

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DA CARGA POLUIDORA NO RIO TIETÊ POR MEIO DA ADOÇÃO DE TÉCNICAS DE CONTROLE DE CARGAS PONTUAIS E DIFUSAS DE ORIGEM URBANA

*Geovana Thais Colombo Fernandes¹; Andréia Pedroso²; Juliana Alencar³; Fernando Garcia⁴;
Marcos Oliveira Godoi⁵; Maria Bernardete Sousa Sender⁶ & Raquel Chinaglia Pereira dos
Santos⁷*

Abstract: Water quality modeling is an important tool to obtain an approximation of the water course response to the polluting loads for both current situation and prognoses. In this context, this paper presents the water quality modeling of the Tietê River in the urban area of the city of Mogi das Cruzes/SP, using the computational program HEC-RAS, for flows typical of dry and humid hydrological periods, and considering BOD as the environmental variable. The modeling was carried out for both the current situation and a scenario of implementation of techniques to control punctual and diffuse pollutant loads. The estimate of pollution load reduction in the Tietê River that would be obtained with the implementation of the proposed techniques was simulated by theoretical potentials of load abatement according to each technique. The results showed that, with the implementation of the proposed techniques, the BOD concentration in the Tietê River at the exit of Mogi das Cruzes can be reduced by 60% compared to the current situation. According to BOD limit values of CONAMA Resolution nº 357/2005, its quality standards, which currently only meet class 4, would then meet the standards set for class 3. Thus, the interventions proposed to control polluting loads in the study area are fundamental for the reduction of pollution in the Tietê River in the segment considered.

Resumo: A modelagem matemática é uma importante ferramenta para se obter uma aproximação da resposta de corpos hídricos ao aporte de cargas poluentes, tanto para a situação atual quanto para prognósticos. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta a modelagem da qualidade da água do rio Tietê no trecho urbano do município de Mogi das Cruzes/SP, utilizando o programa computacional HEC-RAS, para vazões que caracterizam períodos hidrológicos secos e úmidos, e considerando como variável ambiental a DBO. A modelagem foi realizada para a situação atual e para um cenário de implementação de técnicas de controle de cargas poluentes pontuais e difusas. A estimativa da redução de carga poluidora no rio Tietê que seria obtida com a implementação das técnicas propostas foi simulada adotando-se potenciais teóricos de abatimento de carga conforme cada técnica. Os resultados mostraram que, com a implementação das técnicas propostas, a concentração de DBO no rio Tietê na saída de Mogi das Cruzes pode ser reduzida em cerca de 60% em relação à situação atual. De acordo os valores-limite de DBO da Resolução CONAMA nº 357/2005, seus padrões de qualidade, que atualmente só atendem à classe 4, passariam a atender aos padrões previstos para a classe 3. Assim, as intervenções propostas para o controle de cargas na área de estudo são fundamentais para a redução da poluição no rio Tietê no trecho considerado.

Palavras-Chave – Qualidade da água, modelagem matemática.

1) ENGEORPS ENGENHARIA S.A. Alameda Tocantins, 125 - 12º andar, cj.1202 - Alphaville - Barueri/SP - CEP: 06455-020 - Tel: (11) 2135-5252. geovana.fernandes@engecorps.com.br.

2) ENGEORPS ENGENHARIA S.A. andreia.pedroso@engecorps.com.br.

3) ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – julianaalencar@usp.br.

4) ENGEORPS ENGENHARIA S.A. fermandogarcia@engecorps.com.br.

5) ENGEORPS ENGENHARIA S.A. godoi@engecorps.com.br.

6) ENGEORPS ENGENHARIA S.A. bernadete@engecorps.com.br.

7) ENGEORPS ENGENHARIA S.A. raquel.santos@engecorps.com.br.

INTRODUÇÃO

Quando um corpo hídrico recebe aporte de matéria orgânica, há a ocorrência de processos físicos (diluição, sedimentação), químicos (oxidação) e biológicos (decomposição da matéria orgânica), em busca do reestabelecimento das suas condições naturais. Nesse sentido, a autodepuração em corpos de água pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, na busca pelo estabelecimento de equilíbrio (GUEDES, 2009).

A representação do processo de autodepuração pode ser realizada por meio de modelos matemáticos. A modelagem da qualidade da água permite a quantificação e acompanhamento da evolução, ao longo do tempo, dos parâmetros de qualidade da água através da simulação do transporte e da dinâmica desses parâmetros (RIQUIERI, 2018). O transporte pode se dar por advecção (velocidade do escoamento) ou por difusão/dispersão (diferença de concentração). Além disso, os modelos também consideram o decaimento e produção de parâmetros de qualidade por diversos processos, como oxidação, sedimentação, respiração e fotossíntese de algas, entre outros.

