

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO/SP

ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY IN THE CITY OF RIO CLARO/SP – BRAZIL

**Viviane Motta SCARLATTI; João Gabriel THOMAZ QUELUZ; Lauren Nozomi
MARQUES YABUKI; Marcelo Loureiro GARCIA**

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
E-mails: viviane.scarlatti@gmail.com; queluz13@terra.com.br; lauren.yabuki@gmail.com; marcelo.garcia@unesp.br

Introdução
Material e Métodos
Área de estudo
Parâmetros analisados nas águas superficiais e nos sistemas de tratamento de esgoto
Resultados e Discussão
Avaliação dos parâmetros de qualidade de águas superficiais
Conductividade Elétrica
Turbidez
Série Nitrogenada e *Escherichia coli*
Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido
Fósforo Total
Cromófila α
Metais
Índices de Qualidade
Avaliação dos parâmetros de qualidade do sistema de tratamento de esgoto
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi realizar diagnóstico das águas superficiais e do sistema de esgotamento sanitário do município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. Para isso, foram analisados parâmetros de qualidade das águas superficiais de cinco pontos de amostragem (localizados no rio Corumbataí e Ribeirão Claro). Além disso, foi avaliada a qualidade do efluente e a eficiência de duas estações de tratamento de esgoto do município. Finalmente, os dados coletados foram comparados com os valores estabelecidos na legislação ambiental. Em relação aos parâmetros de qualidade da água, os parâmetros fósforo, *Escherichia coli*, ferro dissolvido e alumínio dissolvido foram os que mais apresentaram valores fora dos limites estabelecidos pelas legislações. Além disso, em alguns pontos de amostragem, as concentrações de demanda bioquímica de oxigênio e de oxigênio dissolvido estavam em desacordo com os valores indicados na legislação. Entretanto, o Índice de Qualidade da Água foi classificado como bom em quase todos os pontos de amostragem, com exceção de um ponto classificado como regular. Quanto aos padrões de emissão de efluentes, os dados analisados estão de acordo com a legislação. Os resultados indicam que o ponto de amostragem que teve pior qualidade é o que se localiza a jusante do município.

Palavras-chave: Qualidade da água, Parâmetros de qualidade, Esgoto sanitário, Saneamento, Tratamento de esgoto.

ABSTRACT - The aim of this study was to perform a diagnosis of surface water and sewage system of the municipality of Rio Claro, State of São Paulo, Brazil. For this, data of surface water quality parameters of five sampling points (located on the Corumbataí and Ribeirão Claro rivers) were analyzed. In addition, the effluent quality and efficiency of two municipal sewage treatment plants were evaluated. Finally, the data collected were compared with the values established in environmental legislation. Regarding the parameters of water quality, the parameters phosphorus, *Escherichia coli*, dissolved iron and dissolved aluminum were the ones that presented the most values outside the limits established by the legislations. Besides, at some sampling points, the biochemical oxygen demand and dissolved oxygen concentrations were in disagreement with the values indicated in the legislation. However, the Water Quality Index was rated as good at almost all sampling points, except for a point classified as regular. Regarding the effluent emission standards, the data analyzed are in accordance with the legislation. With the results, it was possible to realize that the sampling point that had worse quality is what is located downstream of the municipality.

Keywords: Water quality, Quality parameters, Sanitary sewage, Sanitation, Sewage treatment.

INTRODUÇÃO

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) é composta por 17 objetivos e 169 metas. O Objetivo 6 visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, tendo como uma de suas metas garantir até 2030, a melhoria da

qualidade da água, com a redução da poluição, além de reduzir à metade a proporção de águas residuárias que não passam por tratamento (ONU, 2015).

No Brasil, o saneamento básico é definido na Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/07) como o conjunto de serviços,

infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas (Brasil, 2007).

Essa lei estabelece diretrizes para o saneamento, que envolvem o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, porém, mesmo assim, de acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) referentes ao ano de 2016, 83,3% da população é atendida por abastecimento de água, 51,9% da população do país é atendida por coleta de esgoto e somente 44,9% do esgoto gerado é tratado (SNIS, 2016). É importante destacar que os índices de coleta e tratamento de esgoto variam dependendo da região do país, sendo que o Estado de São Paulo possui o melhor índice. Estimativas realizadas em 2017 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) sugerem que 88 e 64% dos esgotos gerados no Estado são, respectivamente, coletados e tratados (CETESB, 2018).

Para assegurar a qualidade das águas superficiais, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classifica os corpos d'água, dá diretrizes ambientais sobre seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes por meio da Resolução 357/2005 (Brasil, 2005), complementada pela Resolução 430/2011 (Brasil, 2011). São estabelecidas condições de qualidade por meio de parâmetros como materiais flutuantes não naturais, óleos e graxas, sabor e odor, corantes de fontes antrópicas, toxicidade, Demanda Bioquímica de

Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), substâncias orgânicas, metais totais e dissolvidos, coliformes, turbidez (CETESB, 2016).

No Estado de São Paulo, a qualidade das águas superficiais é avaliada pela CETESB. Devido à seca histórica ocorrida entre 2013 e 2014, a CETESB ampliou e intensificou o monitoramento da qualidade das águas dos principais mananciais que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo (CETESB, 2016).

Ainda segundo a Política Nacional de Saneamento Básico, os municípios devem responder pelo planejamento, regulação e fiscalização dos serviços de saneamento básico, sendo também responsáveis pela prestação desses serviços, tanto por meios próprios, ou por meio da contratação de terceiros. Estas atividades são distintas e devem ser exercidas de forma autônoma, por quem não acumula a função de prestador desses serviços, sendo necessária, a criação de órgão distinto, no âmbito da administração direta ou indireta. Desse modo, a Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (ARES-PCJ) foi criada para suprir a demanda de vários municípios, entre eles o de Rio Claro, local de estudo deste projeto.

Tendo em vista o cenário apresentado, é importante que a qualidade das águas superficiais seja avaliada e monitorada. Portanto, este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico da qualidade das águas superficiais, incluindo avaliar a influência do lançamento do esgoto tratado sobre a qualidade da água no município de Rio Claro, São Paulo, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O município de Rio Claro (Figura 1) está localizado no interior do Estado de São Paulo, Brasil. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada do município no ano de 2018 era de 204.797 habitantes (IBGE, 2017).

O município está inserido na Bacia do Corumbataí, que possui aproximadamente 170.000 ha e se divide nas sub-bacias do Alto Corumbataí, do Passa-Cinco, do Médio Corumbataí, do Ribeirão Claro e do Baixo Corumbataí (Valente & Vettorazzi, 2005), abrangendo os municípios de Analândia, Corumbataí, Charqueada, Ipeúna, Itirapina, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes

(Frederice et al., 2010).

Segundo Zambetta (2006), a bacia do rio Corumbataí recebe altas quantidades de contaminantes de fontes antropogênicas vindas de áreas urbanas, industriais e agrícolas, sendo os metais pesados um desses contaminantes. Essa bacia é uma sub-bacia da bacia do rio Piracicaba e encontra-se na margem direita deste rio (Mori et al., 2016).

