FUNDAÇÃO ESCOLA DE SOCIOLOGIA E POLÍTICA DE SÃO PAULO

MBA Saneamento Ambiental

Silene Cristina Baptistelli

Rio Pinheiros: passado, presente e o futuro de um importante rio urbano na cidade de São Paulo

São Paulo

2020

Silene Cristina Baptistelli

Rio Pinheiros: passado, presente e o futuro de um importante rio urbano na cidade de São Paulo

Monografia apresentada à Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de Especialista em MBA em Saneamento Ambiental, sob a orientação da Profa. Dra. Angela Cassia Rodrigues.

São Paulo

2020

Biblioteca FESPSP – Catalogação-na-Publicação (CIP)

363.7394
B222r Baptistelli, Silene Cristina.
Rio Pinheiros : passado, presente e o futuro de um importante rio urbano na cidade de São Paulo / Silene Cristina Baptistelli. – 2020.
49 p. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Angela Cassia Rodrigues.
Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Saneamento Ambiental) – Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo.
Bibliografia: p. 47-49.

1. Rios urbanos. 2. Qualidade da água. 3. Despoluição. 4. Rio Pinheiros. I. Rodrigues, Angela Cassia. II. Titulo.

CDD 23. : Poluição hídrica 363.7394
Água – poluição 628.168

Ficha catalográfica elaborada por Éderson Ferreira Crispim CRB-8/9724

Silene Cristina Baptistelli

Rio Pinheiros: passado, presente e o futuro de um importante rio urbano na cidade de São Paulo

Monografia apresentada à Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de Especialista em MBA em Saneamento Ambiental, sob a orientação da Profa. Dra. Angela Cassia Rodrigues.

Data da aprovação:

_____/_____/_____

Banca de examinadora:

M. Sc. Carlos Motta Nunes

Dra. Luciana Pranzetti Barreira

RESUMO

O rio Pinheiros, localizado na cidade de São Paulo numa bacia altamente urbanizada, é afetado por lançamento de esgoto *in natura*, disposição indevida de resíduos sólidos e pelo recebimento de carga difusa em eventos de chuvas. Em decorrência dessa poluição, o rio Pinheiros, em determinadas épocas do ano, particularmente na estiagem, tem apresentado condições anaeróbias em suas águas, gerando odores desagradáveis. Este trabalho tem como objetivo apresentar um panorama do histórico de poluição, as condições atuais e um prognóstico do rio Pinheiros, mostrando os desafios a serem enfrentados. Trata-se de estudo de caráter descritivo onde foram coletados e analisados dados e informações históricas e atuais, da qualidade das águas do rio Pinheiros, das características de sua bacia hidrográfica e os principais problemas com saneamento básico e ocupação territorial da região de estudo. Além disso, foram analisados características e dados históricos de poluição e de despoluição de dois rios europeus, o Sena e o Tâmisa, visando auxiliar na avaliação prognóstica do rio Pinheiros. A infraestrutura de esgotamento sanitária já instalada, somada às obras e ações previstas, oferece condições para alcançar um dos objetivos do Projeto Novo Rio Pinheiros, que é o de aumentar os índices de atendimento com coleta de esgotos de 89% para 93% e de tratamento de 61% para 93%. Uma importante e inovadora ação é a implantação das URQs que irão atender aos aglomerados subnormais, onde não é possível o atendimento com o sistema separador absoluto e obras convencionais de esgotamento sanitários. Conclui-se que os resultados da pesquisa podem sustentar a possibilidade de vislumbrar uma melhoria da qualidade das águas do rio Pinheiros, considerando as ações propostas no Projeto Novo Rio Pinheiros, ou seja, obras convencionais de saneamento, ações inéditas como as URQs, e ações complementares de oxigenação forçada.

Palavras chave: Rios urbanos; Qualidade da água; Despoluição; Rio Pinheiros.

ABSTRACT

The Pinheiros River, located in a highly urbanized basin of São Paulo city is affected by release of raw sewage, improper disposal of solid waste and for receiving diffuse load in rainfall events. As a result of this pollution, the Pinheiros River, at certain times of the year, particularly in the dry season, has presented anaerobic conditions in its waters, generating unpleasant odors. This work aims to present an overview of the pollution history, current conditions and a prognosis of the Pinheiros River, showing the challenges to be faced. This is a descriptive study in which historical and current data were collected and analyzed, such as the quality of the waters of the Pinheiros River, the characteristics of its hydrographic basin and the main problems with basic sanitation and territorial occupation of the study region. Furthermore, based on the pollution and depollution history of two European rivers, Sena and Thamisa, aiming to assist in the prognostic evaluation of the Pinheiros River. The sanitary sewage infrastructure already installed, added to the planned works and actions, offers conditions to achieve one of the objectives of the Novo Rio Pinheiros Project, which is to increase the rates of service with sewage collection from 89% to 93% and treatment from 61% to 93%. An important and innovative action is the implantation of URQs that will serve shanty towns, where it is not possible to service with the absolute separator system and conventional sanitary sewage works. Concludes that the results of the research may support a possibility of envisioning an improvement of the water quality of the Pinheiros River, considering the actions proposed in the Novo Rio Pinheiros Project, ie conventional sanitation works, unprecedented actions such as URQs, and complementary actions of forced oxygenation.

Keywords: Urban Rivers Water Quality. Depollution. Pinheiros river.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia do Rio Pinheiros (contorno em vermelho) 12
Figura 2 - Rio Pinheiros com seu trajeto sinuoso e suas planícies de inundação nos de 1930. 14
Figura 3 - Médias anuais de DBO e Carbono Orgânico Total no ponto na foz do rio Pinheiros 19
Figura 4 - Foto do Rio Pinheiros e seu entorno 20
Figura 5 – Situação da coleta de esgoto na bacia do rio Pinheiros e indicação de aglomerados subnormais 22
Figura 6 - Evolução das concentrações DBO no rio Sena na área central 24
Figura 7 - Princípio de funcionamento de uma ilha de sobrevivência e a localização destas ilhas ao longo do rio Sena 25
Figura 8 – Charges públicas ou caricaturas da situação do Grande Fedor no Tâmisa 27
Figura 9 – Foto do rio Tâmisa em Londres (2019) 29
Figura 10 – Localização da URQs (Unidades de Requalificação da Qualidade das Águas) 35
Figura 11 – Concentrações Médias Anuais de OD e DBO ao longo do rio Pinheiros para os diferentes cenários simulados 39
Figura 12 – Croqui esquemático do *U-Tube* 42
Figura 13 - Croqui típico do conjunto *Speece Cone* e Foto do equipamento instalado na Geórgia, EUA 43
Figura 14 - Esquemático da utilização do SDOX® em um rio 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites das classes de qualidade conforme Diretiva Europeia (2000/60/CE) dos parâmetros físico-químicos gerais.....24
Tabela 2 – Comparação de características dos rios Sena, Tâmisa e Pinheiros.....30
Tabela 3 - Capacidades de tratamento e eficiências de remoção das URQs 35
Tabela 4 – Cenários de Modelagem 38