No entanto, evidencia-se que para permitir a adequada utilização de modelos matemáticos para simulações das condições de qualidade da água, é determinante o entendimento dos mecanismos referentes ao aporte de cargas poluidoras e mudanças nas características físicas e morfológicas dos sistemas fluviais.

Uma das situações de poluição hídrica mais críticas no Brasil ocorre no rio Tietê, no estado de São Paulo, em especial o trecho de cabeceira – Bacia do Alto Tietê, que 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. A deterioração da qualidade de suas águas se inicia de maneira mais expressiva no município de Mogi das Cruzes/SP, onde as cargas pontuais, através dos lançamentos de esgotos não tratados, e as cargas difusas, resultantes das cargas poluentes carreadas pelo sistema de drenagem pluvial, resultam em grande impacto no rio Tietê (PEDROSO *et al.*, 2023).

Visando à melhoria da qualidade da água do rio Tietê, diversas medidas vêm sendo tomadas, dentre as quais se destaca o estudo executado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (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.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta a modelagem da qualidade da água do rio Tietê no trecho urbanizado de Mogi das Cruzes/SP, a partir do programa computacional HEC-RAS, para a situação atual e para o prognóstico considerando a redução de carga poluidora afluente ao rio Tietê que seria obtida com a implementação das técnicas de controle propostas no estudo supracitado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Corpos Hídricos Modelados

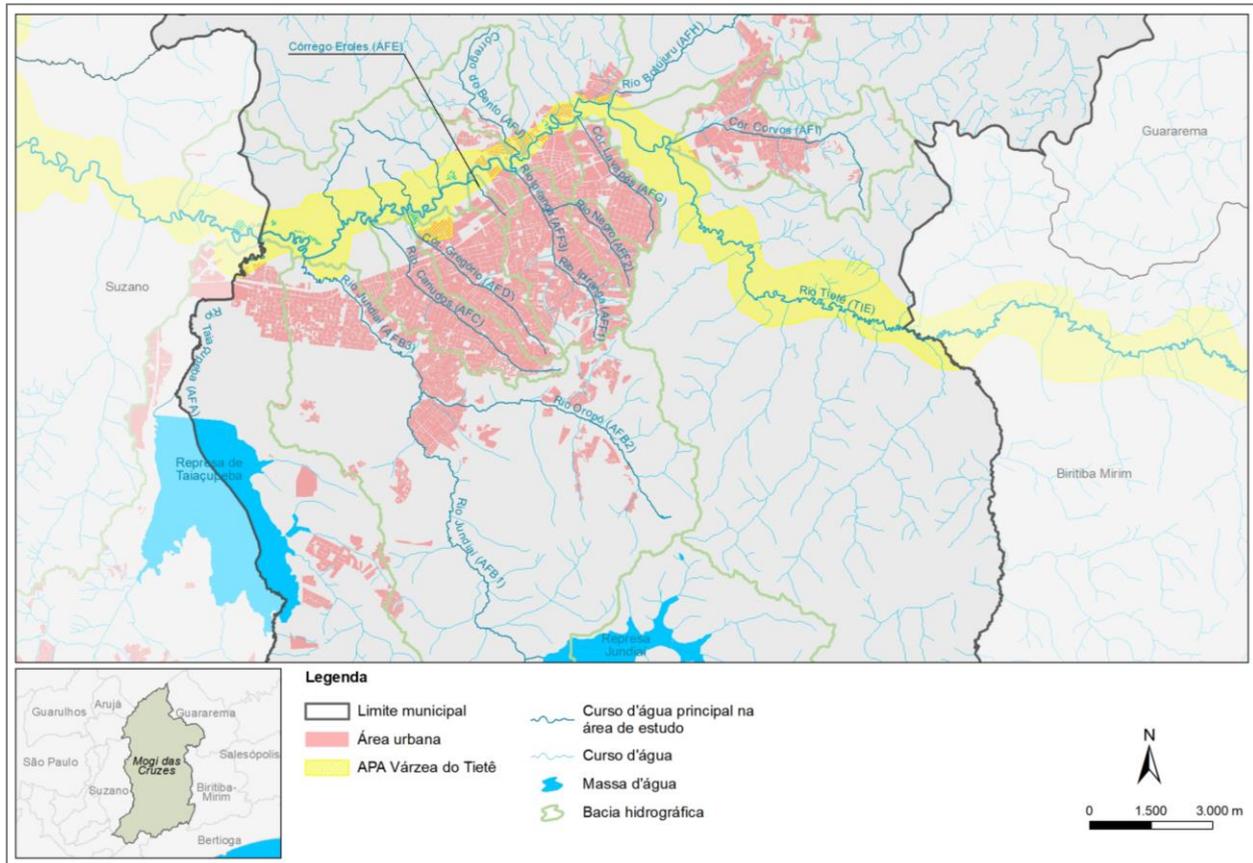
No território de Mogi das Cruzes/SP, a rede hidrográfica conta com o rio Tietê como principal corpo hídrico, cujo curso atravessa o limite municipal de leste a oeste, dividindo-o administrativamente nessas porções. Essas regiões são complementadas ainda pelos afluentes do rio Tietê que cruzam o tecido urbano, exercendo papel fundamental para a macrodrenagem municipal. Devido às características do uso e ocupação do solo, esses rios recebem alto aporte de cargas poluentes, oriundas principalmente do lançamento de esgotos domésticos, bem como outros resíduos urbanos.

