

## IV-1130 - ANÁLISE DA POLUIÇÃO PONTUAL E DIFUSA NO MUNICÍPIO DE MOGI DAS CRUZES/SP E SUA CORRELAÇÃO COM A QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO TIETÊ

### **Andréia Pedroso<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (UFPR). Coordenadora na Divisão de Recursos Hídricos da ENGENCORPS ENGENHARIA S.A.

### **Geovana Thais Colombo Fernandes<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia Ambiental (UFPR). Coordenadora na Divisão de Recursos Hídricos da ENGENCORPS ENGENHARIA S.A.

### **Juliana Alencar<sup>(3)</sup>**

Engenheira Ambiental (UL) e Bióloga (IB-USP). Doutorado e Mestrado pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (PHA POLI USP). Especialização técnica em medidas compensatórias na LA Sanitation, Califórnia. Pós-doutorado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (USP). Professora na FATEC-SP e no Programa de Educação Continuada da POLI USP.

### **Raquel Chinaglia Pereira dos Santos<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Civil/Hidráulica (USP). Líder da Divisão de Recursos Hídricos da ENGENCORPS ENGENHARIA S.A.

### **Lupércio Zioldo Antonio<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Civil. Diretor Regional do DAEE - Bacia do Baixo Tietê. Governador Honorário do Conselho Mundial da Água.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Alameda Tocantins, 125 - 12º andar - cj.1202. Alphaville – Barueri/SP - CEP: 06455-020. Tel: (11) 2135-5252 - E-mail: [andreia.pedroso@engecorps.com.br](mailto:andreia.pedroso@engecorps.com.br).

## **RESUMO**

O mapeamento das fontes de poluição nas bacias hidrográficas é de fundamental importância para um melhor entendimento dos processos atuantes que geram fatores de degradação. Além disso, auxilia na definição de pontos de interesse para o monitoramento da qualidade da água, que por sua vez é uma importante ferramenta para o entendimento da dinâmica ambiental de corpos hídricos. Em geral, a caracterização da qualidade da água é realizada através da utilização de variáveis físico-químicas, que se relacionam com diversos processos antrópicos. Dentre os parâmetros de qualidade da água, destacam-se o oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que têm relação direta com a quantidade de matéria orgânica presente na água. Em áreas urbanas, OD e DBO têm seu padrão alterado principalmente pelo lançamento de esgotos domésticos e pelo carreamento de constituintes orgânicos por meio do sistema de drenagem pluvial.

Nesse contexto, o presente trabalho avalia a geração de cargas poluidoras pontuais e difusas na área urbana de Mogi das Cruzes, no estado de São Paulo, relacionando-a com a qualidade da água do rio Tietê e de seus principais afluentes na área em estudo.

A caracterização das cargas poluentes foi utilizada para determinação do potencial poluidor das sub-bacias, evidenciando-se os pontos de maior contribuição para a perda da qualidade da água do rio Tietê. Outrossim, os resultados das amostragens de qualidade da água nos corpos hídricos, avaliados com base nos parâmetros OD e DBO e no indicador IQA calculado, apontaram que a área urbana do município de Mogi das Cruzes vem contribuindo para a deterioração da qualidade da água do rio Tietê. Isso se deve ao fato de que a maior parte dos seus afluentes no trecho em estudo, em especial na margem esquerda, estão transportando elevada carga orgânica, proveniente principalmente de lançamentos irregulares de esgoto doméstico e de águas de lavagem associadas ao sistema de drenagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição hídrica, Lançamento de esgotos domésticos, Carga de lavagem de superfície, Amostragens de água, Índice de qualidade da água.

## INTRODUÇÃO

A Política Nacional do Meio Ambiente define poluição como sendo a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente afetem desfavoravelmente a biota, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981). Isso se reflete, por sua vez, em danos à população, que fica exposta a todas as mazelas associadas a ecossistemas degradados.

Quando se trata de poluição hídrica, as cargas poluentes que afluem aos cursos de água podem ser caracterizadas em dois tipos: i) cargas pontuais, aquelas passíveis de serem caracterizadas e rastreadas, como esgotos domésticos e efluentes industriais; e ii) cargas difusas, que são geradas ao longo da bacia hidrográfica, por inúmeros agentes, alcançando os corpos hídricos principalmente por ocasião dos eventos de chuvas através da lavagem da superfície da bacia promovida pelo escoamento superficial (NOVOTNY, 2003).

Uma das situações de poluição hídrica mais críticas no Brasil ocorre no rio Tietê, no estado de São Paulo. Sua bacia hidrográfica, em especial o trecho de cabeceira – Bacia do Alto Tietê (BAT), tem como característica a presença de municípios com elevada concentração populacional e intensa atividade industrial, e onde o controle das cargas poluentes não se encontra consolidado. Como exemplo, o município de Mogi das Cruzes, onde se inicia de maneira mais expressiva a deterioração da qualidade de suas águas, conta com índice de coleta de 86,9% e de tratamento de 47,7% (SNIS, 2020), e as iniciativas voltadas para o controle de cargas pontuais são deficientes e de cargas difusas são praticamente inexistentes. Dessa forma, as cargas pontuais, através dos lançamentos de esgotos não tratados e de efluentes domésticos e industriais oriundos de estações de tratamento, e as cargas difusas, resultantes do carreamento de matéria orgânica e outros constituintes por meio do sistema de drenagem pluvial, resultam em grande impacto no rio Tietê.

Se por um lado o rio Tietê chama a atenção pela poluição, é irrefutável também sua importância para a população paulista como provedor de serviços de abastecimento, geração de energia hidrelétrica, navegação, além do seu valor ambiental enquanto ecossistema aquático. Por esse motivo, diversas medidas vêm sendo tomadas no intuito de reverter essa situação e seus efeitos adversos, destacando-se o Programa Renasce Tietê (PRT), concebido pelo Governo do Estado de São Paulo e em execução pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), com o foco principal de abordar, de forma integrada envolvendo aspectos ambientais e sociais, a recuperação das várzeas e a melhoria da qualidade da água do rio Tietê (REBOB, 2019).

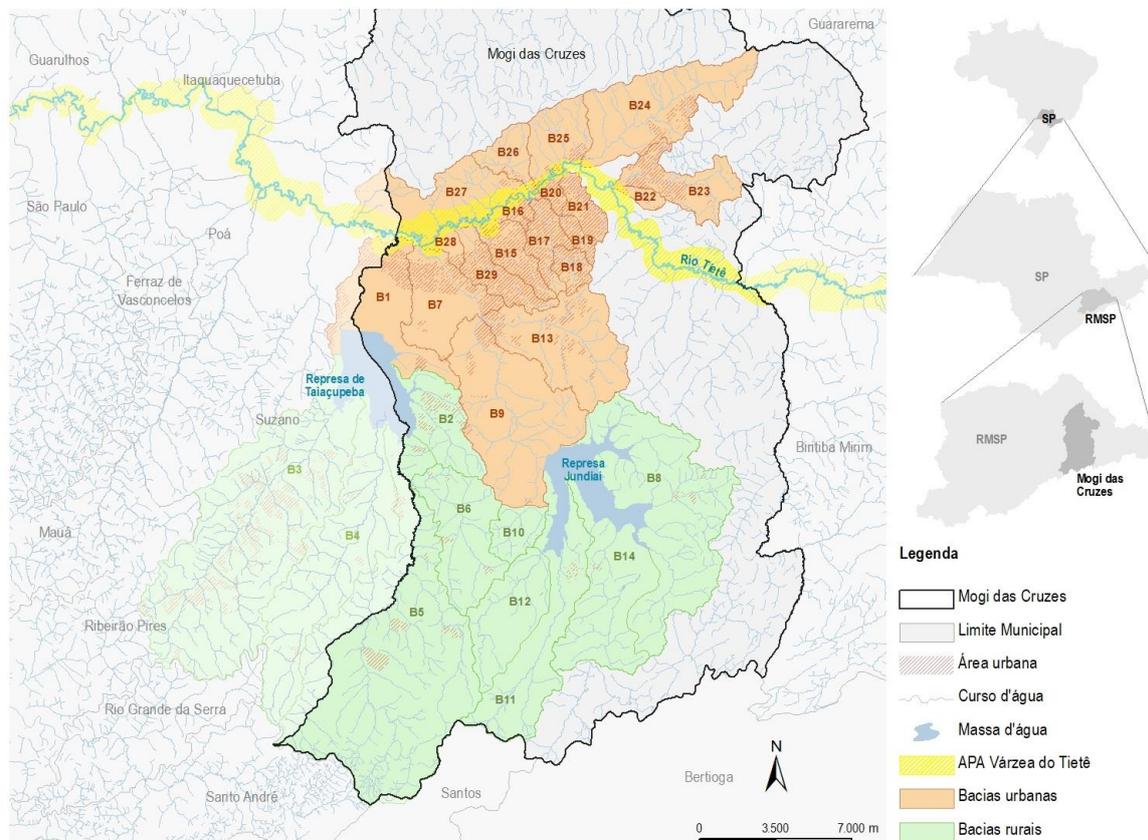
Esses propósitos se lograrão por meio de ações específicas, dentre as quais se destaca o estudo que está sendo executado pela empresa ENGEORPS ENGENHARIA S.A. para o DAEE, que busca propor soluções para a redução da poluição no rio Tietê na área urbanizada de Mogi das Cruzes/SP, contemplando infraestruturas de saneamento, intervenções hidráulicas para coleta e tratamento de águas de drenagem, e técnicas de recuperação de rios urbanos.