LISTA DE SIGLAS

ABIMAQ	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEF	Caixa Econômica Federal
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COT	Carbono Orgânico Total
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQA	Diretiva Quadro Água
EMAE	Empresa Metropolitana de Águas e Energia
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade das Águas
OD	Oxigênio Dissolvido
PLAMTE	Plano de Modernização do Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana de São Paulo
RMBS	Região Metropolitana da Baixada Santista
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SIMA	Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente
SINDESAN	Sistema Nacional das Indústrias de Equipamentos para Saneamento Básico e Ambiental
UE	União Europeia
URQ	Unidade Recuperadora da Qualidade das Águas

SUMÁRIO

1 Introdução 11

2 Histórico e situação atual de qualidade das águas do rio pinheiros 14

2.1 Histórico do rio Pinheiros e da qualidade de suas águas 14

2.2 Situação Atual da qualidade das águas do rio Pinheiros 18

2.3 Problemas na bacia do rio Pinheiros com saneamento básico e ocupação territorial 20

3 O processo de despoluição de alguns rios urbanos no mundo e a comparação com o rio Pinheiros 22

3.1.1 Rio Sena 22

3.1.2 Rio Tâmisa 26

3.1.3 Comparação entre os rios Pinheiros, Sena e Tâmisa 30

4 O Projeto Novo rio Pinheiros e seus principais desafios 32

4.1 Inovações tecnologias no âmbito do Projeto Novo rio Pinheiros 34

4.1.1 Unidades de Requalificação da Qualidade das Águas – URQs 34

5 Prognóstico da qualidade das águas do rio Pinheiros após a despoluição 36

5.1 Estudos de modelagem matemática da qualidade das águas do rio Pinheiros 36

5.2 Oxigenação nas águas do rio Pinheiros 40

6 Considerações Finais 45

7 Referênciasias 47

1 INTRODUÇÃO

O rio Pinheiros é um corpo hídrico localizado na cidade de São Paulo na bacia altamente urbanizada do Alto Tietê, afetado pelos despejos de esgotos domésticos e industriais, resíduos sólidos e pela poluição difusa. Nas condições atuais, decorrentes dos níveis de poluição, o rio Pinheiros, em determinadas épocas do ano, particularmente na estiagem, tem experimentado condições anaeróbias em suas águas, gerando odores desagradáveis.

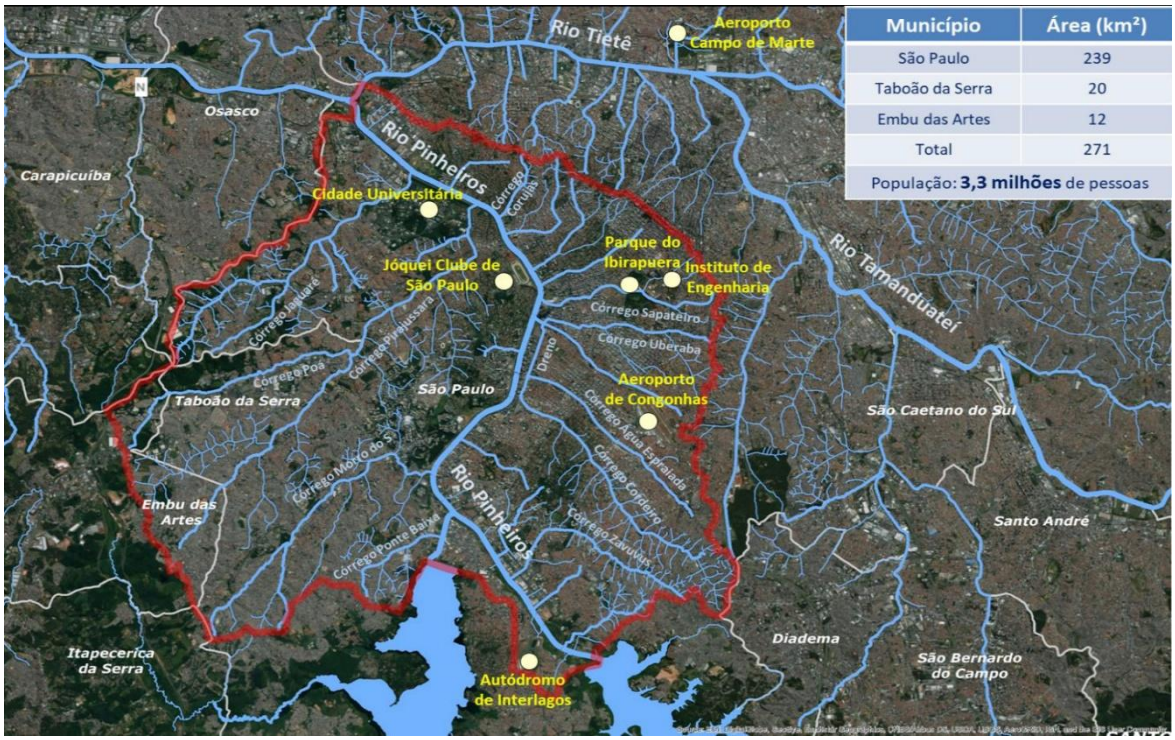
A bacia hidrográfica do rio Pinheiros ocupa uma área de 271 km^2, com uma população em torno de 3,3 milhões de habitantes (Figura 1). Conta com atendimento de 100% em abastecimento de água e índice de coleta de esgoto é de 89%, sendo que 61% dos esgotos gerados na bacia são encaminhados para tratamento, dados referentes ao ano de 2018 (SABESP, 2019). Esta porção da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP apresenta um adensamento populacional intenso e ocupação desordenada com uma parcela da população vivendo em áreas de ocupação irregular, na chamada “cidade informal” que se apresenta com infraestrutura de esgotamento sanitário deficiente devido à dificuldade na instalação de redes de esgoto e coletores nos fundos de vale, e com crescimento rápido e desordenado. De acordo com o IBGE (2017), a densidade demográfica do Brasil, em 2010 era de 22,42 habitantes/ km^2, do estado de São Paulo de 166,23 habitantes/ km^2, da cidade de São Paulo 7.398,26 habitantes/ km^2. Se compararmos estes números com a bacia do rio Pinheiros, que tem densidade demográfica de 12.177 habitantes/ km^2, pode-se perceber o quão intensa é a densidade demográfica desta bacia. A favela de Paraisópolis, na bacia do rio Pinheiros, tem densidade demográfica de 45.000 habitantes/ km^2.