Os principais corpos hídricos da área de estudo são o Rio Corumbataí e o Ribeirão Claro (afluente do Rio Corumbataí), ambos enquadrados como rios de classe 2, que de acordo com a Resolução CONAMA 357 de 2005 são águas que, além de outras finalidades, podem ser

destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional. Esses corpos hídricos fazem parte do sistema de

abastecimento de água, sendo pontos de captação de água superficial para as estações de tratamento de água (ETA) I e II (Brasil, 2005).

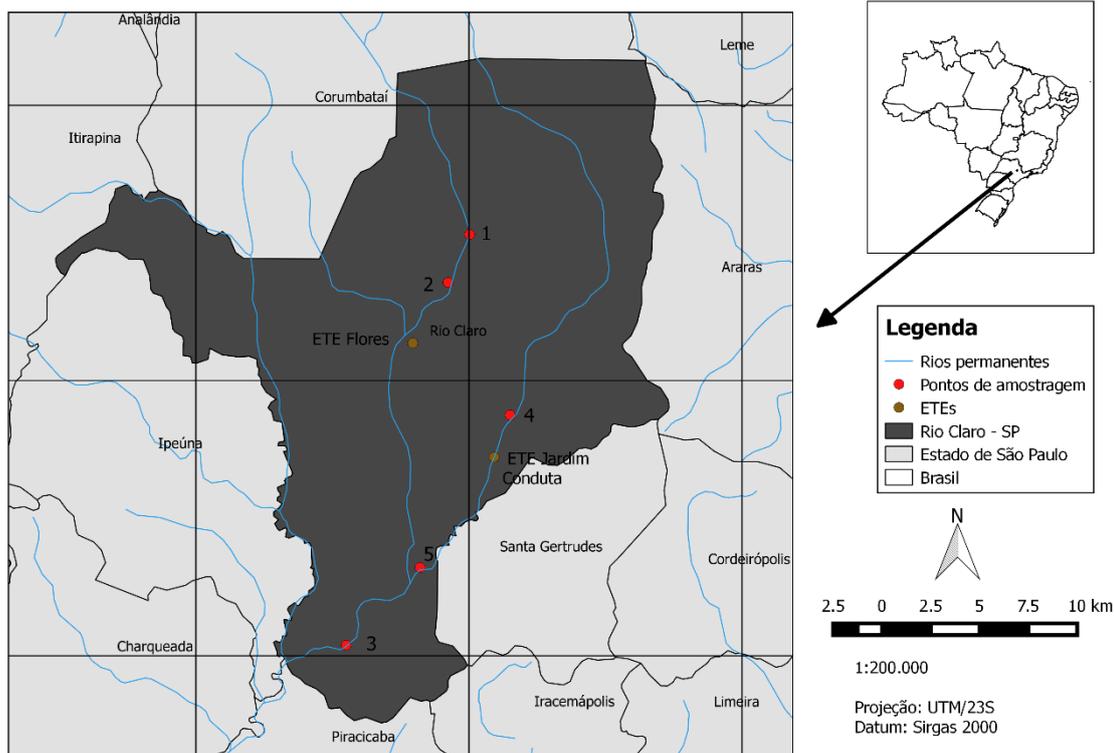


Figura 1 - Mapa de localização e pontos de amostragem do Município de Rio Claro – SP.

O Rio Corumbataí possui uma extensão de aproximadamente 120 km e nasce na Serra de Santana, em por volta de 800 m de altitude, desaguando no Rio Piracicaba na cota de 470 m, no município de Piracicaba. Sua vazão média anual é de 22 m³/s e sua vazão mínima é de 5 m³/s (Zaine, 1994).

Segundo Palma-Silva (2006), o rio Corumbataí recebe alguns impactos, tais como: a mineração, a disposição desordenada de rejeitos e a degradação da paisagem em seu alto curso, num trecho de 35 km; a matéria orgânica proveniente do município de Rio Claro, em seu médio curso, num trecho de 41 km; a monocultura da cana-de-açúcar e as agroindústrias, próximo à foz, em seu baixo curso, em trecho de 45 km. De acordo com Mori et al. (2016), toda a área urbanizada do município se encontra na porção média da bacia do rio Corumbataí, entre os rios Corumbataí e Ribeirão Claro, sendo que essa área causa alta impermeabilização do solo, além do lançamento de escoamento superficial com resíduos sólidos, óleos e produtos de veículos automotores, causando impactos nos rios da bacia. De acordo com Borges (2012), o rio Ribeirão Claro tem sua

nascente no município de Corumbataí e em seu caminho até a chegada na parte urbana do município de Rio Claro passa por áreas rurais apenas. Após isso, percorre a Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA), em que suas águas são represadas para a captação de água da ETA I. Seguindo, recebe o efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Jardim Conduta. Por fim, recebe o efluente tratado do município de Santa Gertrudes, além das águas do córrego Santa Gertrudes, desaguando no rio Corumbataí.

O abastecimento de água tratada possui em sua operação por volta de 915 km de redes de distribuição, 55 reservatórios, 3 estações elevatórias de água, 2 ETAs, duas captações superficiais, duas captações subterrâneas e aproximadamente 78.736 ligações de água, de acordo com dados do Departamento Autônomo de Água e Esgoto (DAAE).

Em relação ao sistema de esgotamento sanitário, o município possui tratamento de esgoto de 95 % e oito ETEs, sendo que três estão localizadas na sede do município: 1) ETE Jardim Flores que utiliza em seu tratamento reator UASB seguido de lodos ativados e está

localizada a 700 metros do Rio Corumbataí, onde seu efluente tratado é lançado; 2) ETE Jardim Palmeiras que realiza seu tratamento com reator UASB, seguido de lagoa de aeração e decantação. O efluente tratado é lançado no rio Corumbataí, localizado a 500 metros do local; e 3) ETE Jardim Conduca que faz o tratamento utilizando o reator UASB seguido de lodo ativado e lança seu efluente tratado no Ribeirão Claro, distante 89 metros do local. O município possui também 10 estações elevatórias de esgoto e a coleta de esgoto é de aproximadamente 100% em relação ao total de ligações de água (Prefeitura Municipal de Rio Claro, 2016).

No que se refere ao uso e ocupação do solo, o município tem seu solo ocupado, principalmente, por pastagem e pelo cultivo da cana-de-açúcar e apresentam solos argissolos vermelho-amarelos com presença de teores elevados de alumínio e latossolos que possuem caulinita, óxido de ferro e alumínio (Prefeitura Municipal de Rio Claro, 2014; Zaine, 2000).

Quanto às condições climáticas da região, se destaca a ocorrência de duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa no período de outubro a março, com precipitação entre 1000 e 1200 mm, e outra seca, no período de abril a setembro, com precipitação entre 150 e 200 mm (Medeiros, 2012). Esse tipo de clima é considerado como subtropical úmido (Cwa) pela classificação de Koeppen, sendo que "C" refere-se a média do mês mais frio com médias variando entre 3°C e 18°C, "w" relaciona-se com a seca ocorrida no inverno e "a" ao mês mais quente com temperatura média superior a 22°C (Monteiro, 1973).