No contexto do estudo supracitado, o presente trabalho avalia a geração de cargas poluidoras pontuais e difusas em Mogi das Cruzes/SP, e apresenta a caracterização da qualidade da água do rio Tietê e de seus principais afluentes no trecho compreendido na área considerada.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para um melhor entendimento dos processos que geram fatores de degradação, foi realizada a identificação e quantificação das principais fontes de poluição pontuais e difusas que contribuem de maneira mais expressiva para a poluição do rio Tietê em Mogi das Cruzes. Adicionalmente, foi realizada a caracterização da situação atual da qualidade das águas no rio Tietê e afluentes, e a caracterização da qualidade das águas em sarjeta que escoam para os corpos hídricos por meio dos sistemas de drenagem urbana.

A fim de permitir a análise da contribuição de cargas pontuais dos esgotos não coletados, assim como a modelagem da produção de cargas difusas, foram definidas sub-bacias (Figura 1 e Quadro 1) a partir da hidrografia dos afluentes do rio Tietê, bem como dos padrões de uso e ocupação do solo.



**Figura 1: Localização das sub-bacias contribuintes para análise da poluição pontual e difusa.**

**Quadro 1: Relação das sub-bacias contribuintes para análise da poluição pontual e difusa.**

Sub-bacia	Curso de água principal	Sub-bacia	Curso de água principal
<b>B1 a B6</b>	Taiacupeba	<b>B21</b>	Lavapés
<b>B7 a B12, B14</b>	Jundiáí	<b>B22 e B23</b>	Corvos
<b>B13</b>	Oropó	<b>B24</b>	Botujuru
<b>B15</b>	Gregório	<b>B25</b>	MD (entre Botujuru e Bento)
<b>B16</b>	Eroles	<b>B26</b>	Bento
<b>B17 e B18</b>	Ipiranga	<b>B27</b>	AFK / AFL
<b>B19</b>	Negro	<b>B28</b>	ME (entre Jundiáí e Canudos)
<b>B20</b>	ME (entre Ipiranga e Lavapés)	<b>B29</b>	Canudos

Nota: ME = Margem esquerda do rio Tietê; MD = Margem direita do rio Tietê.

Para identificação do lançamento de cargas pontuais nos corpos hídricos da área de estudo, foram utilizadas informações fornecidas pelo Serviço Municipal de Águas e Esgotos de Mogi das Cruzes (SEMAE) e pela Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, em especial o cadastro do sistema de esgoto existente e o Plano Municipal de Saneamento Básico, além de inspeções *in loco*.

No que se refere à poluição difusa, foi utilizado o Método da Unidade de Carga, o qual, através da modelagem matemática, correlaciona o uso do solo existente na área de estudo com a produção de carga difusa para cada tipologia. A matriz de geração de carga difusa para as classes de uso e ocupação do solo foi elaborada a partir de adaptações em estudos existentes na bibliografia técnica (NOVOTNY, 2003; STEINKE, 2007; PRIME-FCTH, 2016; CECHHI et al, 2007; FCTH, 2016; SABESP, 2022).

De modo a validar o mapeamento das fontes de poluição, bem como caracterizar a qualidade da água, foram realizadas coletas de 150 amostras de água nos corpos hídricos e de 16 amostras de água captada em bocas de

lobo (águas de lavagem de superfície escoadas em sarjetas). Os parâmetros amostrados foram: coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, OD, pH, DBO, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais. Além desses, para melhor caracterização da carga difusa foram ainda adicionados nas análises de água em sarjeta os seguintes parâmetros: BTEX, metais (alumínio, bário, chumbo, cobalto, cromo, ferro, manganês, magnésio, níquel, zinco) e surfactantes.

As amostragens nos corpos hídricos foram realizadas em três campanhas entre outubro e dezembro de 2022, abrangendo o final do período seco, a transição entre os períodos e o início do período chuvoso. Dessa maneira, foi possível amostrar sob diferentes condições de precipitação, haja vista que essa variável possui grande influência nos processos depurativos, no arraste e na diluição de poluentes, contribuindo para a melhor representatividade dos resultados obtidos. A alocação de 50 pontos de coleta (Figura 3) fundamentou-se em locais característicos da heterogeneidade dos usos e ocupação do solo existentes que, por sua vez, possui estreita relação com as diferentes contribuições para a poluição hídrica. Também foram consideradas as nuances da macrodrenagem observadas em campo, como os indícios da presença de lançamentos de efluentes domésticos, provenientes de edificações próximas ao curso de água com soleira negativa, além de ligações cruzadas no sistema de microdrenagem, evidenciadas pela coloração e odor, mais pronunciados em alguns afluentes. Os pontos de coleta foram codificados com os sufixos “QTIE” (rio Tietê) e “QAFA” a “QAFJ” (afluentes), e numerados em ordem crescente de montante para jusante.

Para coleta das águas em sarjeta, foram construídos amostradores com base no modelo desenvolvido no âmbito do “Projeto Jaguaré”, pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, que por sua vez foi adaptado do modelo criado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O amostrador consiste em uma estrutura plástica que intercepta o fluxo de entrada na boca de lobo, direcionando as águas dos primeiros instantes da precipitação para uma garrafa coletora munida de uma válvula de retenção (Figura 2).



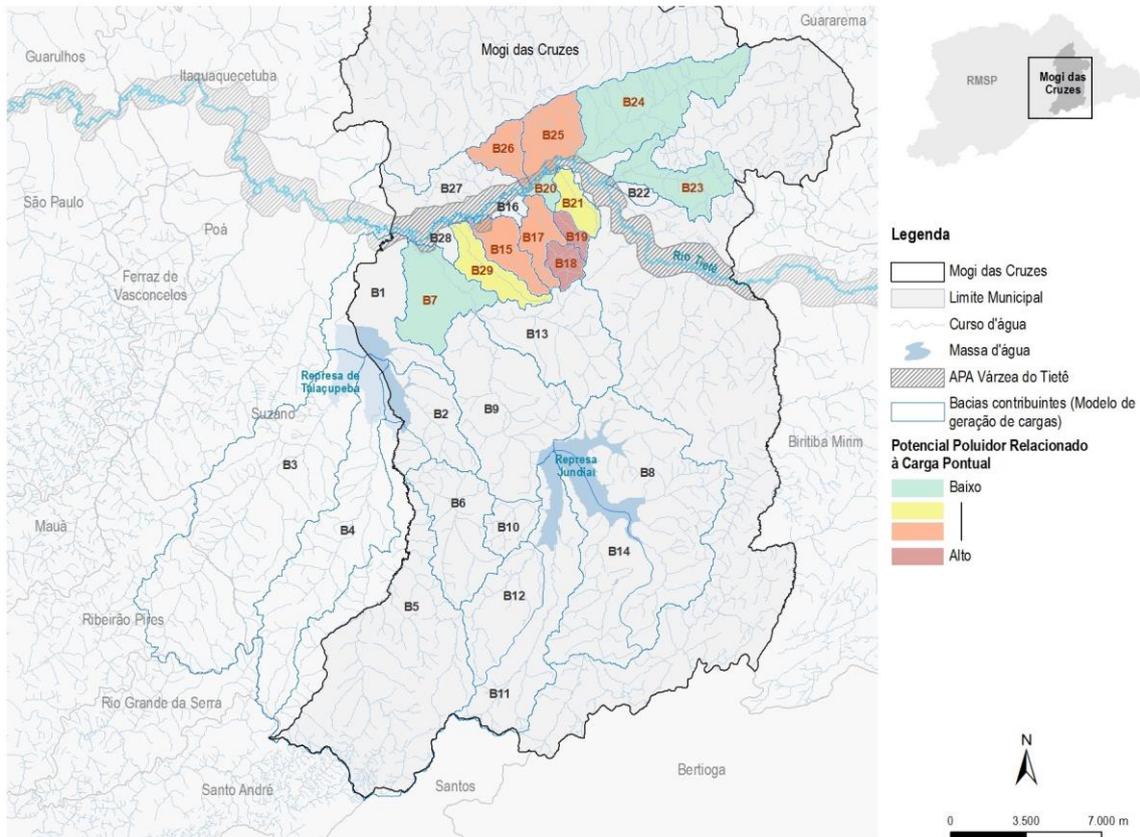
**Figura 2: Amostrador de águas em sarjeta.**