Além disso, há o problema da coleta de resíduos sólidos e da varrição das ruas que se apresentam deficitárias devido às condições inadequadas destas residências irregulares, que são na maioria das vezes “favelas”. Soma-se a isso, o sistema de drenagem urbana, praticamente inexistente nestas regiões de moradias subnormais. Assim, pode-se notar que a poluição do rio Pinheiros deve-se a uma série de problemas que vão desde a falta de saneamento básico até o crescente número de aglomerados subnormais (principalmente favelas) da região, e ainda perpassa pelo

fato de ser um rio retificado e canalizado com uma hidrodinâmica lenta e pouca capacidade de autodepuração.

Pelo fato de ser um importante rio urbano na cidade de São Paulo, o rio Pinheiros carece de ações efetivas para a resolução dos seus problemas de poluição. Os reflexos de seu odor fétido durante alguns dias do ano são vivenciados por milhares de pessoas que moram, trabalham ou simplesmente transitam ao seu redor. Neste sentido, em 2019, foi lançado o Programa Novo Rio Pinheiros, um programa para despoluição do rio, da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA).

Figura 1 - Bacia do Rio Pinheiros (contorno em vermelho)



Fonte: Sabesp, 2019

Em virtude da complexidade da bacia e da diversidade dos problemas de poluição, para a despoluição do rio Pinheiros, medidas convencionais de saneamento básico, como a coleta e tratamento dos esgotos por sistema separador absoluto não serão suficientes.

Neste contexto, este trabalho visa apresentar um panorama do histórico de poluição, as condições atuais e um prognóstico baseado do Rio Pinheiros, mostrando os desafios a serem enfrentados, e destacar as inovações tecnológicas que estão sendo concebidas no âmbito do Projeto Novo Rio Pinheiros.

A apresentação e a análise das principais características de dois rios europeus, o Sena, na França e Tâmisa, no Reino Unido, visam identificar pontos de semelhança e de dissimilaridade com os processos históricos de poluição e despoluição do rio Pinheiros, procurando aproveitar as lições aprendidas destes dois países, que auxiliam na análise prognóstica deste trabalho.

Trata-se de um estudo de caráter descritivo dos principais aspectos históricos e da situação atual da poluição e da qualidade das águas do rio Pinheiros, a situação de ocupação territorial e o problema dos aglomerados subnormais, além de aspectos comparativos entre o rio Pinheiros e dois outros rios urbanos europeus, e descrição do programa de despoluição em andamento, o Projeto Novo rio Pinheiros.

Para realizar este estudo foram coletados dados e informações, históricas e atuais, da qualidade das águas do rio Pinheiros. Além disso, foram levantados as características da bacia hidrográfica do rio Pinheiros e os principais problemas com saneamento básico e ocupação territorial da região de estudo.

Os dados e informações foram compilados e descritos, e posteriormente analisados. Estes dados deram embasamento à avaliação quanto à efetividade das obras propostas no Projeto Novo rio Pinheiros, e de que forma estas ações podem melhorar a qualidade das águas do rio Pinheiros. Adicionalmente, é realizada uma análise das características e dos dados históricos de poluição de despoluição de dois rios europeus visando amparo na avaliação prognóstica do rio Pinheiros.

O presente trabalho está estruturado em capítulos, sendo no Capítulo 1, de introdução, são apresentados a contextualização do problema e o objetivo da pesquisa. O Capítulo 2 mostra um histórico e a situação atual de qualidade das águas do rio Pinheiros e os principais problemas em sua bacia com saneamento básico e ocupação territorial. O processo de despoluição de alguns rios urbanos europeus (rios Sena e Tâmisa) e a comparação com o rio Pinheiros são apresentados no Capítulo 3. O Projeto Novo rio Pinheiros e seus principais desafios, além das inovações tecnologias no âmbito do Projeto são abordados no Capítulo 4.

No Capítulo 5 é realizada a avaliação prognóstica da qualidade das águas do rio Pinheiros após a despoluição, a partir da análise de estudos de modelagem matemática. Nas Considerações Finais – Capítulo 6 – são tecidas as considerações finais acerca deste trabalho.

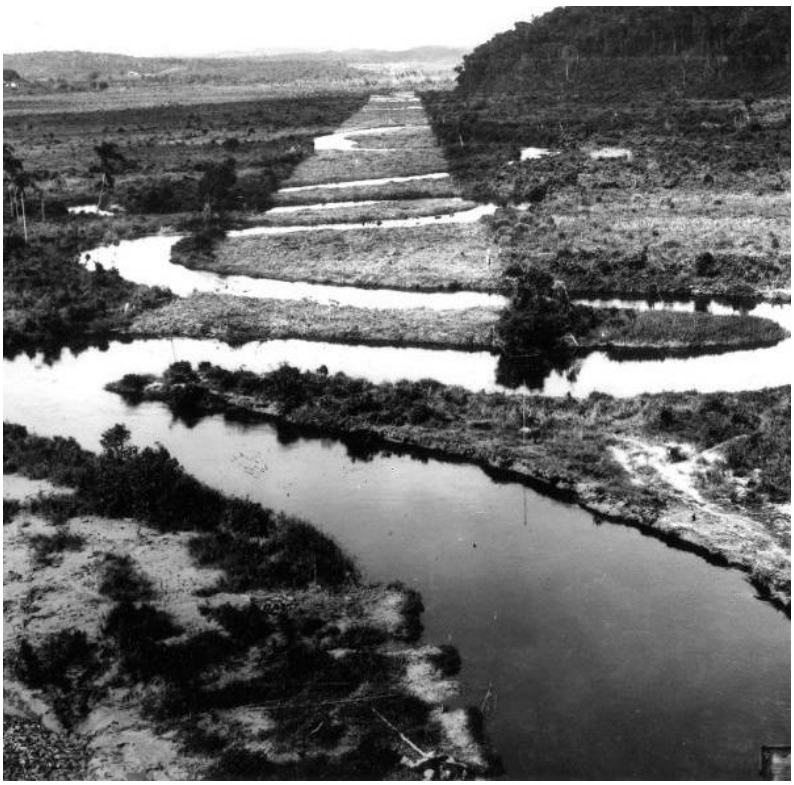
2 HISTÓRICO E SITUAÇÃO ATUAL DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO PINHEIROS

2.1 Histórico do rio Pinheiros e da qualidade de suas águas

O rio Pinheiros, assim como o rio Tietê, flui em sentido contrário ao mar. Com 25 km de extensão o rio Pinheiros nasce da união da jusante dos rios Guarapiranga e Rio Grande e tem sua foz no rio Tietê.