Parâmetros Analisados nas Águas Superficiais e nos Sistemas de Tratamento de Esgoto

A partir do banco de dados do Relatório de

Qualidade das águas superficiais da Cetesb, foram selecionados e organizados os dados referentes a área de estudo. Os parâmetros escolhidos para o presente estudo foram: dados de Índices de qualidade das águas (IQA), Índice de Qualidade das águas para fins de Abastecimento Público (IAP) e Índice de Estado Trófico (IET) para o ano de 2015; além de dados do período de 2010 a 2014 e do ano de 2015 dos parâmetros de qualidade da água: condutividade elétrica (CE), turbidez, nitrato, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, E. coli e clorofila a. Além disso, também foram avaliados dados da porcentagem de resultados não conformes com os padrões de qualidade para os parâmetros de Alumínio Dissolvido, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Dissolvido, Mercúrio Total, Níquel Total, Zinco Total e Toxicidade Crônica. Os dados referentes ao ano de 2015 constituem uma média de coletas realizadas a cada dois meses durante o ano, nos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro.

Para a coleta dos dados, foram aproveitados cinco pontos de amostragem do relatório da CETESB, mostrados na Tabela 1 e na Figura 1, distribuídos pelos rios Corumbataí e Ribeirão Claro. Salienta-se que dois pontos de amostragem (1 e 4) são locais de captação de água para abastecimento. Para a avaliação dos dados, foram consultadas a legislação CONAMA 357/2005 e a Decisão de Diretoria Nº 112/2013/E, de 09 de abril de 2013 (CETESB, 2013) (que dispõe sobre o estabelecimento dos valores limites do parâmetro E. coli) considerando ambas para rios de classe 2.

Tabela 1 - Descrição dos pontos de amostragem.

Local	Ponto de coleta	Código CETESB	Coordenadas
Rio Corumbataí	1	CRUM02080	22°19'29" S; 47°33'32" O
	2	CRUM02100	22°20'49" S; 47°34'12" O
	3	CRUM02200	22°30'54" S; 47°37'26" O
Ribeirão	4	LARO02500	22°24'33" S; 47°32'25" O
Claro	5	LARO02900	22°28'46" S; 47°35'11" O

Fonte: CETESB (2016).

Para a análise do sistema de tratamento de esgoto, os dados foram organizados a partir de relatórios de ensaios realizados por laboratórios contratados pela ARES-PCJ (ARES-PCJ, 2016). Selecionou-se os dados da ETE Jardim Flores

dos anos de 2015 (mês de agosto) e 2016 (mês de outubro) e da ETE Jardim Conduca dos anos de 2015 e 2016.

Os ensaios foram feitos seguindo as metodologias definidas no *Standard Methods*

(APHA, 2012). Esses dados são referentes aos parâmetros de DBO, demanda química de oxigênio (DQO), óleos e graxas, sólidos sedimentáveis, pH e temperatura. Com os dados organizados, calculou-se as relações DQO/DBO

e as eficiências de remoção de DBO e DQO. Também foi realizada uma avaliação em comparação à legislação CONAMA 430/2011 e ao Decreto Estadual 8468 de 76 (São Paulo, 1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dos Parâmetros de Qualidade de Águas Superficiais

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados valores médios dos parâmetros de qualidade de água

analisados para este estudo, que foram registrados no período entre 2010 e 2014 e para o ano de 2015 nos cinco pontos de amostragem avaliados.

Tabela 2 - Valores médios dos parâmetros de qualidade de água registrados nos três pontos de amostragem localizados no Rio Corumbataí.

Parâmetros	Pontos de amostragem no Rio Corumbataí					
	1		2		3	
	2010-2014	2015	2010-2014	2015	2010-2014	2015
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	49	48	48	49	187	306
Turbidez (UNT)	70	25	77	30	84	26
Nitrato (mg.L^{-1})	0,7	0,9	0,7	0,9	0,7	0,8
NA (mg.L^{-1})	0,24	0,25	0,21	0,17	1,6	2,7
OD (mg.L^{-1})	7,1	7,6	7,3	7,5	5,0	4,5
DBO (mg.L^{-1})	2	2	2	2	7	5
Fósforo (mg.L^{-1})	0,12	0,03	0,08	0,03	0,26	0,40
EC (UFC.100mL ⁻¹)	$3,8 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^4$
Clorofila ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	2,2	4,8	2,2	3,1	1,8	5,6
Faixa de pH		6,6-7,2		6,7-7,1		6,8-7,3

CE - condutividade elétrica; NA - nitrogênio amoniacal; OD - oxigênio dissolvido; EC - *E. coli*.

Fonte: CETESB (2016).

Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros de qualidade de água registrados nos três pontos de amostragem localizados no Rio Corumbataí.

Parâmetro	Pontos de amostragem no Ribeirão Claro			
	4		5	
	2010-2014	2015	2010-2014	2015
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	57	65	332	214
Turbidez (UNT)	31	37	59	103
Nitrato (mg.L^{-1})	0,4	0,3	1,2	1,8
NA (mg.L^{-1})	0,48	0,33	2,6	1,2
OD (mg.L^{-1})	6,3	5,6	6,4	7,0
DBO (mg.L^{-1})	2	3	8	4
Fósforo (mg.L^{-1})	0,1	0,03	0,34	0,32
EC(UFC.100mL ⁻¹)	$7,4 \cdot 10^2$	$9,3 \cdot 10^2$	$2,9 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$
Clorofila ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,5	1,0	6,3	9,9
Faixa de pH		6,4 - 6,8		6,9 - 7,4

CE - condutividade elétrica; NA - nitrogênio amoniacal; OD - oxigênio dissolvido; EC - *E. coli*.

Fonte: CETESB (2016).

Condutividade Elétrica

Apesar de não existir valores pré-estabelecidos de CE para enquadramento de corpos hídricos superficiais na legislação, este parâmetro é de grande importância, sendo adotada em conjunto com outras para avaliação da qualidade das águas superficiais (Piñeiro Di Blasi et al., 2013). Ambientes aquáticos com

valores de CE até $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ refletem águas de boa qualidade e acima do referido valor as águas passam a ser inadequadas ao consumo humano e podem indicar ambientes impactados (Brasil, 2006; Von Sperling, 2007; CETESB, 2016). Dessa forma, esse limite foi utilizado como referência para a avaliação deste parâmetro (Figura 2a). É importante ressaltar que os pontos

3 e 5 foram os que apresentaram os maiores valores. Esses pontos estão à jusante da área urbana do município, assim como no estudo de Palma-Silva (2006) que também encontrou valores de condutividade elétrica mais elevados em ponto de amostragem do rio Corumbataí à

jusante do município e verificou que o rio Corumbataí estava recebendo uma crescente carga de íons, que representam a poluição mineral, causada provavelmente, pela intensa atividade agrícola, principalmente da monocultura de cana-de-açúcar.