A alocação dos pontos de coleta de águas de sarjeta (Figura 4) foi estabelecida a partir da análise do uso do solo, através de imagens de satélite atualizadas, em conjunto com a verificação da existência de bocas de lobo nas regiões das tipologias identificadas, por meio do recurso *Google Street View*® e de visitas *in loco*. Os amostradores foram instalados em oito bocas de lobo da área de estudo, representativas das principais tipologias de uso e ocupação do solo identificadas, conforme relacionado a seguir:

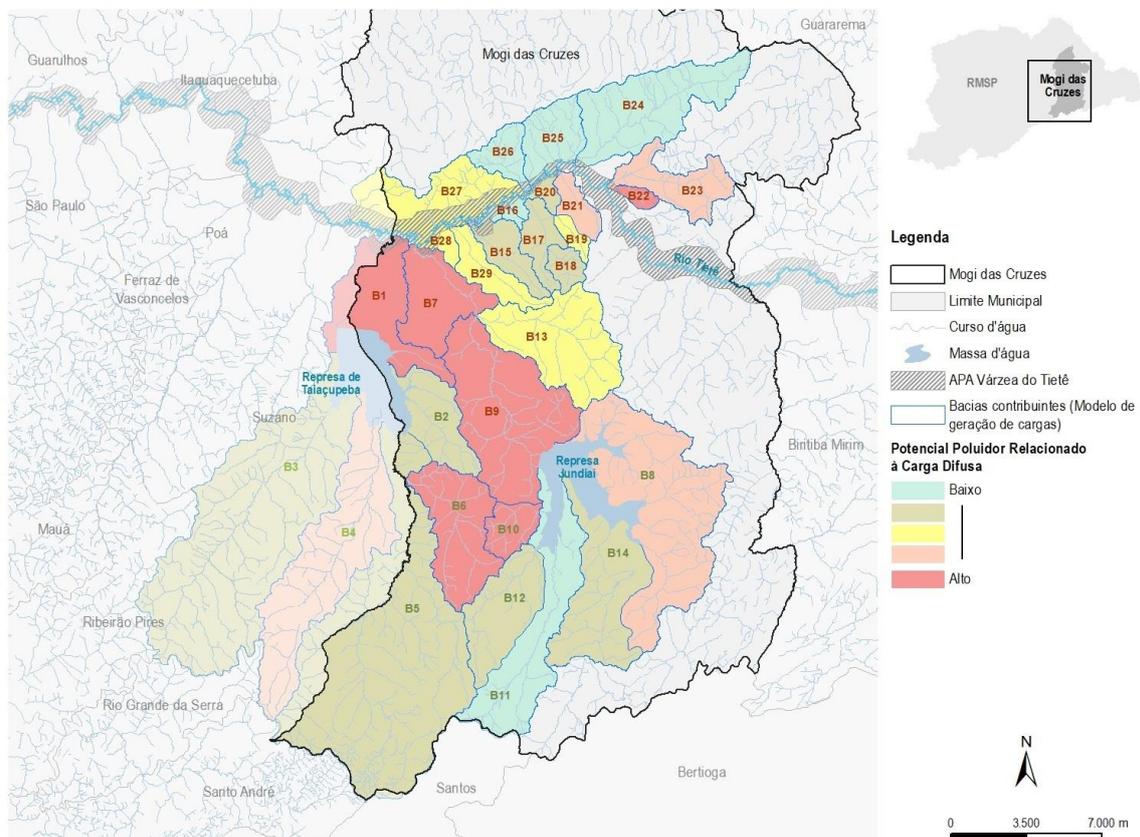
- Residencial horizontal – alto padrão
- Residencial horizontal – médio padrão
- Residencial horizontal – aglomerados subnormais
- Residencial vertical
- Comercial – alto padrão
- Comercial – popular
- Comercial – industrial
- Rodovia

Foram efetuadas duas campanhas de coleta e análise de qualidade da água, sendo a primeira após um período sem chuva volumosa e a segunda durante eventos consecutivos de chuva volumosa.





**Figura 5: Potencial poluidor das sub-bacias contribuintes – Modelo de geração de cargas pontuais.**



**Figura 6: Potencial poluidor das sub-bacias contribuintes – Modelo de geração de cargas difusas.**

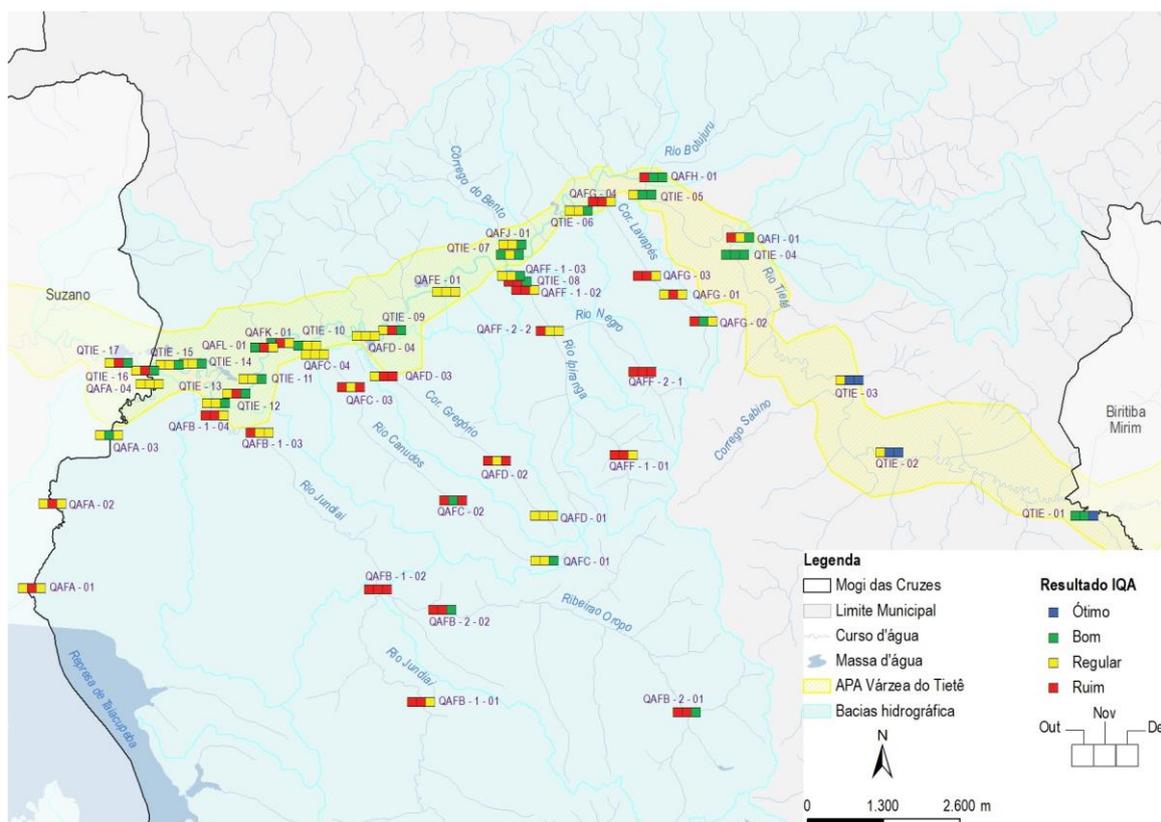
A partir da análise do potencial poluidor pontual das sub-bacias contribuintes que afluem para o rio Tietê na área urbana de Mogi das Cruzes, observou-se que nas sub-bacias do ribeirão Ipiranga (B17 e B18) e seu afluente rio Negro (B19), e dos córregos Gregorio (B15) e Bento (B26) o potencial poluidor de cargas pontuais é médio-alto a alto. Isso se deve à grande extensão de rede com deficiência de coletores, cujos lançamentos dos esgotos são realizados nos corpos hídricos ou no sistema de drenagem.