Típico rio de planície, com declividade quase imperceptível, o Pinheiros no passado foi muito sinuoso, e isso permitia a navegação em quase toda sua extensão. A ocupação dos grandes lotes da bacia deu-se inicialmente por chácaras, cujos proprietários foram atraídos pelo solo fértil e abundante em água, características ideais para o cultivo de frutas legumes e verduras que faziam o abastecimento do aldeamento de Santo Amaro e de São Paulo de Piratininga, atual área central da cidade (REVISTA SANEAS, 2019). A Figura 2 apresenta uma foto do rio Pinheiros e seu trajeto sinuoso nos anos de 1930.

Figura 2 - Rio Pinheiros com seu trajeto sinuoso e suas planícies de inundação nos de 1930.



Fonte: Arquivo Divulgação Eletropaulo

https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2019/11/08/agora-vai-governo-doria-promete-despoluir-rio-pinheiros-ate-2022-para-especialistas-ha-risco-de-enxugar-gelo-iejn/ Acesso em 18/04/2020.

Nos primeiros anos do século 20 pôde ser sentida uma intensa transformação do cenário da cidade de São Paulo, que rapidamente aumentava suas áreas industriais, e o município que atendia com usinas termoelétricas, não podia mais atender as necessidades desta população. Na medida em que a cidade se expandiu para esta região, com a necessidade de se gerar mais energia, foi elaborado um projeto de engenharia pelo engenheiro *Asa White Kenney Billings*, contratado pela São Paulo *Tramway, Light and Power Company*, mais conhecida como Light São Paulo, que viu na diferença de nível entre o planalto paulista e o nível do mar um potencial para construção de uma usina hidroelétrica com esta queda d'água. Assim, em 1926 a Usina Henry Borden entrou em operação (REVISTA SANEAS, 2019).

Após uma estiagem histórica nos anos de 1924 e 1925, que reduziu a produção de energia, pensou-se em outro projeto ambicioso de engenharia, que consistia na retificação do leito do rio Pinheiros e a reversão do seu sentido, de forma de que suas águas despencassem pela serra do mar, gerando mais energia elétrica na usina Henry Borden.

Inaugurada em 1940, a Usina Elevatória de Traição tem como objetivo reverter o curso das águas dos rios Tietê e Pinheiros, para serem encaminhadas à Usina Elevatória de Pedreira e depois ao Reservatório Billings. Do ponto de vista energético, a reversão do rio tem como propósito manter volumes d' água nos reservatórios do Rio das Pedras e Billings suficientes para garantir a geração na Usina Henry Borden (EMAE, 2020a).

Segundo a Revista SANEAS (2019), no fim da década de 1970 e 1980 este rio já estava tão poluído que o envio das suas águas para a Billings comprometia a qualidade das águas da represa. O rio Pinheiros estava sendo afetado pelos despejos de esgotos domésticos e industriais e pela poluição difusa, carreados pelos seus principais afluentes. Assim, esta poluição do rio foi responsável por proibir o procedimento que direcionava seu fluxo para a Represa Billings, que tinha como objetivo aumentar a geração de energia na Usina Henry Borden. Além disso, por ocasião dos eventos de chuvas mais impactantes, para o controle de cheias ocorria a reversão do rio Pinheiros, que recebia as águas do rio Tietê, e com elas a contaminação oriunda de municípios de sua bacia. Nessa situação, a partir de outubro de 1992, a operação de reversão do rio Pinheiros passou a atender às condições estabelecidas na Resolução Conjunta SMA/SES 03/92, de 04/10/92,

atualizada pela Resolução SMA-SSE-02, de 19/02/2010, que só permite o bombeamento das águas do Rio Pinheiros para o Reservatório Billings para controle de cheias.

O esquema de operação inclui: a antecipação da abertura total das comportas da Barragem Edgard de Souza, dando escoamento natural às águas do Tietê; a separação das bacias dos rios Pinheiros e do Tietê por meio do fechamento da Estrutura de Retiro; o acionamento das estações de bombeamento de Traição e Pedreira para controle do nível de água no Canal Pinheiros e a utilização dos volumes de espera nos reservatórios Billings, Guarapiranga, Pedras e Pirapora, para atenuar as ondas de cheias de suas próprias bacias e minimizar o risco de inundação a jusante, nos rios Pinheiros, Tietê e Cubatão (EMAE, 2020b).

Nos anos 2000, para retornar à capacidade máxima de geração de energia na Usina Henry Borden, sem prejudicar a qualidade da água do Reservatório Billings, a Empresa Metropolitana de Águas e Energia – EMAE, atual responsável pela operação do sistema hidráulico e gerador de energia da Região Metropolitana de São Paulo, apresentou uma proposta de despoluição das águas do Rio Pinheiros revertidas para a Billings. Esta proposta é baseada na tecnologia de flotação, que segundo o documento denominado "Avaliação do Sistema Pinheiros-Billings com o Protótipo de Flotação" elaborado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH (FCTH, 2009), e o projeto visava que no futuro a implantação do sistema completo, aliado a medidas complementares de controle de poluição, permitiria a reversão de 50 m^3/s para o Reservatório Billings e, consequentemente, um aumento médio de 280 MW na produção de energia na usina de Henry Borden. Isto significa que a produção média poderá passar dos 128MW brutos atuais (vazão média de 23m^3/s) para 408 MW (vazão média de 73m^3/s).

O sistema de flotação com capacidade de 10 m^3/s, foi instalado em 2001 no trecho do canal do Rio Pinheiros entre o córrego Zavuvus e a Barragem de Pedreira. Para avaliar a eficiência do processo de despoluição foi realizada, em 2009, uma parceria com o Centro de Pesquisa da Universidade de São Paulo (USP), através de um programa de monitoramento que abrangeu além do Rio Pinheiros e Reservatório Billings, o Rio Tietê e o Reservatório Guarapiranga (FCTH, 2009). O programa teve duração de 2 (dois) anos e meio, e avaliou parâmetros básicos de qualidade da água.

A partir deste programa de monitoramento concluiu-se que houve significativa remoção de fósforo e redução, em maior ou menor nível, de outros poluentes. Considerando as variáveis de qualidade monitoradas durante os testes não foram detectados, além da zona de mistura, impactos negativos nas águas do Reservatório Billings, que pudessem ser associado diretamente à operação do protótipo, isto é: não houve nenhuma diferença estatisticamente mensurável nas variáveis de qualidade monitoradas antes e durante a operação do sistema (FCTH, 2009).