Devido à reduzida produção hídrica das bacias de corpos hídricos de menor porte, em conjunto com intervenções de retificação e canalizações, muitas vezes esses rios possuem capacidade de

autodepuração insuficiente até seu exutório e, por conseguinte, aflui ao rio Tietê grande parte da carga poluente recebida ao longo de seu percurso. Portanto, a despoluição do rio Tietê perpassa fundamentalmente pela despoluição dos seus afluentes.

Dessa maneira, ademais do rio Tietê, foram considerados no estudo de redução da carga poluidora na área urbanizada de Mogi das Cruzes seus 12 afluentes no trecho, sendo eles: Taiacupeba, Jundiá, Oropó, Canudos, Gregório, Eroles, Ipiranga, Negro, Lavapés, Bento, Botujuru e Corvos. A Figura 1 mostra a localização dos afluentes do estudo, seus nomes oficiais e as codificações adotadas para fins práticos da modelagem da qualidade da água.

Figura 1 – Corpos hídricos na área urbanizada de Mogi das Cruzes considerados no estudo



Modelagem da Qualidade da Água

A modelagem quanti-qualitativa do rio Tietê e seus afluentes foi elaborada por meio do modelo computacional HEC-RAS, desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers*. O modelo hidráulico foi concebido a partir de 125 seções topobatimétricas levantadas em campo e 12 seções transversais provenientes dos estudos do Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT-3). Foram adotados coeficientes de rugosidade comumente preconizados em bibliografias técnicas (DNIT, 2006; MACCAFERRI, s/d; PORTO, 2006) e corroborados pela experiência dos autores em estudos hidráulicos. Como condição de contorno de jusante nas simulações hidráulicas, adotou-se a declividade da linha de energia, considerando que o escoamento assume as características de um escoamento normal para jusante da última seção.

Além dos componentes de análises do escoamento superficial, o HEC-RAS também possui componente de qualidade da água, o qual simula constituintes da água como oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), algas, e fósforo e nitrogênio em suas diferentes formas (USACE, 2016). Para o presente estudo, foram simuladas a temperatura da água e

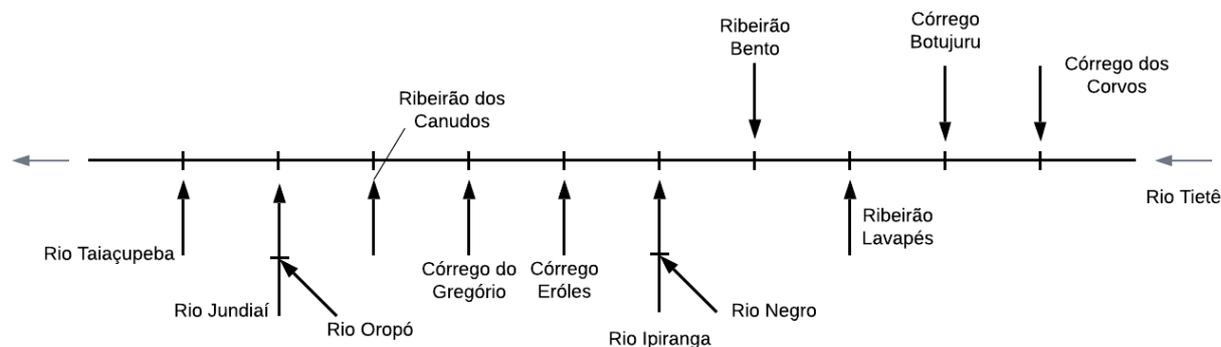
concentrações de OD e DBO, variáveis mais comumente utilizadas para análise da capacidade autodepurativa de corpos hídricos em termos de matéria orgânica.

As simulações utilizaram cenários hidrológicos secos e úmidos, selecionando-se dois períodos de seis meses de menores vazões e dois períodos de seis meses de maiores vazões provenientes da série de referência das vazões médias mensais naturalizadas apresentadas no Plano Diretor de Abastecimento de Água de São Paulo (SABESP, 2015), que contempla o período de 1930 a 2015 em pontos na área do estudo, e aplicando-se o método da regionalização hidrológica.