No que se refere à poluição difusa, os resultados apontaram para um alto potencial de produção de cargas difusas principalmente nas sub-bacias dos rios Jundiá (B7 a B10) e Taiacupeba (B1 e B6) e dos córregos Lavapés (B21) e Corvos (B23).

A sub-bacia do rio Negro (B19) caracteriza-se pelo maior potencial poluidor de forma conjunta, pois apresenta diversos pontos de lançamento de esgotos não tratado e constituição de uso e ocupação do solo atrelada a uma média geração de cargas difusas.

### Índice de Qualidade da Água

Os parâmetros amostrados foram utilizados para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), conforme CETESB (2009). O índice calculado para cada campanha é apresentado na Figura 7.



**Figura 7: Resultados do IQA por ponto e por campanha.**

O IQA para a maioria dos pontos resultou em qualidade regular a ruim, em especial na primeira e na segunda campanha de monitoramento, respectivamente referentes ao período seco e à transição para o período chuvoso. Já na terceira campanha, durante o período chuvoso, os corpos hídricos apresentaram, em geral, a melhora do índice. Aparentemente, houve uma diluição dos poluentes devido ao aumento das vazões. Entretanto, uma piora no índice de qualidade foi observada nos pontos QAFK-01 e QAFK-01 (sub-bacia B27), localizados na área rural na margem direita do rio Tietê, o que pode significar predominância da poluição difusa nessas bacias.

No rio Tietê o IQA na primeira e na segunda campanha foi predominantemente regular, com ocorrência de índices ruins a partir da confluência do córrego Eroles (ponto QAFE-01, sub-bacia B16) na segunda campanha, ao passo que na terceira campanha a maior parte dos pontos apresentou índice de boa qualidade. É importante evidenciar que os pontos que se encontram a montante da mancha urbana de Mogi das Cruzes foram os únicos a registrarem IQA ótimo, na segunda e na terceira campanha.

O rio Jundiá e seu afluente Oropó (pontos QAFB, sub-bacias B7 a B14), o ribeirão Ipiranga e seu afluente rio Negro (pontos QAFF, sub-bacias B17 a B19) e o córrego Lavapés (pontos QAFG, sub-bacia B21) chamam a atenção pela predominância de IQA ruim para a maior parte das amostragens em seus cursos nas duas primeiras campanhas. No entanto, os ribeirões Oropó e Ipiranga apresentaram IQA bom na terceira campanha.

## OD e DBO

Para outras discussões dos resultados deste trabalho, selecionou-se os parâmetros de qualidade da água OD e DBO, devido à sua relação direta com a quantidade de matéria orgânica presente no ecossistema aquático e, portanto, serem largamente utilizados para análises de poluição hídrica em áreas urbanas.

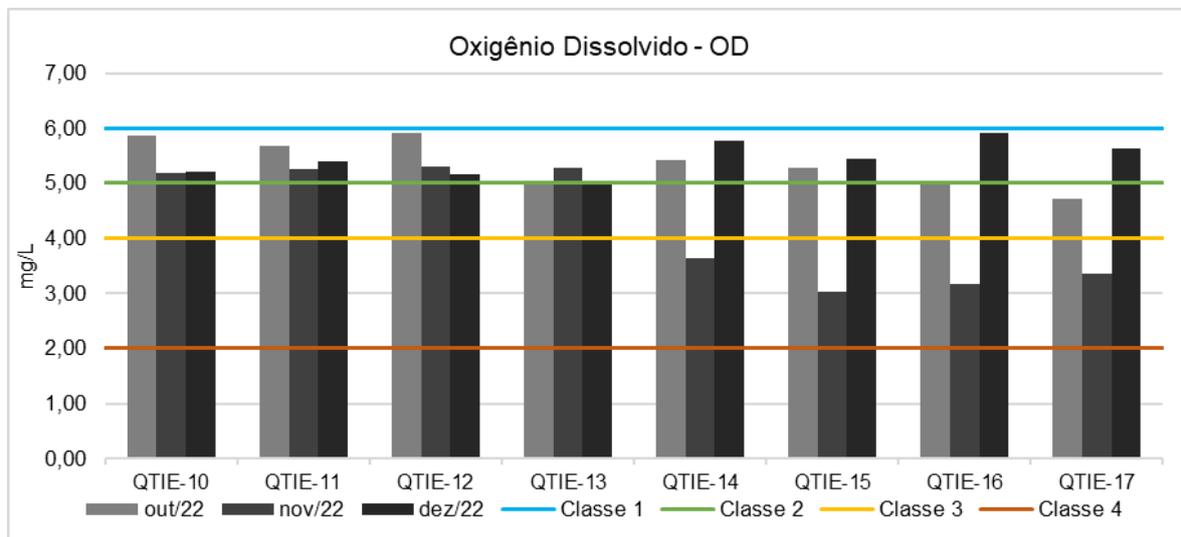
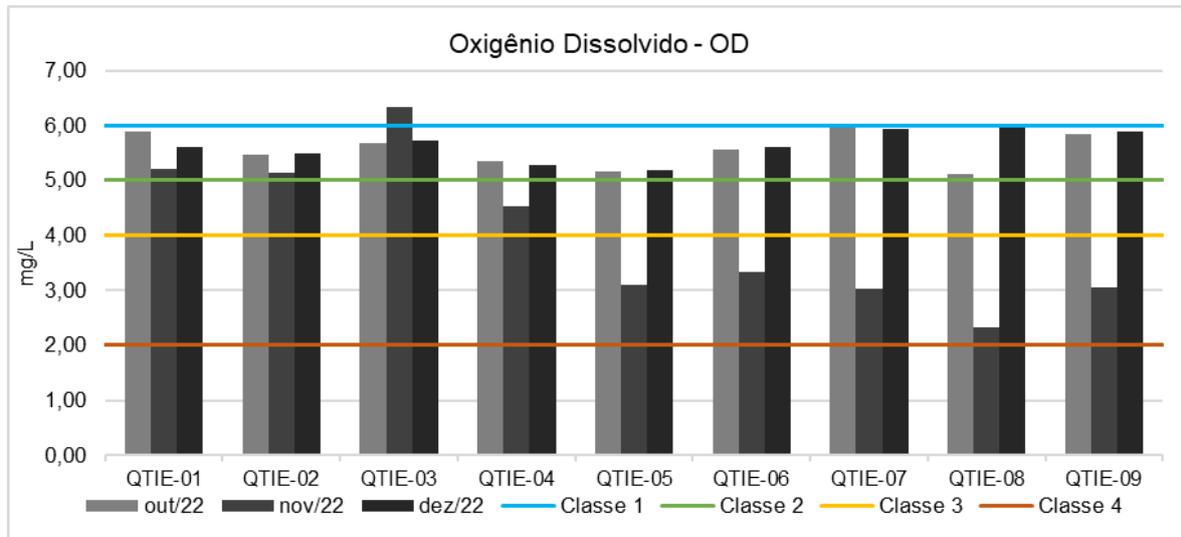
Os gráficos a seguir ilustram, para tais parâmetros, os resultados das três campanhas de qualidade da água para os 50 pontos amostrados, comparando-os com os valores limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 conforme as diferentes classes de qualidade.