Essa tentativa de despoluir o rio Pinheiros funcionou de modo experimental por dez anos e consumiu 160 milhões de dólares em investimentos. Apesar de o experimento ter alcançado melhorias significativas na qualidade das águas, não apresentou a eficiência esperada, além do problema da geração de lodo, cerca de 1000 toneladas por dia, e da impossibilidade de operar o sistema em época de chuvas (REVISTA SANEAS, 2019). Além disso, a água ainda apresentava grandes concentrações de metais pesados, e em 2011 o projeto foi então paralisado pelo Ministério Publico.

Cabe ressaltar que, o mais importante projeto de despoluição dos rios da RMSP é o Projeto Tietê, que engloba a bacia do rio Pinheiros. A Sabesp vem executando, desde 1992, este que é um dos maiores programas de saneamento do Brasil, que tem como objetivo contribuir para a revitalização progressiva do rio Tietê e seus afluentes, na Bacia do Alto Tietê, por meio da ampliação e otimização do sistema de coleta, transporte e tratamento de esgotos na Região Metropolitana de São Paulo (RAGAZZI, 2020).

De acordo dom Superintendente de Planejamento Integrado da Sabesp, Dante Ragazzi, que participou de Reunião Extraordinária do Sistema Nacional das Indústrias de Equipamentos para Saneamento Básico e Ambiental – SINDESAN na Sede da ABIMAQ, no dia 30 de maio de 2019, em São Paulo, temos:

> “Entre 1992 e 2018 foram investidos no Projeto Tietê, US$2,9 bilhões (BID, BNDES, CEF e recursos próprios) proporcionando esgoto tratado para mais de 10 milhões de pessoas. Houve uma redução de 408 km da mancha de poluição (de 530 km para 122 km aproximadamente 80%).Também foram realizadas cerca de 1,77 milhão de ligações domiciliares, 4,4 mil km de interceptores, coletores tronco e redes coletoras. A mortalidade infantil (número de crianças que morreram antes de completar um ano de vida a cada mil crianças nascidas vivas no período de um ano) caiu de 27 (1992) para 11 (2016) ”.

Com isso a coleta dos esgotos na RMSP passou de 70 para 89% de 1992 a 2018, e o tratamento de esgotos na região passou de 24% para 78% no período (RAGAZZI, 2020).

Recentemente, o Governo do Estado de São Paulo tomou por decisão promover a melhoria da qualidade da água do rio Pinheiros e a adequação de seu entorno, por meio da Resolução SIMA nº 14, de 8 de março de 2019, instituída pelo Secretário de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente. Na sequência foi lançado o Projeto Novo rio Pinheiros, descrito no Capítulo 4.

2.2 Situação Atual da qualidade das águas do rio Pinheiros

Conforme Von Sperling (2007), a matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos processos de oxidação da matéria orgânica. Como há uma enorme dificuldade em determinar os diversos componentes da matéria orgânica, utilizam-se métodos indiretos de sua quantificação ou do seu potencial de poluição que são a medição do consumo de oxigênio (DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio) e medição do carbono orgânico (COT - Carbono Orgânico Total).

O Canal Pinheiros teve origem na retificação do rio Pinheiros, iniciada no final da década de 30 e concluída em 1957. A Usina Elevatória de Traição divide esse canal em dois: o Canal Pinheiros Inferior, com 10.083 m de extensão, trecho compreendido entre a confluência com o Rio Tietê ("Cebolão") e a Usina Elevatória de Traição, e o Canal Pinheiros Superior, com 15.461 m, trecho compreendido entre as usinas elevatórias de Traição e Pedreira (EMAE, 2020c).

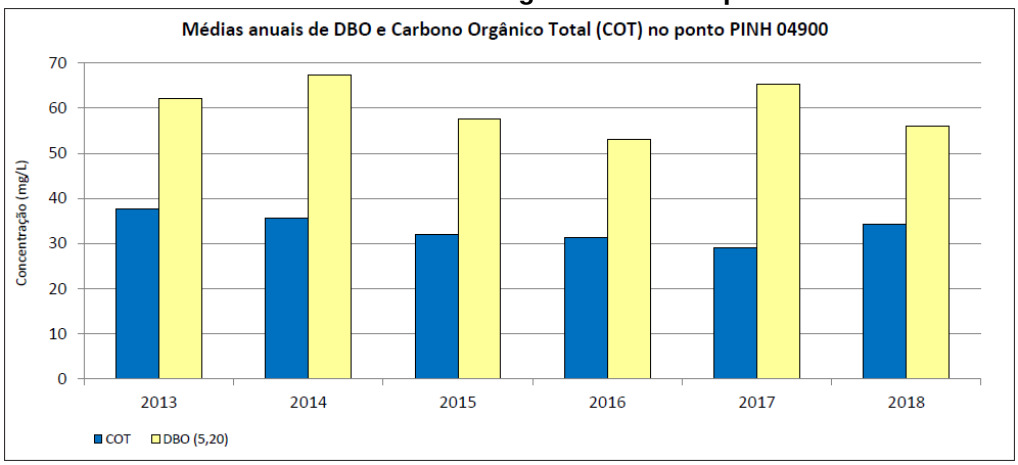
De acordo com o Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo (CETESB, 2019), embora a maioria dos rios no estado tenha apresentado uma qualidade Boa, de acordo com o IQA (Índice de Qualidade das Águas), nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e de Campinas, existem rios com qualidade Péssima, influenciada pela baixa capacidade de diluição desses corpos hídricos e pela elevada carga orgânica que recebem, decorrente principalmente da presença de esgotos domésticos.

Embora o IQA do "Baixo Pinheiros" tenha se mostrado com qualidade Péssima, seu trecho superior, também enquadrado na Classe 4, conforme a Resolução CONAMA

357/05 (BRASIL, 2005) e que se destina a usos menos exigentes, apresentou uma melhora em 2018, atingindo qualidade Regular em Pedreira. Contribuíram para essa melhora os investimentos em saneamento na sub bacia do Zavuvus, afluente do Alto Pinheiros, cujas águas apresentaram alguma recuperação nos níveis de oxigênio, com concentração média anual igual ao padrão de qualidade da Classe 4, e uma diminuição nos teores de matéria orgânica, avaliada por meio da DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio (CETESB, 2019).

Conforme relatório da CETESB (2019), com relação ao perfil do IQA no rio Pinheiros, em 2018 a qualidade se mantém na categoria Regular em Pedreira, no canal do Pinheiros Superior. No trecho sob a Ponte do Socorro a qualidade se altera devido à presença de carga orgânica elevada, passando para a categoria Ruim, a mesma classificação obtida em 2017. Na Av. Bandeirantes e na Estrutura do Retiro a classificação se mantém na categoria Péssima. No tocante à qualidade da água na foz do rio Pinheiros, a Figura 3 apresenta a evolução das concentrações dos parâmetros de DBO e COT (Carbono Orgânico Total), as quais não tiveram alterações significativas ao longo dos anos, mantendo-se, no entanto, em concentrações altas de DBO, na média, acima de 50 mg/L.

