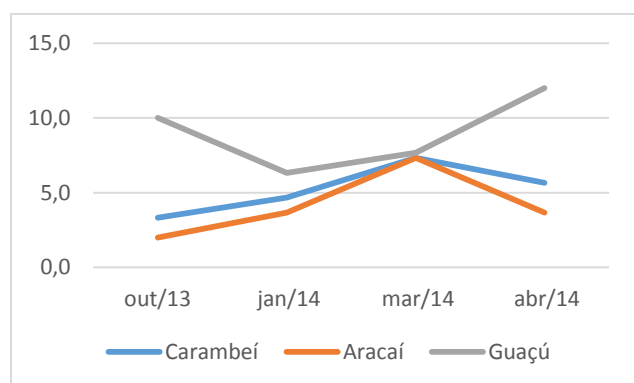


Figura 10. Comparação entre as médias de concentração de demanda bioquímica de oxigênio, em mg.L^{-1} , por coleta.

De acordo com a legislação estadual, o limite de concentração de DBO para águas de classe 2 é de 5 mg.L^{-1} . Desta forma, as concentrações médias obtidas estão acima do limite estabelecido.

Pode-se inferir que, estes altos valores foram provocados pelo lançamento de cargas orgânicas, oriundas de esgotos domésticos. A ocorrência dos valores altos deste parâmetro acarreta numa diminuição das concentrações de oxigênio dissolvido na água, provocando mortandade da biota aquática aeróbia.

Sólidos

Com relação ao abastecimento público de água, os cursos d'água estão dentro do padrão de potabilidade, determinado pela Portaria nº 518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), que é de 1000 mg.L^{-1} , considerando a presença de sólidos na água.

Considerando a Resolução CONAMA nº 357 (2005), o valor máximo é de 500 mg.L^{-1} , sendo que todos os pontos analisados possuem valores inferiores (Fig. 11).

Pode-se dizer que no município, tomando estes rios como base, há uma pequena probabilidade de ocorrer enchentes em períodos chuvosos, pois com as pequenas concentrações de resíduos sólidos, há pequena possibilidade deles se depositarem nos leitos destes corpos d'água. Além disso, a vida aquática está menos suscetível a danos relacionados à deposição destes resíduos no leito que destroem os orga-

nismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos.

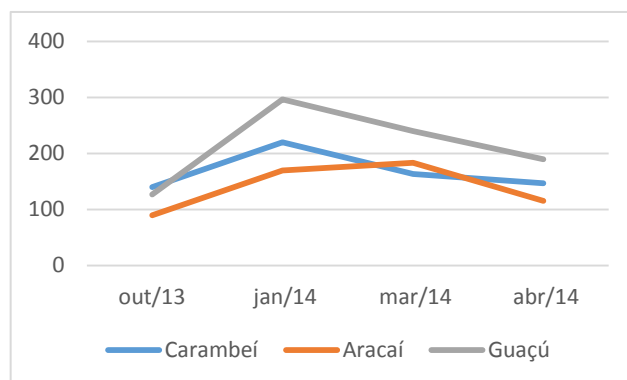


Figura 11. Comparativo entre as concentrações médias (mg.L^{-1}) de sólidos totais por coleta.

Coliformes termotolerantes e *E. coli*

Todos os cursos d'água estão contaminados por coliformes termotolerantes, estando suas águas impróprias para o consumo humano (Fig. 12). Provavelmente esta contaminação deve-se ao fato de que os corpos d'água recebem esgoto doméstico e dejetos animais, além de lixo e outros agentes poluentes.

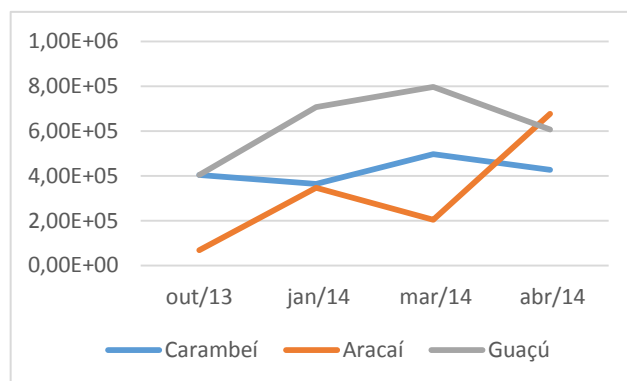


Figura 12. Comparação entre os números mais prováveis de coliformes termotolerantes por 100 mL de cada amostra de água dos rios analisados.