O OD e a DBO do rio Tietê em geral se mantiveram dentro dos padrões de qualidade para rios classe 2. No entanto, próximo à confluência do rio Jundiá (ponto QTIE-12) e após a confluência do rio Taiapuê (ponto QTIE-17), ao final do trecho urbanizado de Mogi das Cruzes, foram encontrados valores de DBO de 78 e 60 mg/L, respectivamente.

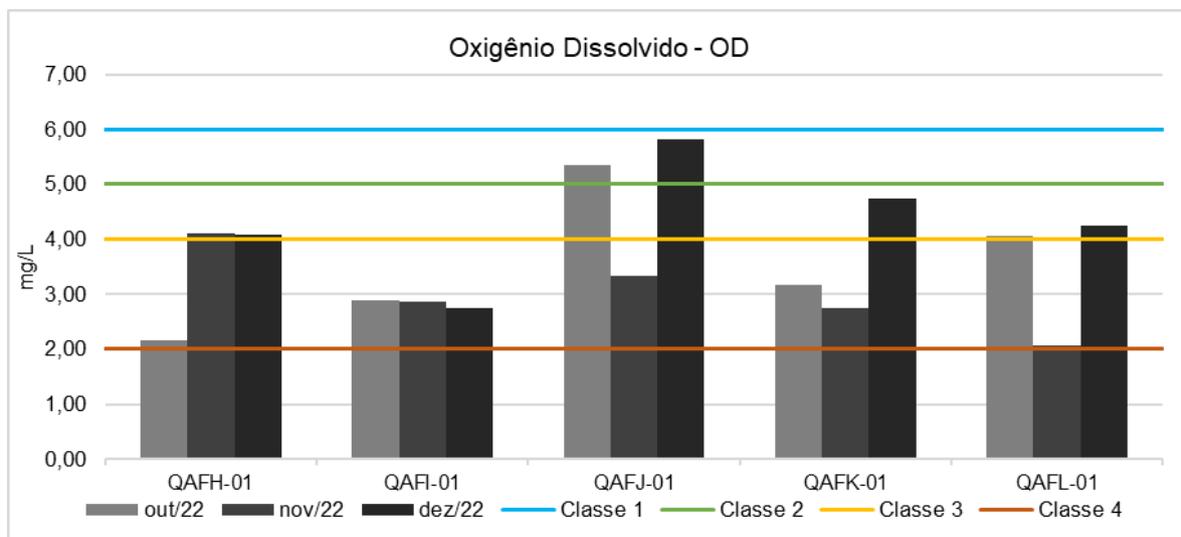
Em seus afluentes, o OD e a DBO apresentaram-se bastante variáveis entre os pontos e entre as campanhas. Nos afluentes da margem direita, apenas o córrego Bento (ponto QAFJ-01, sub-bacia B26) atingiu padrões de OD para classe 2, sendo que os demais resultados foram, em sua maioria, condizentes com rios classe 4. Os afluentes da margem esquerda também apresentaram, na maior parte dos casos, valores de OD para rios classe 4. Nos corpos hídricos da margem direita, com base nos valores médios, o rio Botujuru (ponto QAFH-01, sub-bacia B24) e córrego Corvos (ponto QAFI-01, sub-bacia B23) se classificam como corpos de água de classe 4, o afluente “AFK” (ponto QAFK-01, sub-bacia B27) como classe 3 e os córregos Bento (ponto QAFJ-01, sub-bacia B26) e “AFL” (ponto QAFL-01, sub-bacia B27) como classe 2. Já na margem esquerda foram constatados os maiores valores de DBO nas amostras realizadas. Destacam-se o ribeirão Ipiranga e seu afluente rio Negro (pontos QAFF, sub-bacias B17 a B19), o córrego Lavapés (ponto QAFG, sub-bacia B21) e o rio Jundiá e seu afluente Oropó (pontos QAFB, sub-bacias B7 a B14) com valores de DBO acima de 200 mg/L, aproximando-se de valores característicos de esgoto bruto. Dessa maneira, a maior parte dos corpos hídricos na margem esquerda do rio Tietê na área urbana de Mogi das Cruzes se encontra com alto grau de degradação de suas águas, pertencentes à classe 4 de qualidade.

O resultado do monitoramento em corpos hídricos, avaliado por meio dos parâmetros OD e DBO, mostrou-se coerente com dados médios de monitoramento da CETESB (2016 a 2021) e do SEMAE (2011 a 2022) na área de estudo. Além disso, a análise conjunta desses resultados com a situação do cadastro do sistema de esgoto existente, o qual foi utilizado na caracterização das cargas pontuais nos corpos hídricos, apontou para a relação direta entre deficiências de infraestrutura de saneamento e perda de qualidade da água.

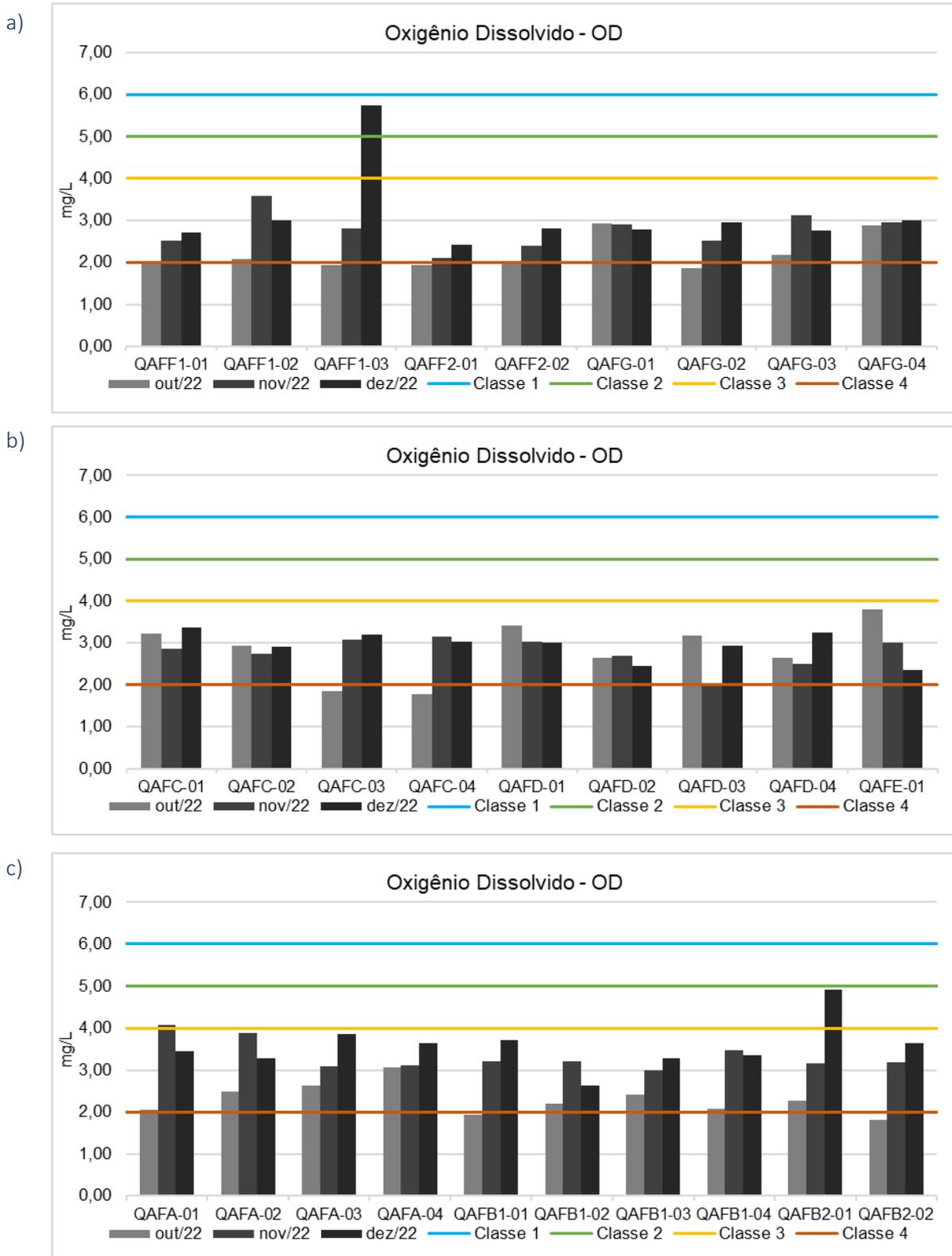
Por fim, outro fator importante constatado foi o comportamento da qualidade da água, em especial no rio Tietê, ao longo das campanhas. O início das chuvas (segunda campanha) trouxe o acumulado da carga difusa do período de estiagem, levando à perda de qualidade. Já a ocorrência frequente de chuvas de elevada intensidade (terceira campanha) resultou na diluição da carga poluente e no aumento da capacidade autodepuradora dos cursos de água.