As condições inicial e de contorno do modelo de qualidade da água foram definidas a partir de dados médios de monitoramento do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Mogi das Cruzes (SEMAE) e das estações da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) na região, além de dados provenientes de 150 coletas realizadas no âmbito deste estudo, cujos resultados das amostragens e análises são apresentados e discutidos no trabalho de Pedroso *et al.* (2023).

A Figura 2 apresenta o diagrama unifilar do rio Tietê com a entrada dos afluentes considerados na modelagem, e o Quadro 1 apresenta os parâmetros, valores adotados e a fonte de informação dos coeficientes utilizados nas resoluções das equações do modelo de qualidade da água.

Figura 2 – Diagrama unifilar da entrada dos afluentes no rio Tietê para a simulação quali-quantitativa



Quadro 1 – Coeficientes e taxas adotados para as reações cinéticas do modelo de qualidade da água

Parâmetro	Coefficiente/taxa	Unidade	Valor	Fonte
OD	Taxa de reaeração	1/dia	1,38	Valor adotado pelo Water Quality Analysis Simulation Program - WASP6 (Rosman, 2021)
	Demanda de oxigênio do sedimento	gO ₂ /m ² /dia	0,20	Valor padrão utilizado pelo módulo de qualidade da água do HEC-RAS
DBO	Taxa de oxidação / desoxigenação	1/dia	0,20	Bowie <i>et al.</i> (1985) apud Rosman (2021)

Para a simulação da situação atual foi realizada a inserção de lançamentos de cargas poluidoras a partir de dados levantados de esgotos domésticos não coletados nas bacias contribuintes, estimando-se a população de cada bacia e considerando a geração de esgotos média de 150 L/hab.dia (MIOLA *et al.*, 2007) e de carga de DBO de 54 g/hab.dia (VON SPERLING, 2005).

Para a estimativa da redução de poluição que seria obtida com a implementação de técnicas de controle das cargas afluentes ao rio Tietê provenientes do município de Mogi das Cruzes, foram adotados potenciais teóricos de abatimento de carga conforme cada técnica proposta em cada bacia.

O Quadro 2 apresenta os grupos de técnicas, o tipo de poluição que cada técnica reduz (pontual e/ou difusa) e os percentuais de redução adotados. Os percentuais de redução foram aplicados nos valores das condições de contorno do modelo, ou seja, nas concentrações de DBO na entrada do rio Tietê e dos afluentes nas simulações, tomando como premissa que as concentrações de DBO nas condições de contorno são compostas por 65% de poluição pontual e 35% de poluição difusa (SÃO

PAULO, 2018). Para as unidades recuperadoras de qualidade da água (URQs), que realizam a captação de uma parcela da vazão para tratamento e posterior lançamento com redução de concentração de DBO, foram adicionados no modelo pontos de retirada da vazão tratada na URQ e posterior lançamento com a concentração de DBO de 10 mg/L a 30 mg/L. Vale ressaltar que a adoção conjunta de diferentes técnicas tem um efeito sinérgico, resultando em um aumento no percentual global de redução da carga de DBO.

Quadro 2 – Estimativa dos percentuais de redução de cada grupo das técnicas propostas

Grupo	Técnicas propostas	Redução da concentração de DBO
G1 – Coleta e transporte de esgoto para tratamento	- Complementação do sistema de coleta para interligação no coletor-tronco existente - Implantação de coletor-tronco	<u>80% da carga pontual</u> : considerando a universalização da coleta e tratamento de esgoto (90% de atendimento), contudo admitindo 10% de ligações irregulares não detectadas e perdas na rede.
G2 – Captação de águas de primeira chuva	- Reservatórios de primeira chuva (localizados ou lineares)	<u>80% da carga difusa</u> : Yazaki <i>et al.</i> (2007, apud Morihama <i>et al.</i> , 2012) indicam que a carga de poluição pode ser reduzida em 80% com o uso de reservatório de primeira chuva.
G3 – Parques de tratamento de águas fluviais	- <i>Wetlands</i> construídos	<u>60% da carga total</u> : a remoção da DBO pode variar entre 35% a 100% (Rodrigues, 2016; Lemos, 2016; Zinato; Guimarães, 2017), dependendo do tipo de configuração da <i>wetland</i> , área implantada, vazão atendida e intensidade de eventos de chuvas.
G4 – Técnicas de controle na fonte	- Drenagem sustentável, infraestrutura verde	<u>70% da carga difusa</u> : estudos consultados apresentam diferentes percentuais de redução da carga (Sodré, 2012; Silva, 2009), dependendo do tipo de técnica utilizada, área implantada e intensidade de eventos de chuvas.
G5 – URQs	- URQs temporárias e permanentes	<u>Concentração de DBO de 30 mg/L</u> : valor-limite de saída do processo de tratamento (Baptistelli <i>et al.</i> , 2020; Magalhães <i>et al.</i> , 2022).