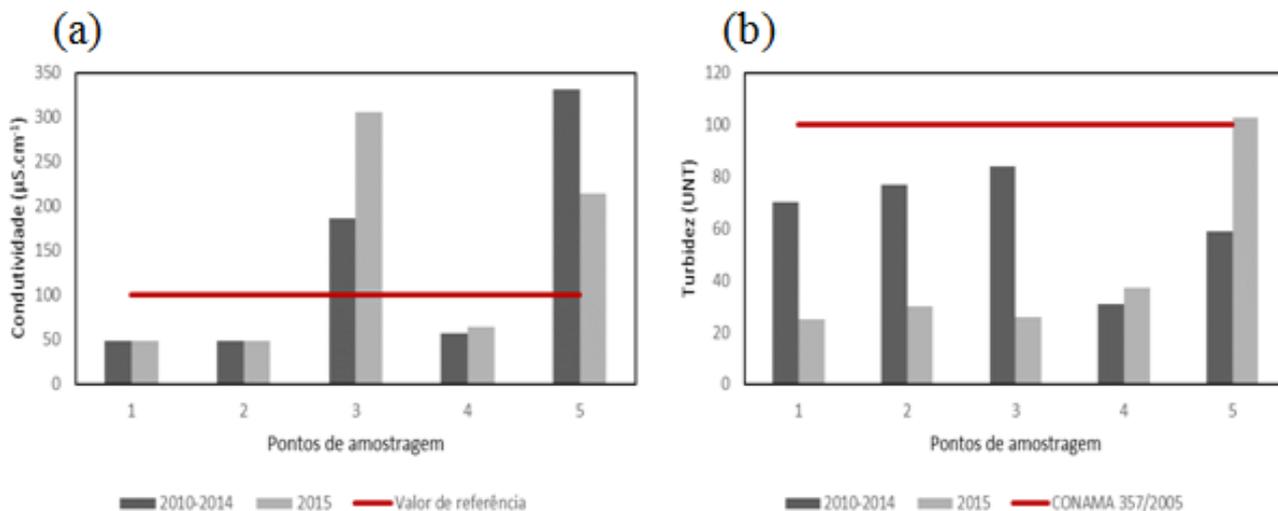


Figura 2 - Resultados comparativos entre os pontos de amostragem referente aos parâmetros Condutividade Elétrica (a) e Turbidez (b) durante o período analisado.

Condutividade Elétrica

Apesar de não existir valores pré-estabelecidos de CE para enquadramento de corpos hídricos superficiais na legislação, este parâmetro é de grande importância, sendo adotada em conjunto com outras para avaliação da qualidade das águas superficiais (Piñeiro Di Blasi et al., 2013). Ambientes aquáticos com valores de CE até 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ refletem águas de boa qualidade e acima do referido valor as águas passam a ser inadequadas ao consumo humano e podem indicar ambientes impactados (Brasil, 2006; Von Sperling, 2007; CETESB, 2016). Dessa forma, esse limite foi utilizado como referência para a avaliação deste parâmetro (Figura 2a). É importante ressaltar que os pontos 3 e 5 foram os que apresentaram os maiores valores. Esses pontos estão à jusante da área urbana do município, assim como no estudo de Palma-Silva (2006) que também encontrou valores de condutividade elétrica mais elevados em ponto de amostragem do rio Corumbataí à jusante do município e verificou que o rio Corumbataí estava recebendo uma crescente carga de íons, que representam a poluição mineral, causada provavelmente, pela intensa atividade agrícola, principalmente da monocultura de cana-de-açúcar.

Turbidez

A turbidez é causada pela presença de sólidos suspensos (compostos orgânicos e minerais) e

seu valor em águas superficiais pode variar, principalmente em períodos chuvosos (Von Sperling & Chernicharo, 2005; Ferreira et al., 2015). Os valores referentes à turbidez são apresentados na Figura 2b, ressaltando que o período de 2010-2014 os resultados não excederam o limite de 100 UNT estabelecido na Resolução CONAMA 357 de 2005. Entretanto, no ano de 2015, o valor de turbidez do ponto de amostragem 5 excedeu este limite, apresentando valor superior (até quatro vezes) aos valores obtidos nos demais pontos de amostragem. Atividades antrópicas como despejo de esgoto sanitário, efluentes industriais, agropecuários e mineração aumentam a turbidez da água resultando em grandes alterações no ecossistema aquático (CETESB, 2013). Outra consequência deste parâmetro se refere a absorção da radiação solar e sua limitação na coluna d'água, reduzindo a capacidade fotossintética de plantas e algas que, conseqüentemente, causa o desequilíbrio do ecossistema (Alves et al., 2008).

Série Nitrogenada e Escherichia coli

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos e, portanto, é um dos nutrientes responsáveis pelo processo de eutrofização e, conseqüentemente, influencia em diversos outros parâmetros como: quantidade de

oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e clorofila α (Esteves, 1998). No presente estudo, os valores obtidos de Nitrato (Figura 3a) foram inferiores ao limite máximo estabelecido por lei de 10 mg.L^{-1} em todos os pontos de amostragem. Segundo Silva & Araújo (2003) valores acima do limite estabelecido por lei, podem indicar

contaminação por disposição inadequada de dejetos humanos, industriais, além de uso de fertilizantes agrícolas, entretanto águas com altas concentrações de nitratos indicam uma poluição distante, já que os nitratos são o produto final de oxidação do nitrogênio (Richter & Azevedo Netto, 1991).

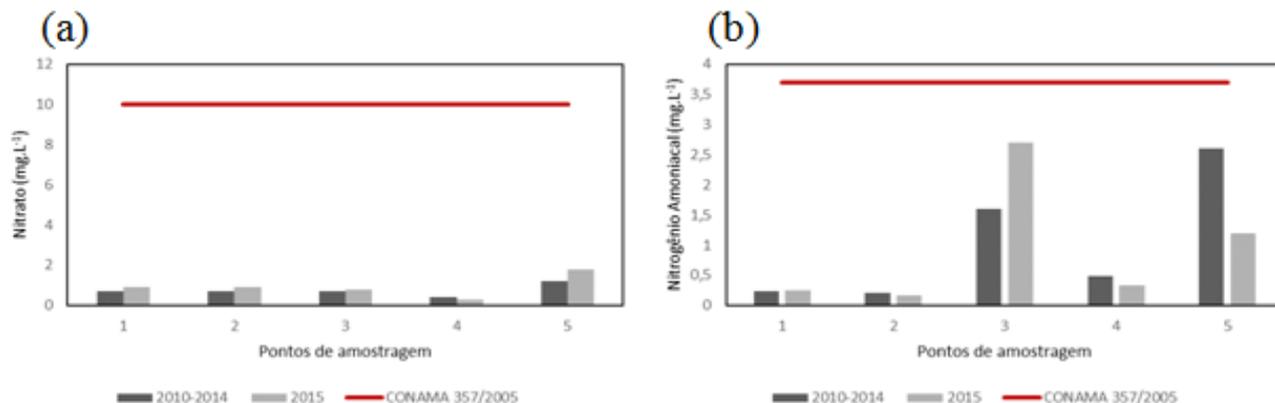


Figura 3 - Gráfico comparativo entre os pontos de amostragem e a Resolução CONAMA 357/2005 para os parâmetros Nitrato (a) e Nitrogênio Amoniaco (b) durante o período de estudo.