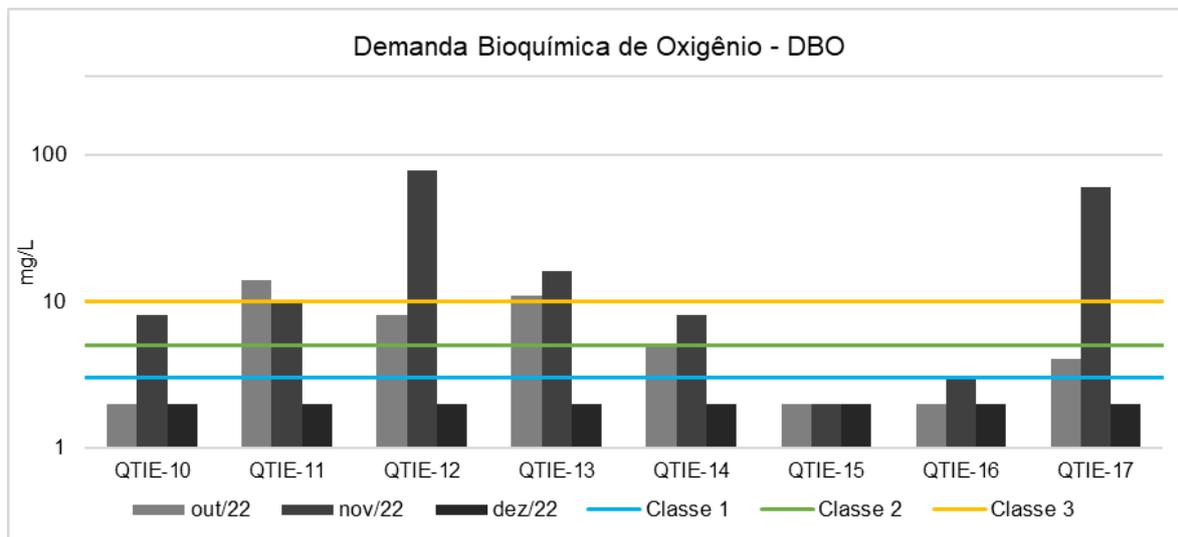
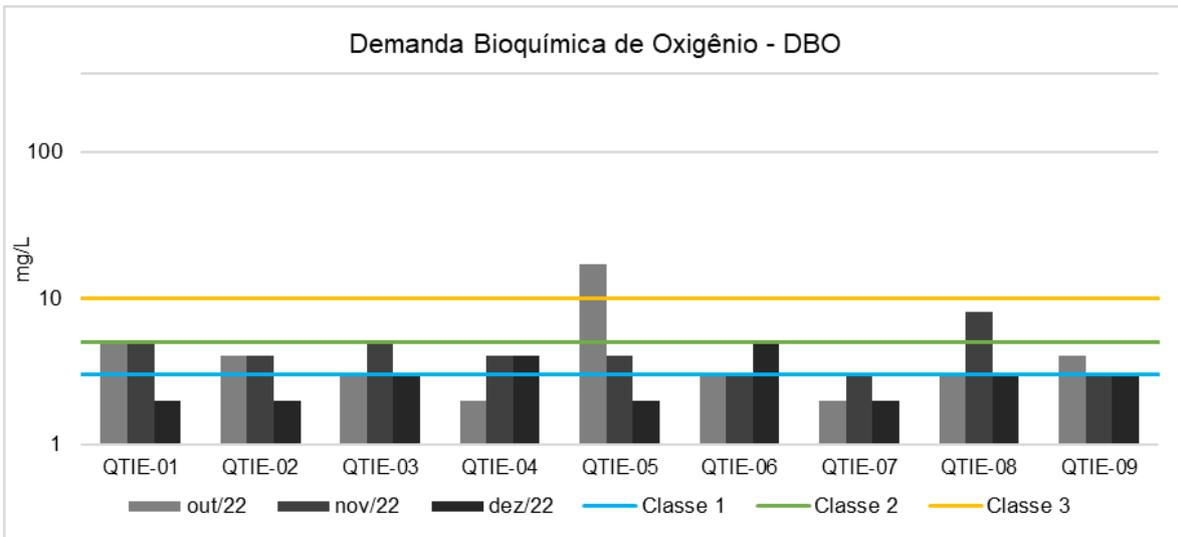
**Figura 8: Gráficos dos resultados de OD para o rio Tietê (TIE).**



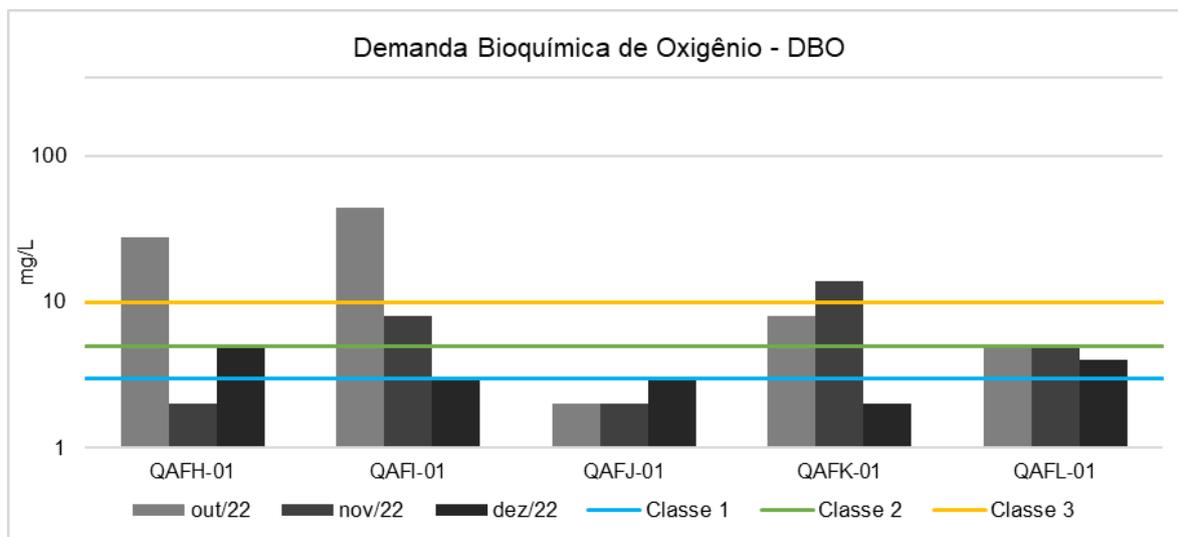
**Figura 9: Gráficos dos resultados de OD para os cursos hídricos Botujuru (AFH), Corvos (AFI), Bento (AFJ), AFK e AFL – Margem direita.**