RESULTADOS

O Quadro 3 apresenta os valores das concentrações de DBO remanescente calculados para cada grupo de técnicas e para a combinação de grupos de técnicas. Ressalta-se que os resultados das simulações de temperatura da água e OD foram utilizados apenas para validação da coerência dos resultados da DBO e, portanto, não são aqui mostrados.

Quadro 3 – Concentração de DBO remanescente para cada grupo de técnicas e para a combinação de grupos de técnicas

Curso de água	CDBO	CDBO-G1	CDBO-G2	CDBO-G3	CDBO-G4	Qtde. grupos (N)	CDBO-Rem	% Redução
	mg/L						mg/L	
Taiacupeba	3,33	-	-	1,33	0,35	2	0,84	74,8%
Jundiá	171,33	22,27	11,99	68,53	17,99	4	30,2	82,4%
Oropó	80,33	10,44	5,62	32,13	8,44	4	14,16	82,4%
Gregório	24,00	3,12	1,68	9,60	2,52	4	4,23	82,4%
Eroles	4,33	-	-	1,73	-	1	1,73	60,0%
Ipiranga	35,00	4,55	2,45	-	3,68	3	3,56	89,8%
Negro	18,00	2,34	1,26	-	1,89	3	1,83	89,8%
Lavapés	49,00	6,37	3,43	19,60	5,15	4	8,64	82,4%
Corvos	31,56	4,10	2,21	12,62	3,31	4	5,56	82,4%
Botujuru	9,54	1,24	-	-	1,00	2	1,12	88,3%
Bento	2,33	0,30	-	-	0,25	2	0,27	88,3%
Canudos	6,00	0,78	0,42	2,40	-	3	1,20	80,0%
Tietê*	7,54	-	-	-	-	-	7,54	-

A condição de contorno de entrada do rio Tietê não foi alterada, tendo em vista que esse é o valor médio da DBO que entra em Mogi das Cruzes, proveniente, portanto, de contribuições de poluentes gerados a montante da área de estudo.

O Quadro 4 apresenta os valores de vazão e concentração adotados para a coleta da água do curso hídrico e para lançamento da mesma vazão após tratamento na URQ.

Quadro 4 – Vazão e concentração de DBO para representação das URQs

Curso de água principal	Vazão (m ³ /s)	DBO (mg/L)
Jundiaí	-0,3541*	151,22
	0,3541	20,00
Oropó	-0,1621*	78,08
	0,1621	10,00
Gregório	-0,0544*	134,31
	0,0544	30,00
Ipiranga	-0,0836*	177,66
	0,0836	30,00
Lavapés	-0,0353*	108,51
	0,0353	30,00

* As vazões negativas representam a retirada do volume de água para tratamento na URQ. Os valores de concentração de DBO associados às vazões negativas se referem às estimativas da concentração de DBO na foz dos cursos de água na situação atual.

Os valores das vazões dos lançamentos pontuais de esgoto não coletado foram reduzidos em 80%, considerando o aumento da coleta e transporte de esgoto para tratamento (G1). O Quadro 5 apresenta o comparativo entre os valores de vazão utilizados para simulação da situação atual e as vazões adotadas considerando o aumento da coleta e tratamento de esgoto. Destaca-se que as concentrações de DBO consideradas na simulação do modelo, que representam valores de esgoto doméstico bruto, não foram alteradas, permanecendo em 360 mg/L, conforme calculado.

Quadro 5 – Vazões de lançamento de esgoto utilizados nas simulações da situação atual e do prognóstico

Curso de água principal	Vazão lançamento – situação atual (m ³ /s)	Vazão lançamento – coleta e tratamento de esgoto (m ³ /s)
Jundiaí	0,0028	0,0006
Gregório	0,0272	0,0054
Ipiranga	0,0392	0,0078
Ipiranga	0,0417	0,0083
Ipiranga/Negro	0,0360	0,0072
ME (entre Ipiranga e Lavapés)	0,0078	0,0016
Lavapés	0,0156	0,0031
Corvos	0,0004	0,0001
Botujuru	0,0021	0,0004
MD (entre Botujuru e Bento)	0,0314	0,0063
Bento	0,0279	0,0056
Canudos	0,0189	0,0038

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

A Figura 3 e a Figura 4 apresentam os resultados da simulação de qualidade da água no rio Tietê para a situação atual (2022) e para o cenário com a aplicação das técnicas propostas para redução da carga poluidora.