Para a análise do nitrogênio amoniaco (Figura 3b) é necessário considerar a faixa de valores de pH. Como a faixa de pH é menor ou igual a 7,5 para todos os pontos, a concentração de nitrogênio amoniaco deve ser inferior ao padrão de $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$, o que de fato aconteceu. Águas que possuem predominantemente nitrogênio orgânico e

amoniaco podem indicar fonte de contaminação recente, pois ocorre nas fases iniciais de decomposição da matéria orgânica (Silva e Araújo, 2003). Como os valores para este parâmetro estão abaixo do limite, os pontos de amostragem estão distantes de possíveis fontes de lançamento de efluentes, notadas pelos valores de *E. coli* (Figura 4).

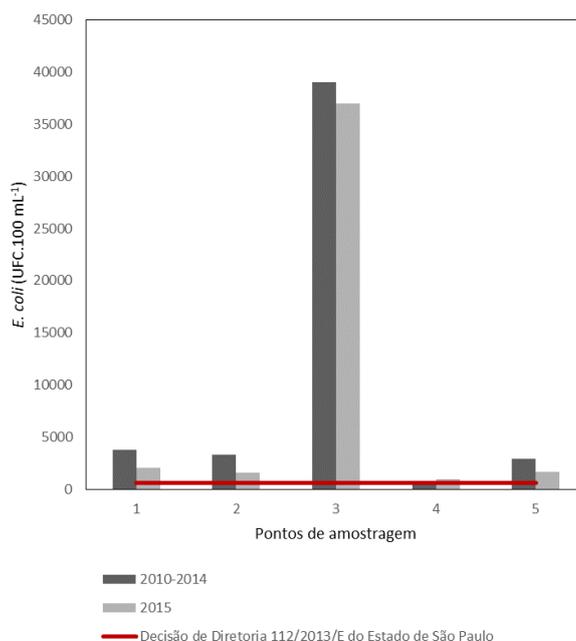


Figura 4. Resultados do parâmetro *Escherichia coli*.

Em todos os pontos de amostragem os valores de *E. coli* apresentaram médias superiores às estabelecidas pela Decisão de Diretoria 112/2013/E do Estado de São Paulo, que define um limite de $600 \text{ UFC.100 ml}^{-1}$. Esse fato indica que existe contaminação fecal, porém não é possível

garantir que seja humana (Von Sperling, 2005). Em relação ao tratamento de esgoto, os organismos indicadores de origem fecal são utilizados como indicadores da eficiência de remoção de patógenos no processo de tratamento que também foram abordados neste estudo (Von Sperling, 2005).

Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido

A DBO é um indicador para a quantidade das substâncias orgânicas biodegradáveis (Palma-Silva, 2006). O lançamento de efluentes com elevada DBO, em corpos hídricos, causa um crescimento maior de bactérias anaeróbias com a função de estabilizar a matéria orgânica e assim, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido (Brasil, 2006).

O valor limite preconizado pela CONAMA 357/2005 para a DBO (Figura 5a) é de 5 mg. L^{-1} , estando assim a média de 2010-2014 dos pontos 3 e 5 acima desse limite, indicando uma quantidade elevada de matéria orgânica nesses pontos para

esse período. No período de 2015 a média não ultrapassou o limite, mas foi maior nesses mesmos pontos em comparação aos outros.

Com relação ao OD (Figura 5b), o ponto de amostragem 3 foi o único em que a média para o ano de 2015 ficou abaixo do valor de maior ou igual a 5 estabelecido pela legislação, sendo que nesse ponto a DBO também esteve fora do limite da legislação, ressaltando o alto consumo de oxigênio por parte de microrganismos. Uma baixa concentração de oxigênio dissolvido pode causar a morte de espécies no ecossistema aquático, pois o oxigênio dissolvido é de fundamental importância na manutenção da vida aquática e da qualidade da água (Von Sperling, 2005).

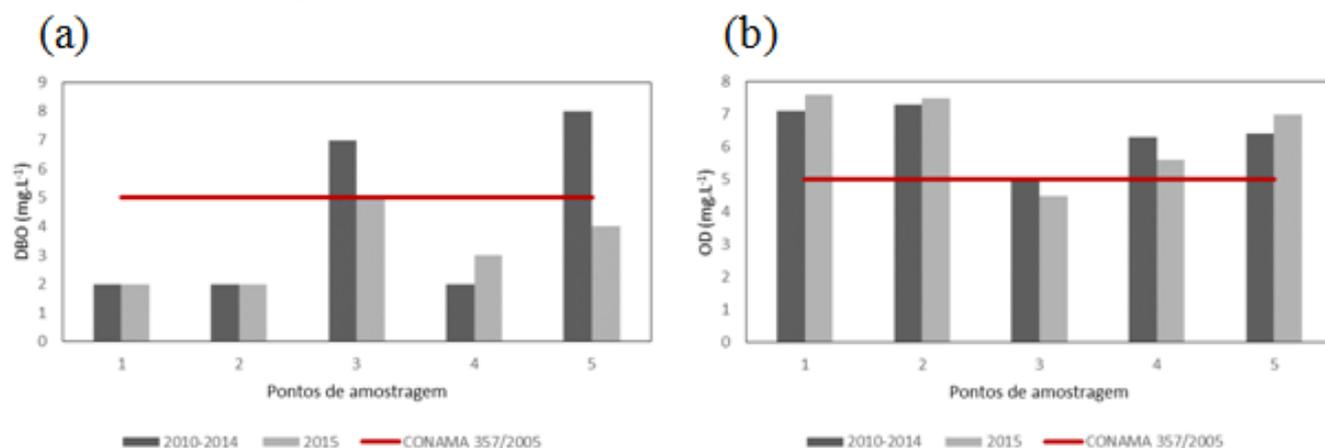


Figura 5 - Resultados comparativos entre os pontos de amostragem e a Resolução CONAMA 357/2005 para os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (a) e Oxigênio Dissolvido (b).

Fósforo Total

Os níveis de Fósforo Total (Figura 6) estiveram acima do limite permitido em todos os pontos durante a amostragem de 2010-2014 e nos pontos 3 e 5 durante 2015. Esse nutriente é importante para o crescimento de algas e tem sido considerado o principal responsável pela eutrofização artificial das águas superficiais, além de limitar sua produtividade (Esteves, 1998). Em

seu estudo no rio Corumbataí, Palma-Silva (2006) concluiu que as atividades industriais e o lançamento de esgoto podem ser os responsáveis pelo fósforo nas águas do rio, mas o principal responsável é o solo das áreas agrícolas quando carregado para dentro do rio, principalmente, durante o período de chuvas. Pode ser, assim, decorrente dos fertilizantes utilizados nas plantações de cana-de-açúcar da região.