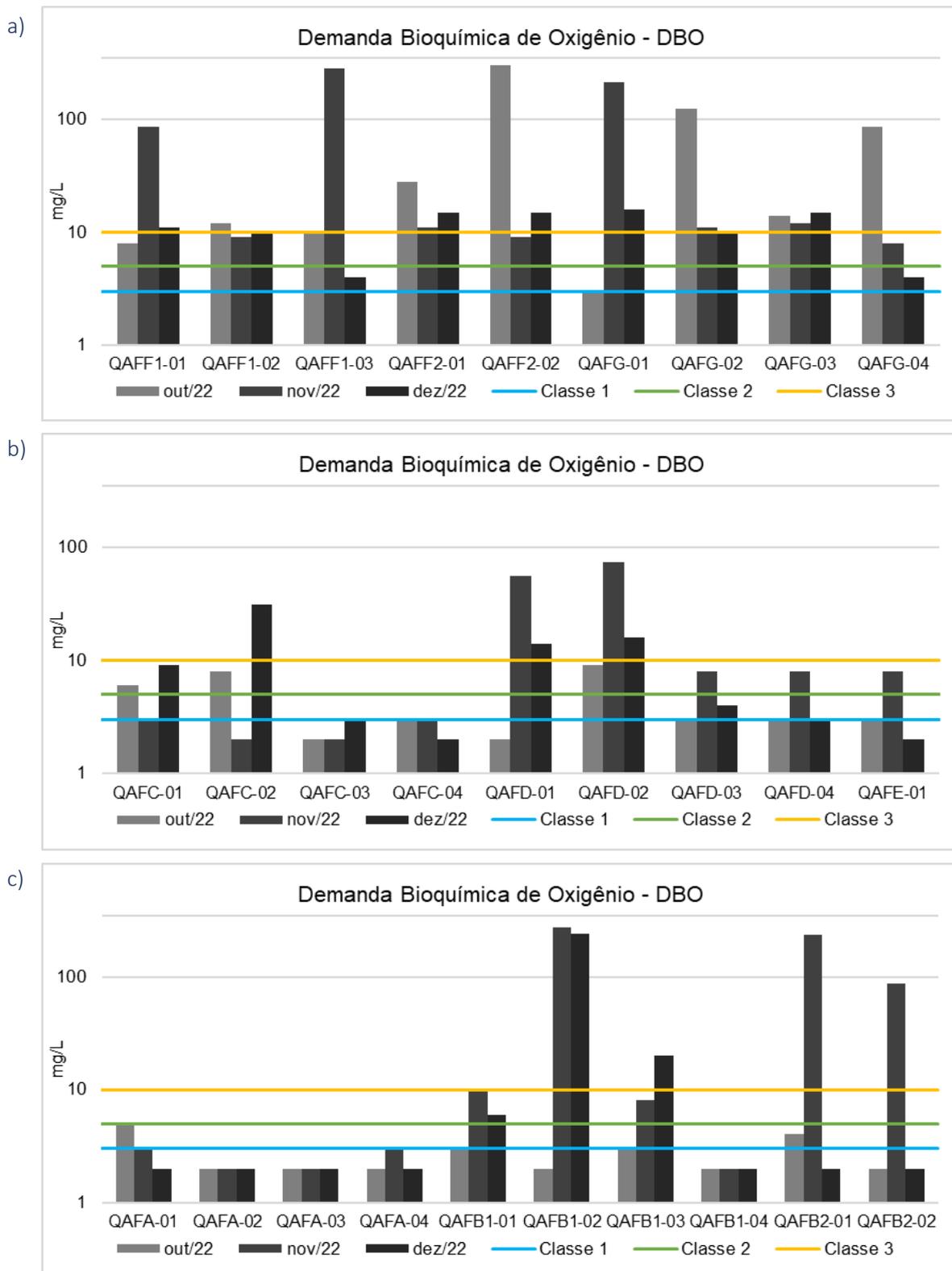
**Figura 10: Gráficos dos resultados de OD para os cursos hídricos: a. Ipiranga (AFF1), Negro (AFF2), Lavapés (AFG), b. Canudos (AFC), Gregório (AFD), Eroles (AFE), c. Taiapuêba (AFA), Jundiá (AFB1) e Oropó (AFB2) – Margem esquerda.**



**Figura 11: Gráficos dos resultados de DBO para o rio Tietê (TIE).**



**Figura 12: Gráficos dos resultados de DBO para os cursos hídricos Botujuru (AFH), Corvos (AFI), Bento (AFJ), AFK e AFL – Margem direita.**



**Figura 13: Gráficos dos resultados de DBO para os cursos hídricos: a. Ipiranga (AFF1), Negro (AFF2), Lavapés (AFG), b. Canudos (AFC), Gregório (AFD), Eroles (AFE), c. Taiapuêba (AFA), Jundiá (AFB1) e Oropó (AFB2) – Margem esquerda.**

## Águas em Sarjeta

Do Quadro 2 ao Quadro 5 são apresentados os resultados das campanhas de amostragem de qualidade da água em sarjetas. Ressalta-se que em determinados pontos, assinalados nos quadros abaixo, não foi possível realizar análise para os parâmetros DBO e nitrogênio devido à insuficiência volumétrica da alíquota.

**Quadro 2: Resultados de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em água de sarjetas – 1ª campanha.**

Identificação do ponto	DBO	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	Fósforo	Nitrogênio total	Sólidos totais	Turbidez
	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	NTU
Residencial horizontal alto padrão	---	5.400.000	2.200.000	4,10	---	2.294	210
Residencial horizontal médio padrão	1.527	1.600.000	220.000	6,70	24,82	1.458	112
Residencial horizontal subnormal	1.496	3.500.000	790.000	0,58	---	30.214	307
Residencial vertical	235	35.000	13.000	7,32	1,02	657	23
Comercial alto padrão	---	54.000.000	< 1,1	2,80	39,25	3.105	52
Comercial popular	---	43.000.000	13.000.000	4,30	---	2.697	91
Comercial industrial	---	1.600.000	790.000	4,30	---	811	83
Rodovia	1.239	920.000	170.000	1,70	---	1.354	23

**Quadro 3: Resultados de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em água de sarjetas – 2ª campanha.**

Identificação do ponto	DBO	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	Fósforo	Nitrogênio total	Sólidos totais	Turbidez
	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	NTU
Residencial horizontal alto padrão	144	< 1,1	< 1,1	1,10	0,72	1.333	135
Residencial horizontal médio padrão	754	2.800	170	1,00	---	2.243	213
Residencial horizontal subnormal	---	5.400	1.300	2,20	---	3.777	286
Residencial vertical	636	1.700	340	0,45	12,32	1.468	272
Comercial alto padrão	903	3.500	2.400	1,40	16,69	2.175	353
Comercial popular	89	1.100	170	0,37	1,68	704	66
Comercial industrial	142	5.400	2.400	0,39	0,68	864	79
Rodovia	627	5.400	940	2,40	---	2.991	121

**Quadro 4: Resultados dos parâmetros metais e surfactantes em água de sarjetas – 1ª campanha.**

Identificação do ponto	Al	Ba	Pb	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	Zn	Surfact.
	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L
Residencial horizontal alto padrão	26.160	497	< 0,010	57	22.730	16,13	1741	< 10	1945	0,85
Residencial horizontal médio padrão	16.550	205	< 0,010	36	16.580	8,05	742	< 10	250	2,20
Residencial horizontal subnormal	31.930	244	< 0,010	37	20.060	18,79	1695	< 10	< 9,0	18,00
Residencial vertical	5.813	95	< 0,010	< 10	6.530	3,43	190	< 10	308	< 0,15
Comercial alto padrão	5.797	237	< 0,010	25	4.486	9,83	660	12	293	56,0
Comercial popular	14.450	312	< 0,010	37	14.670	11,21	661	< 10	1104	21,00
Comercial industrial	11.950	171	< 0,010	36	11.660	5,78	720	< 10	464	1,90
Rodovia	31.680	308	< 0,010	46	22.320	7,64	521	< 10	646	0,65

Nota: Al = Alumínio, Ba = Bário, Pb = Chumbo, Cr = Cromo, Fe = Ferro, Mg = Magnésio, Mn = Manganês, Ni = Níquel, Zn = Zinco, Surfact. = Surfactantes.

**Quadro 5: Resultados dos parâmetros metais e surfactantes em água de sarjetas – 2ª campanha.**

Identificação do ponto	Al	Ba	Pb	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	Zn	Surfact.
	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L
Residencial horizontal alto padrão	24.830	233	0,078	46	21.620	6,33	575	< 10	521	0,20
Residencial horizontal médio padrão	47.340	272	< 0,010	52	34.290	9,38	729	18	379	0,26
Residencial horizontal subnormal	38.580	581	0,173	89	43.210	24,91	1.647	34	3.599	15,00
Residencial vertical	31.930	244	< 0,010	37	20.060	18,79	1.695	0	< 9,0	3,60
Comercial alto padrão	35.950	295	< 0,010	39	22.240	12,63	1.122	17	356	0,26
Comercial popular	5.433	117	< 0,010	< 10	8.498	3,94	263	< 10	484	< 0,15
Comercial industrial	112.300	382	0,075	130	72.150	7,19	792	25	618	< 0,15
Rodovia	17.280	281	0,057	75	24.370	7,97	1.055	< 10	2.022	0,27

Nota: Al = Alumínio, Ba = Bário, Pb = Chumbo, Cr = Cromo, Fe = Ferro, Mg = Magnésio, Mn = Manganês, Ni = Níquel, Zn = Zinco, Surfact. = Surfactantes.