Figura 3 – Resultados da simulação da qualidade da água para a situação atual (2022) e para o cenário com aplicação dos percentuais de redução da concentração de DBO – período seco

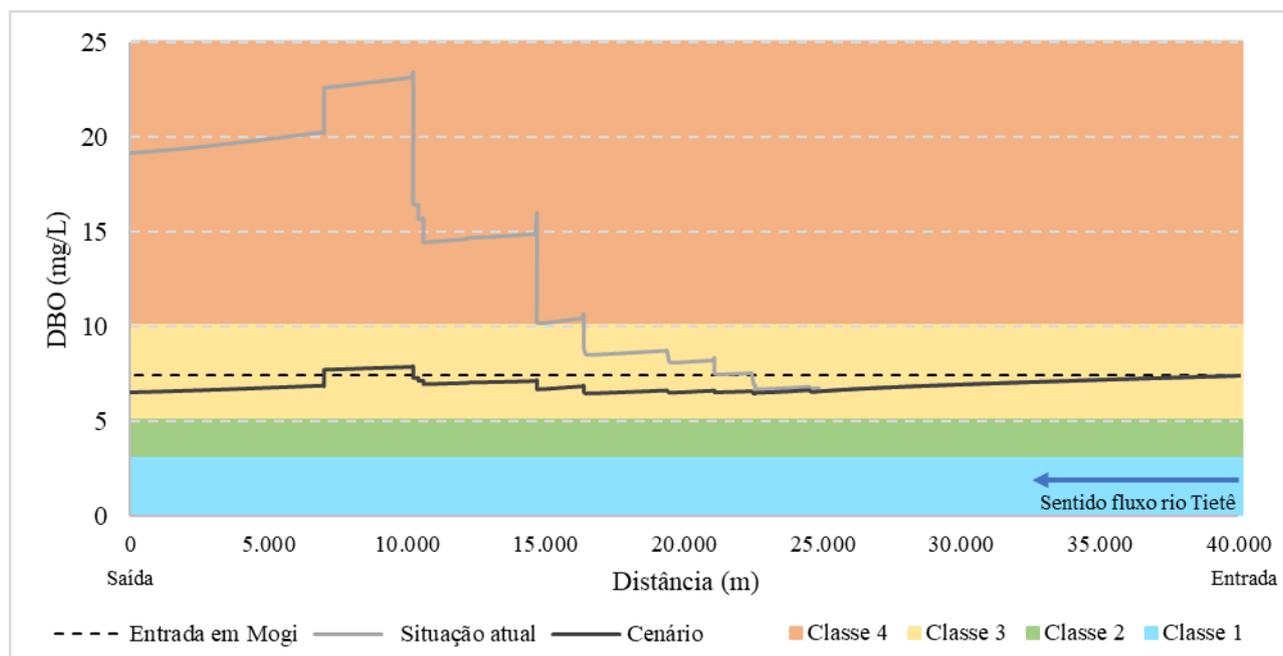
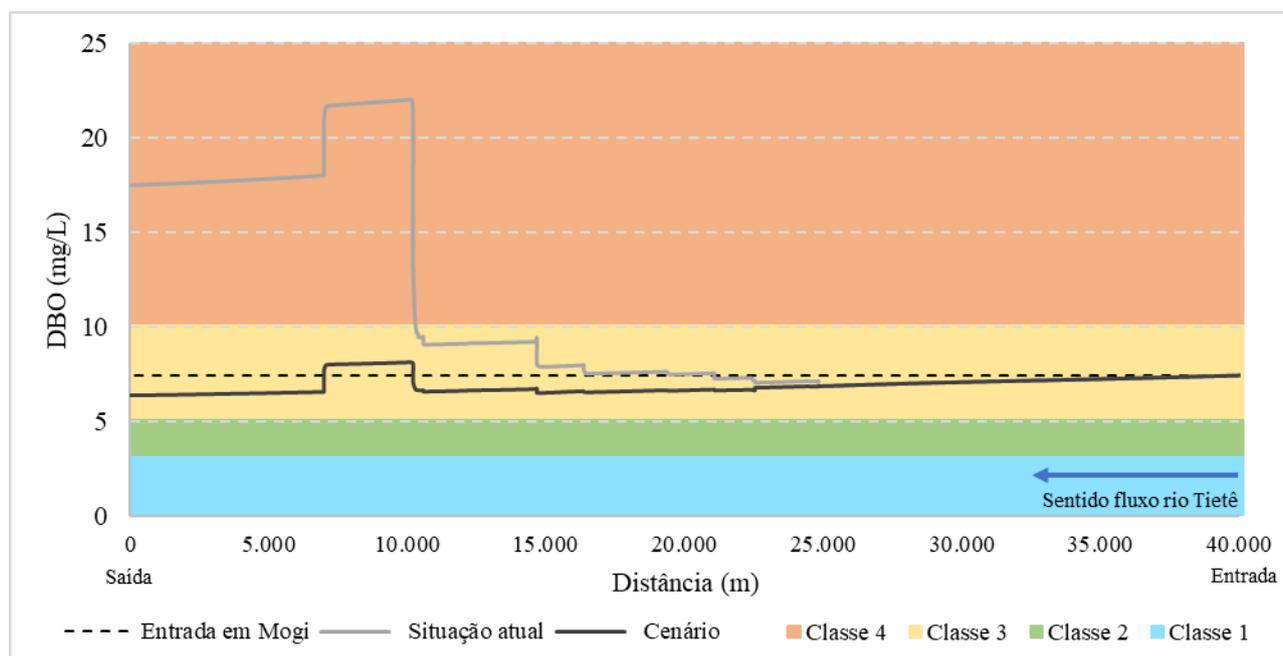