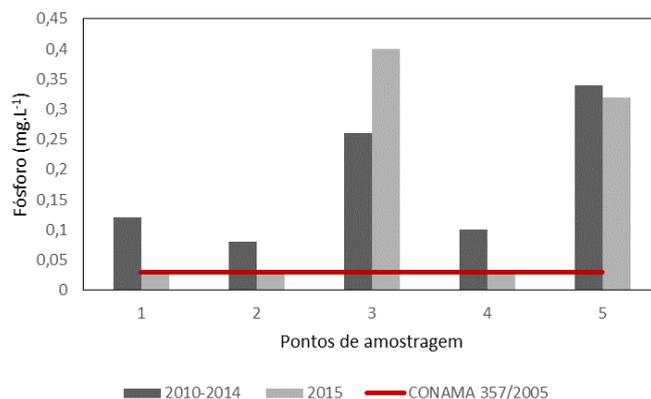


Figura 6 - Resultados do parâmetro Fósforo Total.

Clorofila a

O parâmetro Clorofila a (Figura 7) esteve dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357 de 2005 em todos os pontos de amostragem. Ademais, a média desse parâmetro aumentou em 2015. Quanto ao pH, os valores estão na faixa de 6,4 a 7,4, indicando que a água estava próxima da neutralidade. A faixa aceita pela legislação é entre 6,0 e 9,0.

Metais

A Tabela 4 apresenta as porcentagens de resultados não conformes com os padrões de qualidade para metais entre os anos de 2010 a 2014 e 2015. É perceptível o elevado número de resultados não conformes de Ferro dissolvido. A média já era elevada entre 2010-2014, mas cresceu ainda mais em 2015, chegando a estar

100% do tempo amostrado em não conformidade nos pontos 2 e 4, devendo-se ressaltar que esse último ponto é utilizado como captação da ETA I. De acordo com Richter & Azevedo Netto (1991), valores elevados de ferro são encontrados mais frequentemente em águas superficiais com matéria orgânica. O alumínio dissolvido também apresentou muitos valores em não conformidade de acordo com o padrão de qualidade, ressaltando uma leve melhora em 2015 em relação ao período de 2010-2014 encontrando-se o ponto 1 dentro do padrão no ano de 2015. O Manganês total, que geralmente se encontra associado ao Ferro (Richter, 2009) teve resultados não conformes com o padrão de qualidade na média de 2010-2014, porém durante 2015 todos os pontos respeitaram a legislação.

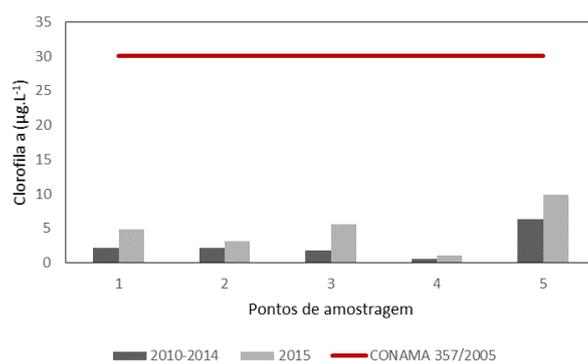


Figura 7 - Resultados do parâmetro Clorofila a.

Tabela 4 - Porcentagem de resultados não conformes com os padrões de qualidade para metais. Média 2010-2014 e média de 2015.

Parâmetro	Pontos de amostragem									
	1		2		3		4		5	
	2010-14	2015	2010-14	2015	2010-14	2015	2010-14	2015	2010-14	2015
Alumínio Dissolvido	68	0	59	50	59	25	59	25	55	25
Cobre Dissolvido	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
Ferro Dissolvido	50	5	64	100	45	75	73	100	77	75
Cádmio Total	5	0	5	0	0	0	0	0	5	0
Chumbo Total	5	0	9	0	5	0	5	0	9	0
Manganês Total	36	0	32	0	41	0	23	0	41	0
Mercurio Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Níquel Total	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Zinco Total	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Toxicidade Crônica	33	50	13	75	23	25	6	0	38	25

Fonte: CETESB (2016).

Esses resultados para o Ferro e o Alumínio podem estar relacionados ao solo da área de estudo, que possui esses elementos em alta quantidade. Segundo a CETESB (2016), os solos são uma fonte significativa desses metais para os corpos d'água por meio do arraste de partículas e de matéria orgânica causado por intensos

processos erosivos. Ainda segundo a CETESB (2016), esses metais também podem estar associados a efluentes industriais.

Os elementos Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Dissolvido, Níquel Total e Zinco Total, elementos que podem ter origem de efluentes industriais (CETESB, 2016), tiveram alguns

resultados não conformes com o padrão de qualidade na média de 2010-2014, entretanto durante 2015 todos os pontos respeitaram a legislação, o que pode indicar que possíveis efluentes industriais podem ter deixado de serem lançados.

Quanto à toxicidade crônica (Ensaio Ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*), que avalia a presença de substâncias com efeitos tóxicos para os organismos aquáticos, todos os pontos durante 2010-2014 tiveram algum resultado não conforme e em 2015 também, com exceção neste ano do ponto 4.

Índices de Qualidade

As Tabelas 5 a 7 apresentam os resultados do IQA, IAP e IET calculados pela Cetesb para o ano de 2015.

O ponto de amostragem 3 obteve um resultado considerado regular, enquanto os outros pontos obtiveram a classificação considerada como boa. Pode-se notar que, de maneira geral, a qualidade da água foi melhor nos meses do período de seca (abril a setembro) em relação aos meses chuvosos (outubro a março), demonstrando a influência da precipitação pluviométrica na qualidade da água, visto que segundo Lucas et al. (2010), a precipitação tem um importante papel na manutenção da qualidade e quantidade da água quando seu regime é regular, pois ela evita a escassez e dilui a concentração dos poluentes nos rios e também produz o escoamento superficial e subsuperficial que carregam sedimentos para as águas superficiais e subterrâneas.

Tabela 5 - Índice de Qualidade das Águas 2015.

Corpo hídrico	Ponto de coleta	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	IQA 2015
Rio Corumbataí	1	63	67	63	67	69	67	66
	2	64	65	64	68	72	66	66
	3	39	48	49	40	41	39	43
Ribeirão Claro	4	59	55	74	75	61	60	64
	5	44	50	60	49	57	49	52

Fonte: CETESB (2016).

Tabela 6 - Índice de qualidade de água (IAP) para fins de abastecimento público (2015).

Corpo hídrico	Ponto de amostragem	Jan	Mai	Jul	Nov	Média IAP 2015
Rio Corumbataí	1 (Captação da ETA II)	61	61	67	66	64
Ribeirão Claro	4 (Captação da ETA I)	37	72	71	3	46

Fonte: CETESB (2016).

Tabela 7 - Índice de Estado Trófico (IET) (2015).

Corpo hídrico	Ponto de amostragem	Jan	Mai	Jul	Nov	Média IET 2015
Rio Corumbataí	1	61	57	53	55	56
	2	59	54	51	55	55
	3	69	65	58	62	63
Ribeirão Claro	4	50	50	50	52	50
	5	70	71	57	54	63

Fonte: CETESB (2016).