De acordo com o Decreto nº 8468 (CETESB, 1976), águas da classe 2 devem possuir NMP de coliformes até 2.10^4 , sendo 4.10^3 o limite para os de origem fecal, em 100 mL de amostra (Fig. 13).

Protozoários e ovos de helmintos patogênicos

No estudo parasitológico, as amostras analisadas apresentaram poucas formas parasitárias (Quadro

3). Tal fato pode estar relacionado com as condições meteorológicas que precederam as coletas, que foram de períodos de chuva intensa, contrariando os resultados obtidos por Santos et al. (2012), no qual encontraram mais parasitos durante os períodos chuvosos em comparação aos tempos mais secos.

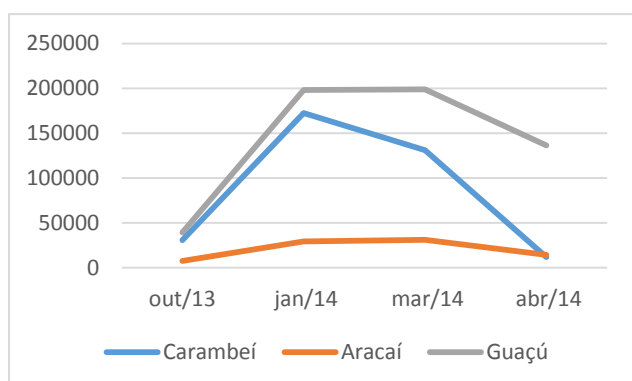


Figura 13. Comparação entre as médias dos números mais prováveis de *E. coli* por 100 mL de cada amostra de água dos corpos d'água analisados.

Quadro 3. Protozoários encontrados em lâminas de amostras de cada corpo d'água.

Período	Rio Carambeí	Rio Aracaí	Rio Guaçu
Outubro/2013	Sete cistos de <i>Entamoeba</i> sp	Dois cistos de <i>Entamoeba</i> sp	Um cisto de <i>Giardia lamblia</i>
Janeiro/2014	-	-	Dois cistos de <i>Giardia lamblia</i>
Março/2014	-	-	-
Abril/2014	10 cistos de <i>Entamoeba</i> sp	-	Três cistos de <i>Entamoeba</i> sp

Cistos de *Entamoeba* sp (Fig. 14) foram encontrados em todos os rios analisados; formas císticas de *Giardia lamblia* foram encontradas no rio Guaçu (Fig. 15).

A presença destas formas parasitárias de protozoários está relacionada ao lançamento de esgoto doméstico, assim como constatado por Santos et al. (2012) e Silva et al. (2012).

Cálculo do IQA

Segundo a CETESB, as águas que apresentam IQA entre 52 e 80 possuem uma boa qualidade. O rio Carambeí no mês de outubro/2013 e o Aracaí nos meses de outubro/2013, janeiro/2014 e março/2014 permaneceram nessa faixa (Quadro 4).



Figura 14. Cisto de *Entamoeba* sp encontrado em lâmina com amostra de água do rio Carambeí (aumento de 400x).



Figura 15. Cisto de *Giardia lamblia* encontrado em amostra do rio Guaçu (aumento de 400x).

Quadro 4. Índices de Qualidade das Águas médios de cada corpo d'água por período de coleta.

Período	Rio Carambeí	Rio Aracaí	Rio Guaçu
Outubro/2013	54 (qualidade boa)	63 (qualidade boa)	49 (qualidade aceitável)
Janeiro/2014	41 (qualidade aceitável)	55 (qualidade boa)	45 (qualidade aceitável)
Março/2014	46 (qualidade aceitável)	54 (qualidade boa)	43 (qualidade aceitável)
Abril/2014	41 (qualidade aceitável)	48 (qualidade aceitável)	33 (qualidade ruim)

As amostras coletadas do Carambeí, exceto a do mês de outubro/2013, a amostra de abril/2014 do rio Aracaí e as amostras de outubro/2013, janeiro/2014 e março/2014 do Guaçu estão com uma qualidade aceitável (IQA entre 37 e 52) pelo órgão competente - CETESB.