Figura 3 - Médias anuais de DBO e Carbono Orgânico Total no ponto na foz do rio Pinheiros



Fonte: CETESB, 2019

Mesmo com a qualidade ruim de suas águas, o rio Pinheiros tem uma grande importância como elemento marcante na paisagem da cidade de São Paulo, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Foto do Rio Pinheiros e seu entorno

Fonte: Arquivo de Fotos da Sabesp

2.3 Problemas na bacia do rio Pinheiros com saneamento básico e ocupação territorial

Na década de 1930 o rio Pinheiros não era poluído, e tinha abundância de água, mesmo porque a população era pequena. Além disso, ainda não havia a drenagem urbana canalizada, drenando e levando embora rapidamente as águas. Com o crescimento da população e o início dos problemas de poluição, o olhar dos habitantes em geral era outro, ansiava-se por medidas que afastassem as águas, os rios poderiam ser escondidos, em detrimento de uma melhora nas condições de higiene. O governo, por sua vez, projetava sua drenagem urbana com uma visão higienista, procurando afastar as águas, os rios, e os problemas que pudessem vir com elas, como enchentes e poluição. No caso do rio Pinheiros, ou da bacia do rio Pinheiros, os problemas são inúmeros. À medida que toda a bacia hidrográfica do rio Pinheiros foi ocupada, seus afluentes foram canalizados, ao ponto de, atualmente, poucos segmentos de alguns afluentes estão a céu aberto. Assim, forma-se a drenagem urbana desta bacia fazendo com que cada boca de lobo receba além da água de chuva, toda a carga difusa por ela transportada. Estes canais ou galerias com frequência estão plugados por ligações irregulares de esgotos sanitários No

entanto, atualmente, nos anos de 2020, a visão é outra, as pessoas querem conviver com as águas, com os cursos dos rios, com suas margens. Mas, para isso, obras e ações devem ser executadas para a retomada do convívio com as águas (ASSOCIAÇÃO ÁGUAS CLARAS DO RIO PINHEIROS, 2015).

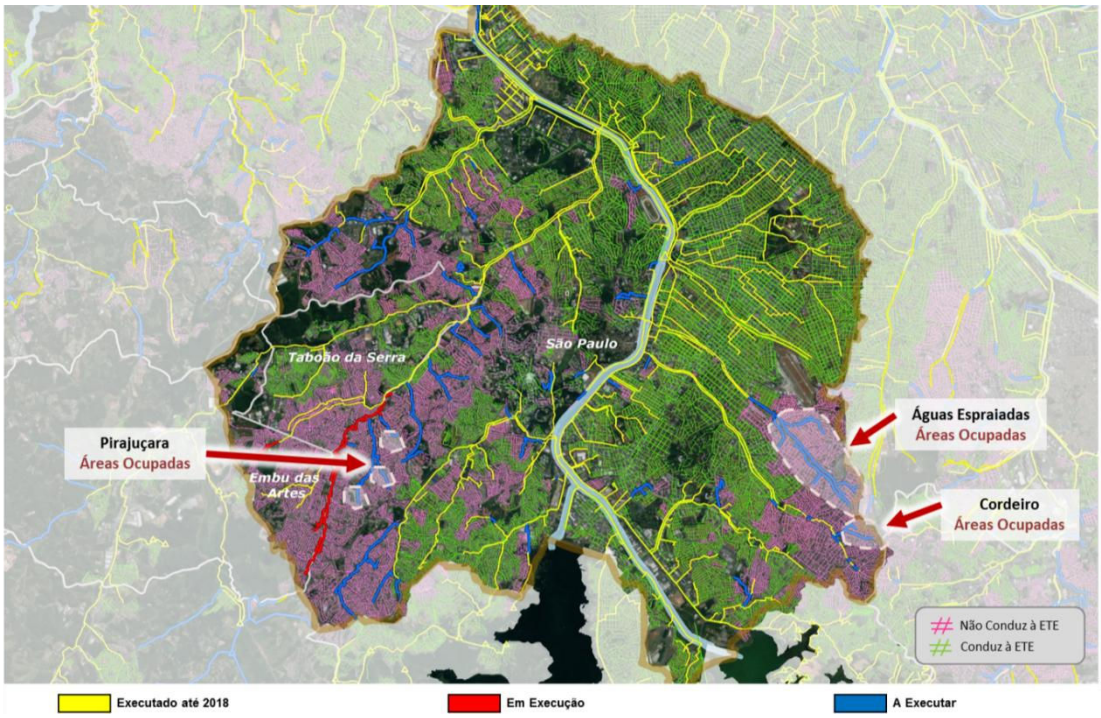
Dados de 2018 mostram que, com uma população em torno de 3,3 milhões de habitantes são gerados 7,6 m^3/s de esgotos sanitários, sendo que a Sabesp coleta 6,7 m^3/s e trata 4,6 m^3/s destes esgotos na Estação de Tratamento de Esgotos - ETE Barueri (SABESP, 2019).

Dos 25 afluentes ao rio Pinheiros apenas 9 deles estão saneados, ou seja, tem seu esgoto encaminhado para tratamento, e alguns dos demais 16 afluentes atravessam comunidades informais.

Conforme Benedito Braga, presidente diretor da Sabesp, a despoluição do Rio Pinheiros esbarra nos problemas da desigualdade social e do déficit habitacional (BRAGA, 2019). Ainda segundo ele, aproximadamente 700 mil pessoas vivem em áreas informais na bacia hidrográfica do Rio Pinheiros, despejando o esgoto sem tratamento diretamente nos córregos, afluentes do Pinheiros: Jaguaré, Pirajussara, Taboão, Água Espraiada, Capão Bonito, Embu das Artes e Ribeirão Cachoeira. E ainda, nesses trechos, os coletores e interceptores não podem alcançar, pois o avanço da rede nestes locais configuraria legalizar uma área que ainda não está regular para moradia.

A Figura 5 ilustra a situação da coleta e tratamento de esgotos na bacia do rio Pinheiros e indica algumas das áreas de ocupação irregular, os chamados aglomerados subnormais.

Figura 5 – Situação da coleta de esgoto na bacia do rio Pinheiros e indicação de aglomerados subnormais



Fonte: Slide de apresentação interna na Sabesp, produzida pelo autor em junho de 2019.