Além disso, esses valores de IQA são semelhantes aos encontrados por Zambetta (2006), que calculou o IQA para sete pontos de amostragem ao longo do Rio Corumbataí, que em sua maioria obtiveram classificação considerada boa, com exceção de um ponto classificado como regular durante os meses de março e agosto de 2004, localizado após o município de Rio Claro, depois da confluência do rio Corumbataí com o rio Ribeirão Claro, localização está próxima a dos pontos 3 e 5, que

também apresentaram os menores valores de IQA no presente trabalho. Ainda, segundo Zambetta (2006), a alta quantidade de matéria orgânica, junto à menor velocidade das águas do rio devido à topografia menos inclinada nesse ponto, diminui os valores de oxigênio dissolvido, influenciando no IQA.

Estudo de Falqueto (2008) no rio Corumbataí obteve, para o mesmo ponto citado anteriormente de Zambetta (2006), classificações de IQA regulares (em setembro de 2005 e março de

2006), passando por boa (junho de 2006) e decaindo para ruim no mês de setembro de 2006. Deve-se ressaltar que mesmo em pontos com classificação boa, é necessário analisar os parâmetros separadamente.

O IAP do ponto de captação da ETA II obteve classificação BOA durante todos os meses de amostragem, enquanto no ponto de captação da ETA I oscilou entre REGULAR (Janeiro), BOA (Maio e Julho), chegando a PÉSSIMA na amostragem do mês de novembro, fato preocupante por ser um ponto de captação para a ETA I.

Dessa forma, o tratamento feito pela ETA necessita ser muito eficiente. Este resultado nesse ponto pode ter sido influenciado pelos valores de Ferro dissolvido, que estiveram em 100% do tempo em concentrações acima do permitido e pelo alumínio que teve 25% dos valores em não conformidade, ao contrário do ponto do rio Corumbataí que não teve valores de alumínio em não conformidade e seu IAP foi próximo ao IQA, não tendo sofrido muita influência pelas variáveis que compõe o cálculo do IAP. Além disso, percebe-se que no período seco (Maio e Julho) a qualidade foi melhor do que no período

chuvoso (janeiro e novembro).

O IET foi calculado pela Cetesb com os valores de Fósforo Total e Clorofila *a*, com o intuito de examinar a qualidade da água em relação aos nutrientes, seus efeitos e o crescimento excessivo de Algas e Cianobactérias. Percebe-se que os pontos com maior nível de eutrofização foram o 3 e o 5, influenciados pelos níveis de fósforo total que ultrapassaram o permitido na legislação nesses pontos. Nesses pontos, as concentrações de clorofila *a* também foram as mais altas em comparação aos outros pontos, apesar de não ultrapassar o valor indicado pela legislação.

Avaliação do Sistema de Tratamento de Esgoto

Os dados obtidos das análises do esgoto tratado para os parâmetros DBO, DQO, óleos e graxas, pH, sólidos sedimentáveis e temperatura são apresentados na Tabela 8 para as estações de tratamento de esgoto ETE Flores e ETE Jardim Conduta. A referida tabela apresenta os resultados de análises de laboratório, de empresas prestadoras de serviço para a ARES-PCJ, para as ETEs Flores e Jardim Conduta nos anos de 2015 e 2016.

Tabela 8 - Características físico-químicas do afluente e efluente das ETEs Flores e Jardim Conduta nos anos de 2015 e 2016.

Parâmetro	ETE Flores				ETE Jardim Conduta			
	2015		2016		2015		2016	
	Af	Ef	Af	Ef	Af	Ef	Af	Ef
DBO (mg.L ⁻¹)	363	45	297	30	361	<3	334	65
DQO (mg.L ⁻¹)	753	84	575	63	700	<8	632	141
Óleos e graxas (mg.L ⁻¹)	-	25	-	-	-	15	-	-
pH	-	7,5	-	-	-	6,9	-	-
Sólidos sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	-	<0,5	-	-	-	0,5	-	-
Temperatura (°C)	-	22,7	-	-	-	25,6	-	-

Af - Afluente; Ef - Efluente.

O parâmetro DQO não possui um padrão de qualidade determinado em legislação. Entretanto, de acordo com Von Sperling (2005), a DQO é uma indicação indireta do teor de matéria orgânica e corresponde a uma oxidação química da matéria orgânica. Por sua vez, os sólidos sedimentáveis são aqueles que conseguem sedimentar no período de uma hora.

A temperatura é um parâmetro importante devido a seu efeito nas reações químicas e na vida aquática, sendo que o oxigênio é menos solúvel em águas quentes, então um aumento na temperatura da água causaria a diminuição de oxigênio dissolvido. Quanto aos óleos e graxas,

se estas não forem removidas no tratamento podem interferir na vida biológica das águas superficiais, além de que a baixa solubilidade de óleos e graxas, reduz sua degradação microbiana (Metcalf & Eddy, 2003).

Para a ETE Flores, no ano de 2015, analisando-se a Resolução CONAMA 430 de 2011, a DBO, os óleos e graxas, a temperatura, o pH e os sólidos sedimentáveis estiveram dentro do padrão para lançamento de efluentes de estação de tratamento de esgoto. No âmbito estadual, com relação ao Decreto Estadual 8468 de 76, esses parâmetros também respeitaram a legislação. A eficiência de remoção de DBO foi

de 87,6 % e a eficiência de remoção de DQO chegou a 88,84 %.

A relação DQO/DBO do efluente foi de 2,074 e a do efluente tratado 1,87, indicando que esse efluente possui uma elevada fração biodegradável, conforme as faixas de relações apresentadas por Von Sperling (2005), abaixo de 2,5. Quanto ao ano de 2016, o parâmetro DBO estava dentro do padrão tanto da legislação estadual como da federal. A eficiência de remoção de DBO foi de 89,89 % e a remoção de DQO foi de 89,04 %. A relação DQO/DBO do efluente bruto foi 1,94 e a do efluente tratado foi 2,1. A viabilidade e efetividade da aplicação de processos biológicos para o tratamento do efluente é comprovada a partir da análise conjunta das elevadas eficiências de remoção e dos valores para a relação DQO/DBO.

CONCLUSÕES

A partir dos parâmetros analisados neste estudo para o município de Rio Claro/SP, foi possível concluir que alguns parâmetros de qualidade da água, tais como *E. coli*, fósforo, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, DBO, OD estão em desacordo com o estabelecido pela legislação, podendo causar prejuízos aos corpos d'água do município.

Entre as possíveis causas dos parâmetros que se encontram fora do limite permitido, estão o tipo de solo da área de estudo, o cultivo de cana-de-açúcar, além do lançamento irregular de efluentes domésticos e industriais.

Em relação aos padrões de emissão de efluentes, os dados analisados estão dentro dos limites da legislação, o que pode indicar que as estações de tratamento de esgoto estão cumprindo com seu objetivo, demonstrando um bom funcionamento de sistemas com Reator UASB seguido por lodos ativados, ressaltando a

As amostras de 2015 da ETE Jardim Conduta estavam similarmente de acordo com as legislações. A eficiência de remoção de DBO foi de aproximadamente 99% e a remoção de DQO de aproximadamente 98,8%. A DBO enquadrou-se no limite estabelecido pela Resolução CONAMA 430 de 2011 para as amostras do ano de 2016. Já com relação à legislação estadual, a concentração de DBO deveria ser no máximo 60 mg. L⁻¹, mas esse valor pode ser ultrapassado se a remoção for de no mínimo 80 %. Desse modo, calculando-se essa remoção, tem-se o valor de 80,54 % de remoção, estando esse parâmetro muito próximo ao limite do aceitável. Já a DQO teve uma remoção de 77,69 %, porém não existe um limite na legislação para esse parâmetro. A relação DQO/DBO para o efluente bruto foi de 1,89 e para o efluente tratado foi de 2,17.

importância do saneamento e do tratamento de esgotos tanto para a saúde da população como para o meio ambiente.