Figura 4 – Resultados da simulação da qualidade da água para a situação atual (2022) e para o cenário com aplicação dos percentuais de redução da concentração de DBO – período úmido



É possível observar uma redução significativa das concentrações de DBO tanto no período seco quanto no úmido. No trecho de saída do rio Tietê, a concentração de DBO é reduzida de 19,16 mg/L para 6,90 mg/L no período seco e de 17,51 mg/L para 6,50 mg/L no período úmido.

No cenário que representa a situação atual, os maiores aumentos na concentração de DBO no rio Tietê ocorrem após a confluência com o córrego Bento, o ribeirão Ipiranga e o rio Jundiáí. Os resultados das simulações do prognóstico mostram que a implementação das técnicas de redução da poluição resulta em grande redução na variação da concentração de DBO no rio Tietê nesses pontos. Nesse contexto, os maiores valores de concentração de DBO no rio Tietê no cenário atual ocorrem

após a confluência com o rio Jundiáí, com 23,42 mg/L no período seco e 22,05 mg/L no período úmido. Já no cenário de implementação das técnicas, os valores máximos de concentração de DBO nesse ponto são de 8,40 mg/L no período seco e 8,29 mg/L no período úmido.

Comparando-se os resultados das simulações com os valores-limite das concentrações de DBO para águas doces segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, o trecho do rio Tietê em Mogi das Cruzes que no cenário atual, na maior parte de seu percurso, atende apenas os limites previstos para classe 4, no cenário de implementação das soluções passa a atender os limites previstos para classe 3. De acordo com o Decreto Estadual nº 10.755/1977, os corpos hídricos considerados no estudo são enquadrados como classe 3, com exceção do córrego Corvos e do rio Tietê no trecho anterior à confluência com o ribeirão Botujuru, que são enquadrados como classe 2.

É imperioso salientar que a concentração média de DBO no rio Tietê na entrada do município de Mogi das Cruzes, que por sua vez é utilizada como condição de contorno de entrada do modelo tanto na situação atual quanto no prognóstico, corresponde a 7,54 mg/L, e, portanto, o rio Tietê já não atende aos padrões de qualidade da classe 2 (5 mg/L) antes de adentrar em Mogi das Cruzes, devido a contribuições poluentes advindas dos municípios de montante.

Por essa razão, apesar de haver uma grande redução da concentração de DBO no rio Tietê entre a situação atual e o cenário com a implementação das técnicas propostas, as concentrações de DBO no rio Tietê ao final da área de estudo não atingem o padrão de qualidade da classe 2.

Contudo, simulações adicionais realizadas demonstraram que se na entrada de Mogi das Cruzes o rio Tietê estivesse com DBO de 5 mg/L, essa condição de qualidade poderia ser mantida na saída do município com a implementação e o bom funcionamento de todas as técnicas propostas.

CONCLUSÕES

Os resultados das simulações permitiram observar que com a implementação das técnicas propostas haveria uma redução da concentração de DBO no rio Tietê de aproximadamente 60% em relação à situação atual. Além disso, a concentração de DBO na saída de Mogi das Cruzes é inferior à concentração na entrada do município, evidenciando a capacidade autodepurativa desse corpo hídrico ao longo do trecho estudado.

Assim, as intervenções propostas para o controle das cargas pontuais e difusas na área de estudo são fundamentais para a redução da poluição no rio Tietê nesse trecho. No entanto, ressalta-se que, caso venham a ser implantadas as técnicas propostas, a adequada operação dessas será imprescindível para garantir a eficiência de abatimento de carga de cada tecnologia e, por conseguinte, a efetiva despoluição do rio Tietê no trecho em estudo.