3 O PROCESSO DE DESPOLUIÇÃO DE ALGUNS RIOS URBANOS NO MUNDO E A COMPARAÇÃO COM O RIO PINHEIROS

Na sequência são apresentados os históricos de poluição e despoluição de dois rios importantes da Europa, o rio Sena, na França e o Tâmisa, no Reino Unido. Neste item também é realizada uma comparação do histórico e das características entre os dois rios da Europa e o rio Pinheiros.

3.1.1 Rio Sena

O rio Sena (*La Seine* em francês) é um rio francês de 777 km de extensão. Sua nascente está situada na cidade de *Saint-Germain-Source-Seine*, na Borgonha, a 446 m de altitude em *Côte-d'Or* (costa do ouro) no planalto de Langres. O seu curso tem uma orientação geral de sudeste para noroeste, desembocando em *Le Havre*, no Canal da Mancha, na Normandia. A bacia do Sena compreende aproximadamente 97.000 km², cerca de 14% do território francês. Devido à sua pequena inclinação, a inexistência de corredeiras e cachoeiras e a construção de

eclusas em determinados trechos, o Sena é praticamente navegável em toda sua extensão sendo responsável por 50% do tráfego fluvial da França. Algumas das maiores cidades situadas ao longo do Sena são *Troyes, Mélun, Paris, Rouen, Honfleur* e *Le Havre* (PÊGO e DADALTO, 2009).

Na década de 60 o rio Sena foi declarado morto: níveis de poluição gerados pela indústria e agricultura eram altos, os peixes nativos tinham desaparecido e a água era insegura para uso recreativo. A reversão inicial deste cenário teve início em 1964, com a criação de seis agências para o gerenciamento de unidades hidrográficas naturais da França. O apoio financeiro destas agências estimulou as municipalidades a iniciar programas de tratamento, sempre com custo muito elevado. Até 1970, na bacia do Sena-Normandia, o número de estações de tratamento foi multiplicado por três. Em seguida, a agência regional promoveu um programa de aumento da eficiência das estações de tratamento, novas e antigas, com resultados apreciáveis (ampliações de 40 a 70% na capacidade efetiva de remoção de cargas). Não obstante os pesados investimentos efetuados a seguir, o 5º programa plurianual da agência de água (1987-1991) priorizou as denominadas "manchas negras" - áreas ainda mais pesadamente poluídas (PÊGO e DADALTO, 2009).

Diante destes investimentos houve a melhoria da qualidade das águas do rio Sena e a evolução de sua qualidade físico-química em quarenta anos, que é apresentada, na sequência, segundo o relatório da ARCEAU - *Association Recherche Collectivités dans le domaine de l'EAU*. Desde 1970, as equipes do SIAAP (*Service Public de l'assainissement francilien*) atuam no saneamento básico da região metropolitana de Paris uma das regiões mais densas da Europa, com 9 milhões de habitantes. A qualidade físico-química das águas do Sena em relação aos parâmetros da Diretiva Europeia (2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água), a qual define cinco classes de qualidade, ver Tabela 1 (ROCHER e AZIMI, 2017).

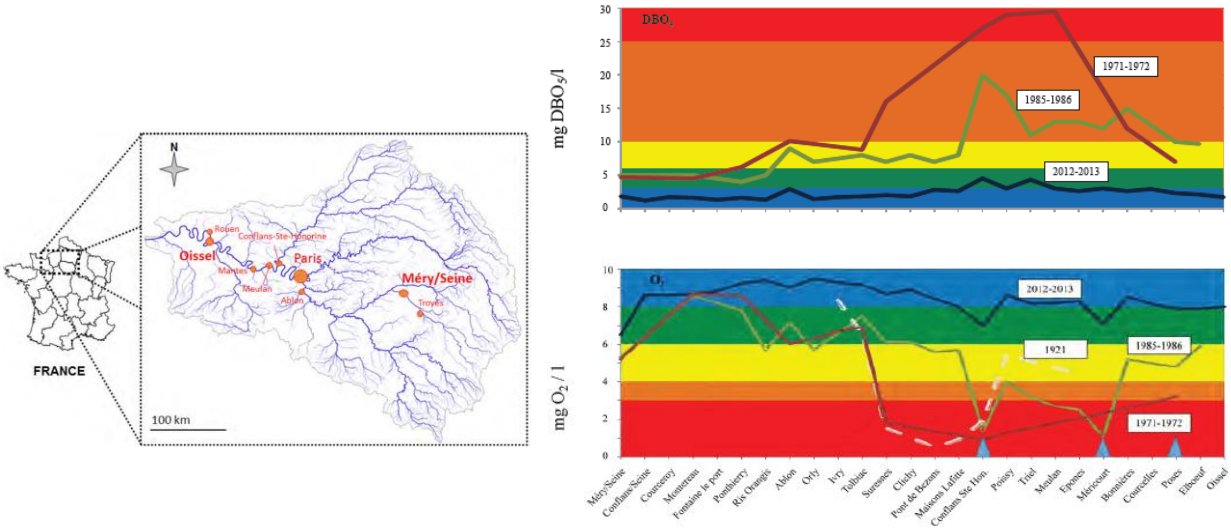
Tabela 1 - Limites das classes de qualidade conforme Diretiva Europeia (2000/60/CE) dos parâmetros físico-químicos gerais

	Limite das classes				
Parâmetros	**Excelente**	**Bom**	**Razoável**	**Insatisfatório**	**Ruim**
DBO_5 (mg/L)	3	6	10	25	
NH_4 (mg/L)	0,1	0,5	2	5	
PO_4 (mg/L)	0,1	0,5	1	2	
OD (mg/L)	8	6	4	3	

Fonte: Tradução livre de Rocher e Azimi, 2017

A evolução da qualidade do Sena ao longo do rio Sena desde *Méry-Sur-Seine*, 210 km a montante de Paris, até *Oissel*, localizado 230 km depois de deixar Paris, é apresentada na Figura 6. Os períodos estão divididos a partir dos três principais estágios do saneamento parisiense: (1) 1971-1972 caracteriza o estado inicial antes da escalada do saneamento parisiense, (2) 1985-1986 aumento de capacidade de tratamento dos esgotos e (3) 2012-2013 com o impacto positivo da implantação de tratamentos com nitrogênio e fósforo e melhor gerenciamento de eventos chuvosos.