Deve-se ressaltar o fato que o pior ponto de amostragem é o 3, ponto que fica mais a jusante do município e assim, recebe todos os possíveis efluentes domésticos e industriais. Esse ponto também recebe as águas do rio Ribeirão Claro, e conseqüentemente do ponto 5, que também apresentou vários resultados ruins. De maneira geral, os parâmetros de qualidade foram piorando conforme os rios passaram pelo município.

Assim, é necessário que as águas superficiais sejam monitoradas e avaliadas constantemente e que as estações de tratamento de esgoto continuem operando de forma eficiente, para que a qualidade da água seja adequada. Também é importante que, em sua maioria, os efluentes domésticos e industriais não sejam lançados sem nenhum tratamento nos corpos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Proc. 2015/06246-7) e à Pró-Reitoria de Pesquisa da UNESP pelos suportes financeiros concedidos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Panorama das águas superficiais do Brasil 2012**. Brasília: ANA, 265 p., 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Relatório conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 169 p., 2017.
- AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório de fiscalização técnica de água do município de Rio Claro**. Americana: ARES-PCJ, 2016.
- ALVES, E.C.; SILVA, C.F.; COSSICH, E.S.; TAVARES, C.R.G.; SOUZA-FILHO, E.E.; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó - Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22th ed. Washington: American Public Health

- Association, 2012.
- BORGES, M.B.N. **Análise ambiental simplificada no entorno de águas superficiais na bacia do rio Corumbataí (SP)**. Rio Claro, 2012. 53 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, 1988.
- BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2007. Disp. em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>.
- BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília, 1997. Disp. em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos–2015**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017. 212 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional 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. Disp. em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disp. em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2018.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2017.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2016.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2013.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Manual medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. 2007. Disp. em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/manual_medicoes_T_20pH_OD.pdf>.
- ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- FALQUETO, M.A. **Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) e dos elementos químicos nas águas e nos sedimentos do rio Corumbataí-SP**. Piracicaba, 2008. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo.
- FERREIRA, A.C.; ROCHA, L.C.; FIGUEIREDO, M.A. Análise Do Índice De Qualidade De Água Na Bacia Do Córrego Do Rio Acima, São João Del-Rei/Mg. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 15, 2015.
- FREDERICE, A.; AMARAL, D.C.; MOREIRA, D.C.; SHITARA, J.; FUESS, L.T.; COSTA, N.R.; CURAN, R.M.; REIS, F.A.G.V.; GIORDANO, L.C. Diagnóstico ambiental do rio Corumbataí em trecho urbano do município de rio claro, SP. **Geociências**, v. 29, n. 4, p. 643-657, 2010.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília: IBGE, 2018. Disp. em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/rio-claro/panorama>.
- LUCAS, A.A.T.; FOLEGATTI, M.V.; DUARTE, S.N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 937-943, 2010.
- MEDEIROS, C.B. **Avaliação Da Vulnerabilidade à Contaminação Das Águas Subterrâneas Do Aquífero Rio Claro Na Mineração Mandu, Distrito de Ajapi – Rio Claro - SP**. Rio Claro, 2012, 68 p, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) –Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1815p. 2003.
- MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Geografia - USP, 130 p., 1973.
- MORI, G.B.; CASSIANO, C.C.; FERRAZ, S.F.D.B.; CAMARGO, A.F.M. Bacia do rio Corumbataí: uso do solo e características limnológicas. In: MORAES, M.E.B.; LORANDI, R., **Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas**. Ilhéus: Editus, p. 219-239, 2016.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disp. em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em: 16 ago. 2018.
- PALMA-SILVA, G.M.D. **Relação dos indicadores microbiológicos com outros parâmetros limnológicos no rio Corumbataí, SP, no intuito de propor um modelo matemático para gestão ambiental**. Rio Claro, 175 p., 2006. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro.
- PIÑEIRO DI BLASI, J. I.; MARTÍNEZ TORRES, J.; GARCÍA NIETO, P. J.; ALONSO FERNÁNDEZ, J. R.; DÍAZ MUÑIZ, C.; TABOADA, J. Analysis and detection of outliers in water quality parameters from ‘different automated monitoring stations in the Miño river basin (NW Spain)’. **Ecological Engineering**, v. 60, p. 60–66, 2013.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO - SP. **Diagnóstico Ambiental e desenvolvimento de sistemas de implementações de projetos de recuperação da qualidade dos corpos d’água - Volume I – Levantamento básico do município**. Rio Claro, 2014. Disp. em: <<http://www.rioclaro.sp.gov.br/pd/arquivos/VolumeILevantamento.pdf>>.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO - SP. **Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário**. Rio Claro, 2016. Disp. em: <http://www.rioclaro.sp.gov.br/ps/arquivos/Parte_07_Diagnostico-Esgoto.pdf>.
- RICHTER, C.A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.
- RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M.D. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.
- SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de diretoria nº 112/2013/E, de 09 de abril de 2013**. Dispõe sobre o estabelecimento dos valores limites do parâmetro *Escherichia coli* (*E. coli*), para avaliação da qualidade dos corpos de águas do território do Estado de São Paulo. São Paulo, 2013.
- SÃO PAULO (Estado). **Decisão de diretoria nº 112/2013/E, de 09 de abril de 2013**. São Paulo: CETESB, 2013.
- SÃO PAULO (Estado). **Decreto n.º 8468, de 8 de setembro de 1976**. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Lex-Coletânea de Legislação e Jurisprudência, São Paulo, p. 1-76, 1976.

- SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 8468, de 8 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.
- SILVA, K.C. **Qualidade da água ao longo do Rio Capivara no município de Botucatu - SP**. Botucatu. 2007. 57 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas.
- SILVA, R. C.A. & ARAUJO, T.M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciênc. Saúde Coletiva**. São Paulo, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.
- SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apresentação CBH_PCJ**. Disp. em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhpcj/apresentacao>>.
- VALENTE, O.A. & VETTORAZZI, C.A. Avaliação da estrutura florestal na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 45-57, 2005.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, v. 7, 452 p., 2007.
- VON SPERLING, M. & CHERNICHARO, C.A.L. **Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions**. Londres: IWA Publishing, 2005.
- ZAINE, J.E. **Geologia da formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)**. 1994. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1994.
- ZAINE, J.E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. Rio Claro, 149 p. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
- ZAMBETTA, P.M.A. **Espécies químicas inorgânicas (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Sn) no sedimento e nos sólidos em suspensão do rio Corumbataí, SP**. Piracicaba, 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo.

Submetido em 14 de dezembro de 2018

Aceito em 3 de maio de 2019