Comparativamente aos valores-limite das concentrações de DBO para águas doces da Resolução CONAMA nº 357/2005, o trecho do rio Tietê que atravessa Mogi das Cruzes melhoraria seus padrões de qualidade, que atualmente só atendem à classe 4, passando a atender aos limites previstos para a classe 3.

Cumprir destacar que para o atingimento dos padrões da classe 2 de qualidade na saída de Mogi das Cruzes, existe a adversidade relacionada ao fato de que, segundo dados históricos de monitoramento existentes, o rio Tietê já ingressa nesse município com DBO acima de 5 mg/L, já não atendendo os limites previstos para sua classe de enquadramento que é, conforme preconizado pelo Decreto Estadual nº 10.755/1977, a classe 2. A melhoria da qualidade das águas a montante, resultaria potencialmente no atendimento da classe de enquadramento no trecho objeto do estudo.

Por fim, é importante considerar que um modelo matemático será sempre uma aproximação da realidade, havendo incertezas associadas aos dados de entrada e ao modelo propriamente dito quando da representação dos processos físicos, químicos e biológicos. Portanto, deve valer-se do uso de tais

ferramentas para obter valores razoáveis para a finalidade pretendida, ou seja, uma estimativa do intervalo de valores dentro do qual o “valor verdadeiro” se encontra.

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 ENGECORPS.

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

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

REFERÊNCIAS

BAPTISTELLI, S. C. *et al.* (2020). O planejamento das unidades recuperadoras da qualidade das águas em áreas informais (URQs) para integrar o Projeto Novo Rio Pinheiros. In: *Anais do 31º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente*, São Paulo.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2006). *Manual de drenagem de rodovias*. 2. Ed. Rio de Janeiro.

GUEDES, H. A. S. (2009). *Modelagem da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do Rio Pomba*. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

LE MOS, H. G. (2016). *Modelagem de sistemas de wetlands contruídos como medida de controle de poluição difusa na bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho, São Carlos-SP*. Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

MACCAFERRI. (s/d). *Manual revestimento de canais e cursos de água*.

MAGALHÃES, A. *et al.* (2022). Modelagem de desempenho de dispositivos in-situ para redução da poluição em rios urbanos. In: *Anais do XX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SILUBESA)*. Aveiro - Portugal.

MIOLA, A. C. *et al.* (2007). Avaliação de custo benefício ambiental dos sistemas de água e esgoto em Canoas-RS. In: *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis.

MORIHAMA, A. C. D. *et al.* (2012). Integrated solutions for urban runoff pollution control in Brazilian metropolitan regions. *Water Science & Technology*, 66.4, p. 704-711.

PEDROSO, A.; FERNANDES, G. T. C.; ALENCAR, J.; SANTOS, R. P. C. dos; ANTONIO, L. Z. (2023). Análise da poluição pontual e difusa no município de Mogi das Cruzes/SP e sua correlação com a qualidade da água do rio Tietê. In: *Anais do 32º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Belo Horizonte.

PORTO, R. de M. (2006). *Hidráulica Básica*. 4. Ed. São Carlos.

RIQUIERI, J. C. (2018) *Comparação entre ferramentas computacionais de modelagem de qualidade da água em ambiente lótico*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia.

RODRIGUES, M. M. V. Z. (2016). *Utilização de wetlands construídos no tratamento de águas residuárias: uma visão geral*. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.

ROSMAN, P. C. C. (2021). Referência Técnica do SisBaHiA. Disponível em: <http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/SisBAHIA_RefTec_V11a.pdf>. Acesso em: dez. 2022.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. (2015). *Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo*. Relatório Parcial RP02.

SÃO PAULO. (2018). Programa ‘Córrego Limpo’ revitaliza cursos d’água na capital. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/programa-corrego-limpo-promove-revitalizacao-de-cursos-dagua-na-capital/>>. Acesso em: mar. 2022.

SILVA, A. H. C. L. (2009). *Controle da poluição difusa de origem pluvial em uma via de tráfego intenso por meio de trincheira de infiltração e vala de retenção*. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio-Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

SODRÉ, F. F. (2012). *Fontes difusas de poluição da água: características e métodos de controle*. Artigos Temáticos do Grupo de Automação, Quimiometria e Química Ambiental (AQQUA), 1:9-16. Disponível em: <<https://www.aqqua.unb.br/images/Artigos/Tematicos/difusa.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2023.

USACE – US Army Corps of Engineers. (2016). *HEC-RAS – River Analysis System: User’s Manual*. Version 5.0. Disponível em: <<https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Users%20Manual.pdf>>. Acesso em: dez. 2022.

VON SPERLING, M. (2005). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais: DESA.

ZINATO, T. M. C.; GUIMARÃES, M. M. (2017) Estudo sobre a utilização de “wetlands” construídas para tratamento de águas residuárias no Brasil. In: *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS)*. Campo Grande.