Já a água do Guaçu, na quarta coleta, foi a única que apresentou uma qualidade ruim, já que a CETESB classifica os índices entre 20 e 37 como ruins.

O Quadro 5 detalha que, após a realização das análises, as médias dos parâmetros dos rios Carambeí e Guaçu encontram-se acima dos limites definidos por lei para águas de classe 2; no rio Aracaí, os valores médios de coliformes termotolerantes e de ori-

gem fecal estão acima dos exigidos na legislação.

Quadro 5. Comparação dos parâmetros utilizados pela legislação para classificação das águas.

Padrão de águas classe 2	Rio Carambei	Rio Aracá	Rio Guaçu
NH ₃ ≤ 0,5 mg/L	4,0 mg/L	0,3 mg/L	3,7 mg/L
NMP ≤ 5.000/100 mL de coliformes termotolerantes	423.000/100 mL	32.500/100 mL	629.000/100 mL
NMP ≤ 1.000/100 mL de <i>E. coli</i>	86.600/100 mL	20.700/100 mL	143.000/100 mL
DBO < 5 mg/L	5,3 mg/L	4,2 mg/L	9,0 mg/L
OD > 5 mg/L	5,0 mg/L	5,9 mg/L	3,9 mg/L

Considerações finais

Os corpos d'água analisados por meio deste estudo possuem contaminantes químicos e biológicos oriundos de lançamento de esgotos sanitários.

Apesar da presença de contaminantes, as águas dos rios analisados podem ter suas águas classificadas como boas, segundo os parâmetros considerados neste estudo.

De acordo com os resultados apresentados, pode-se concluir que são necessárias ações a serem propostas principalmente pela Sabesp, bem como pela prefeitura do município de São Roque e pela população em geral, para recuperar e preservar a fauna e flora que se utilizam direta ou indiretamente desses recursos hídricos, bem como garantir a aparência estética das águas e evitar futuras contaminações à população.

Referências

- ANA (Agência Nacional de Águas). *Indicadores de qualidade: Índice de Qualidade das Águas*. Disponível em: <pn-qa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>. Acesso em: 08 out. 2013.
- APHA (American Public Health Association). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, DC, EUA: American Public Health Association, 1999. Disponível em: <http://www.umass.edu/tei/mwwp/sop.html>. Acesso em: 08 out. 2013.
- CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura). *Clima dos municípios paulistas*. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_568.html>. Acesso em: 15 jun. 2014.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Agência Nacional de Águas. *Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976*. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- _____. *Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. [Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo – série relatórios]. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2014.
- _____. *IQA – Índice de qualidade das águas*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2013.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Ministério do Meio Ambiente. *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. Diário Oficial da União, Brasília, nº 53, de 18 março 2005.
- CUNHA, A. C. *Levantamento de parâmetros físico-químicos e hidráulicos para a avaliação da qualidade da água em escoamento natural na bacia hidrográfica do rio Matapi: o desenvolvimento do distrito industrial de Santana-AP*. Governo do Estado do Amapá, Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Centro de Pesquisas Aquáticas: Macapá, 2003.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Cidades@*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=355060&search=sao-paulo|sao-roque>. Acesso em: 11 ago. 2013.
- IDEXX LABORATORIES, INC. *Validação do método Colilert®-18/Quanti-Tray® para contagem de E. coli e bactérias coliformes em água*. Westbrook, 2008. Disponível em: <http://www.idexx.it/pdf/it_it/water/7542-01-colilert-18-report-port.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2013.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional da Saúde. *Portaria 518, de 25 de março de 2004*. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, nº 59, de 26 março 2004. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- PELCZAR JR., M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. *Microbiologia: conceitos e aplicações*. 2.ed., v.2. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1997.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo: ABES, 2006.

PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE SÃO ROQUE. *Revisão do Plano Diretor: caracterização ambiental e urbanística*. São Roque, 2005. v. 1. Disponível em: <http://www.saoroque.sp.gov.br/useruploads/files/caracteristicas_gerais/caracterizacao.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2013.

SANTOS, J. G. et al. Análise parasitológica em efluentes de estações de tratamento de águas residuárias. *Revista de Patologia Tropical*, [s.i.], v. 41, n. 3, 2012.

SILVA, A. F. et al. Pesquisa de contaminantes nos efluentes da Lagoa da Pampulha. *Pós em Revista*, 5 ed., 2012.