Constatou-se elevada concentração de matéria orgânica e sedimentos, notadamente na primeira campanha, realizada após um período de estiagem pluviométrica. Comparativamente a valores de esgoto bruto, os valores de DBO de águas em sarjeta são significativamente mais elevados, tendo em vista que a matéria orgânica proveniente da poluição acumulada na superfície, como resíduos sólidos domésticos não coletado, fezes de animais e resíduos verdes (galhos, folhas e sementes), já se encontra em processo avançado de degradação, ao contrário do esgoto *in natura*, que em geral se trata de matéria orgânica de origem mais recente e em movimentação, favorecendo os processos oxidativos. Nesse sentido, além da DBO, os parâmetros coliformes, fósforo, nitrogênio e sólidos totais, foram, em média, mais elevados para a primeira campanha.

A elevada concentração de sólidos em todas as amostras está condizente com o descrito na literatura, que prevê elevada produção de sedimentos em bacias hidrográficas com padrão de uso e ocupação do solo como o encontrado em Mogi das Cruzes. Destacam-se as maiores concentrações desse parâmetro para o ponto residencial subnormal, também consoante com as observações realizadas em campo, em que se constatou a presença de grande quantidade de lixo doméstico e resíduos diversos acumulados nas ruas e sarjetas e, conseqüentemente, dentro das bocas de lobo.

Foi ainda observada a presença de metais, cujas maiores concentrações ocorreram na segunda campanha, realizada durante chuvas mais intensas e volumosas, relacionadas com a maior capacidade de lavagem e arraste pelo escoamento superficial. Dentre os metais analisados, as maiores concentrações encontradas foram para alumínio e ferro, que podem estar relacionadas principalmente ao desgaste dos freios de veículos e à lixiviação de alguns materiais construtivos.

Presenças pontuais de surfactantes (detergentes) podem estar relacionadas a eventos de lavagens de garagens, calçadas e veículos nas proximidades da boca de lobo. Não foram detectadas concentrações de BTEX, cuja origem na água está principalmente relacionada à contaminação por gasolina, em nenhuma das amostras.

Portanto, de forma geral, as campanhas refletiram o comportamento esperado da carga de lavagem, em que no início das chuvas tem-se um potencial poluente maior, devido ao acúmulo de material na superfície da bacia durante o período de estiagem e ao maior tempo de degradação, ao passo que em eventos de chuvas mais frequentes e intensas predomina o potencial de arraste de partículas.

## CONCLUSÕES

A identificação do maior potencial poluidor indicou as sub-bacias com maior contribuição para a degradação da qualidade da água do rio Tietê na área urbanizada de Mogi das Cruzes/SP. Nesse sentido, destacam-se as sub-bacias do ribeirão Ipiranga e seu afluente rio Negro (B17 a B19), do rio Jundiá e seu afluente Oropó (B7 a B14), do rio Taiaçupeba (B1 e B6) e dos córregos Lavapés (B21) e Corvos (B23), que apresentaram maior potencial poluidor.

Os resultados das amostragens realizadas nos corpos hídricos, avaliados por meio dos parâmetros OD e DBO e do indicador IQA calculado, evidenciaram que a área urbanizada do município de Mogi das Cruzes está contribuindo para a degradação da qualidade da água do rio Tietê. Isso se deve ao fato de que a maior parte dos seus afluentes, em especial na margem esquerda, que possui maior concentração e adensamento populacional e industrial, estão transportando elevada carga de matéria orgânica.

Os maiores valores de DBO no ribeirão Ipiranga (sub-bacias B17 e B18), no rio Negro (sub-bacia B19) e no córrego Lavapés (sub-bacia B21) são um indicativo de despejos de origem predominantemente orgânica, relacionados a lançamentos de esgotos domésticos, uma vez que ocorrem nas bacias com as maiores deficiências no sistema de esgotamento sanitário.

Quanto à qualidade das águas em sarjetas, a caracterização da poluição difusa foi bastante variável entre as diferentes tipologias de uso e ocupação do solo amostradas, em função de inúmeras condições. Os resultados obtidos são importantes para o conhecimento das características e da ordem de grandeza da quantidade de poluentes transportados das galerias de águas pluviais para os cursos de água. A elevada concentração de matéria orgânica e sedimentos, notadamente na primeira campanha, realizada após um período de estiagem pluviométrica, demonstram que ao final da estação seca em Mogi das Cruzes, a partir do terceiro trimestre, tem-se a superfície carregada de material poluente, o que resulta em um escoamento superficial com elevado potencial poluidor no início do período chuvoso.

Por fim, os comportamentos gerais observados nos resultados das amostras de qualidade da água corroboraram com os padrões de geração de cargas pontuais e difusas determinados para o município de Mogi das Cruzes, salientando o potencial poluidor das sub-bacias contribuintes, devido ao lançamento de esgotos não coletados e aos processos principalmente antrópicos de uso e ocupação do solo que ocorrem na área de estudo. Esses resultados são importantes para embasar, posteriormente, a proposição de intervenções para controle de cargas poluentes, tanto de origem pontual quanto difusa, bem como permitir a definição das estratégias e ações necessárias para controle da poluição afluente ao rio Tietê.

## **AGRADECIMENTOS**

À Superintendência do DAEE, que autorizou a utilização de resultados do “Estudo de Alternativas para a redução de carga poluidora lançada no rio Tietê com origem na área urbanizada do município de Mogi das Cruzes, no Estado de São Paulo”, no âmbito do Contrato nº 2022/22/00106.5, firmado entre o DAEE e a ENGEORPS.

À equipe do DAEE de gestão, fiscalização e acompanhamento do contrato supracitado, pelas contribuições técnicas ao longo do estudo.

À empresa ENGEORPS, pelo incentivo e apoio às(aos) autoras(es) na elaboração deste artigo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, v. 119, n. 167, p. 16509, 2 set. 1981.
2. CECCHI, G.; MUNAFÓ, M.; BAIOTTO, F.; ANDREANI, P.; MANCINI, L. Estimating river pollution from diffuse sources in the Viterbo province using the potential non-point pollution index, *Annali dell' Istituto Superiore di Sanità*, Roma, v. 43, n. 3, p. 295 a 301. 2007
3. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice B: Índices de qualidade das águas, critérios de avaliação da qualidade dos sedimentos e indicador de controle de fontes. São Paulo, 2009.
4. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice D: Índices de Qualidade das Águas. São Paulo, 2019.
5. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: dez. 2022.

6. FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Dados do projeto “Desenvolvimento de metodologia e projeto piloto de revitalização de bacia urbana, replicável para as demais bacias da região metropolitana (Bacia do Córrego Jaguaré). Empreendimento 2014 AT-653”. 2017.
7. NOVOTNY, V. *Water quality: Diffuse pollution and watershed management*. 2. ed. New York: J. Wiley, 2003.
8. PRIME-FCTH. Avaliação de poluição proveniente de fontes difusas na área de influência do sistema produtor alto tietê – SPAT – Reservatórios Taiaçupeba, Jundiá, Biritiba, Ponte Nova e Paraitinga. 2016. Disponível em: <[https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/ACD\\_SPAT\\_-\\_Relat%C3%B3rio-FINAL\\_-\\_abr16.pdf](https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/ACD_SPAT_-_Relat%C3%B3rio-FINAL_-_abr16.pdf)>. Acesso em: out. 2022.
9. REBOB – Rede Brasil de Organismos de Bacia. *Águas do Brasil*. Ed. 25, Ano 8. 2019.
10. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Dados e informações fornecidas no Programa Novo Rio Pinheiros. 2022.
11. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>>. Acesso em: nov. 2022.
12. STEINKE, V. A. Identificação de áreas úmidas prioritárias para conservação da biodiversidade na Bacia da Lagoa Mirim (Brasil-Uruguai): subsídio para gestão transfronteiriça. 2007. 57 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.