Figura 6 - Evolução das concentrações DBO no rio Sena na área central



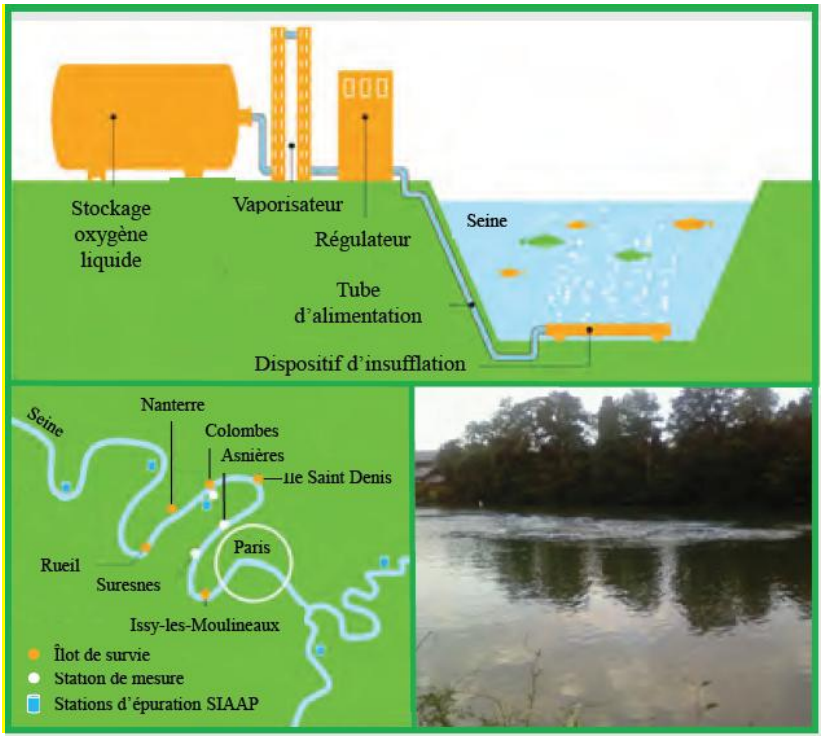
Fonte: Rocher e Azimi, 2017

A partir da Figura 6 é possível notar que, em 42 anos (1971 a 2013), as concentrações a jusante de Paris diminuíram significativamente. Ainda nos gráficos da Figura 6, entre *Tolbiac*, passando por *Conflans Ste Honorine até Bonnières* (7 km antes até 66 km depois de Paris) as concentrações em DBO passam das faixas "insatisfatório" e "ruim" (de 10 a 30 mg/L), no período (1), para as classes "excelente" e "bom" (de 1 a 5 mg/L) no período (3) de 2012-2013. A mesma condição se repete

para o parâmetro de OD, onde para o período (3) o OD se apresentam em torno de 7 mg/l e a qualidade da água é boa.

De acordo com Rocher e Azimi (2017), na primavera de 1991, o Sena sofreu uma seca causando déficits de oxigênio dissolvido por dezenas de quilômetros que causou mortandade de peixes, foi de onde nasceu o conceito de “ilhotas de sobrevivência”. A ideia era identificar, com o apoio das modelagens matemáticas, áreas de déficit crônico de oxigênio dissolvido e assim criar zonas de “refúgio” para manter os peixes vivos. Uma ilha de sobrevivência é formada um tanque de oxigênio puro, conectado a um difusor instalado no leito do rio, conforme ilustrado na Figura 7. Com o fluxo da água, a zona oxigenada se estende por vários quilômetros, criando assim uma área de refúgio para peixes.

Figura 7 - Princípio de funcionamento de uma ilha de sobrevivência e a localização destas ilhas ao longo do rio Sena



Fonte: ROCHER e AZIMI (2017)

Colocadas em operação em 1996, essas ilhas de sobrevivência trabalharam muito durante os primeiros anos e ajudaram a aliviar déficits graves de oxigênio dissolvido e manter permanentemente condições compatíveis com a sobrevivência dos peixes. Nos últimos anos, devido ao nível médio de oxigenação no Sena ter melhorado

significativamente, as ilhas de sobrevivência estão sendo mantidas, mas com frequência operacional reduzida (ROCHER e AZIMI, 2017).

Conforme LANNA e col. (2002), em 1990 o Ministério do Ambiente, da França, organizou um grande debate visando realizar um balanço sobre as ações desenvolvidas depois de 1964 e discutir soluções para melhorar a gestão de águas na França. Esse debate delineou as orientações para uma nova lei da água, aprovada em 3 de janeiro de 1992, 28 anos após a lei original. Esta lei teve como postulado básico o reconhecimento da água como patrimônio comum da nação, pois ela confere um caráter de interesse geral à preservação e à recuperação dos meios aquáticos. Ou seja, a nova lei da água evidencia o princípio da gestão equilibrada dos recursos hídricos, assegurando simultaneamente uma proteção dos ecossistemas e o atendimento aos usuários.

Observa-se na história de despoluição do rio Sena que além da preocupação sanitária, com ações de coleta e tratamento dos esgotos e devido ao encaminhamento das águas pluviais, há também a preocupação com a proteção do ecossistema, fornecendo condições ótimas para a sobrevivência dos peixes, enfim proporcionar uma gestão equilibrada dos recursos hídricos.

3.1.2 Rio Tâmisa

O Tâmisa, segundo maior rio do Reino Unido, nasce nas colinas de *Cotswold* e percorre seis condados ingleses ao longo de seu curso de 354 km antes de desembocar no mar do Norte, logo depois de banhar Londres. Com uma bacia hidrográfica de 9.948 km^2, o Tâmisa é o rio mais caudaloso do Reino Unido (MARSH e HANNAFORD, 2008 apud MARS PROJECT, 2016). As partes ocidentais da bacia do rio Tâmisa são predominantemente rurais, enquanto a área altamente urbanizada da Grande Londres localiza-se na parte central e leste da bacia onde moram cerca de 14 milhões de pessoas (MARS PROJECT, 2016).

Em meados do século XIX, as águas do Tâmisa formavam um esgoto a céu aberto, o que representava um problema de saúde pública, agravado pelo fato do rio ser a principal fonte de água potável de Londres.

Conforme Oliveira (2015) em um dia quente de verão de 1858, ocorreu o mais célebre dos episódios: o "*Big Stink*", o "Grande Fedor". Esse fenômeno foi provocado pela queda do oxigênio dissolvido (OD) e a evolução de sulfeto de hidrogênio,

situação esta potencializada pelo lançamento de efluente industrial, o que resultou na emanação de odores, causando incômodos à população e a suspensão dos trabalhos do Parlamento. Houve manifestação de vários setores da população e surgiram as charges públicas ou caricaturas (Figura 8).

Figura 8 – Charges públicas ou caricaturas da situação do Grande Fedor no Tâmisa

O homem da "estrada silenciosa". "Seu dinheiro ou sua vida!" Revista Punch, 10 de julho de 1858

A Estação de banho de Londres: “Venha meu caro! Venha para seu veho pai e tenha um bom banho!” Revista Punch, 18 de junho de 1859

Fonte: The Victorian Dictionary. https://www.victorianlondon.org/index-2012.htm. Acesso em 20/04/20

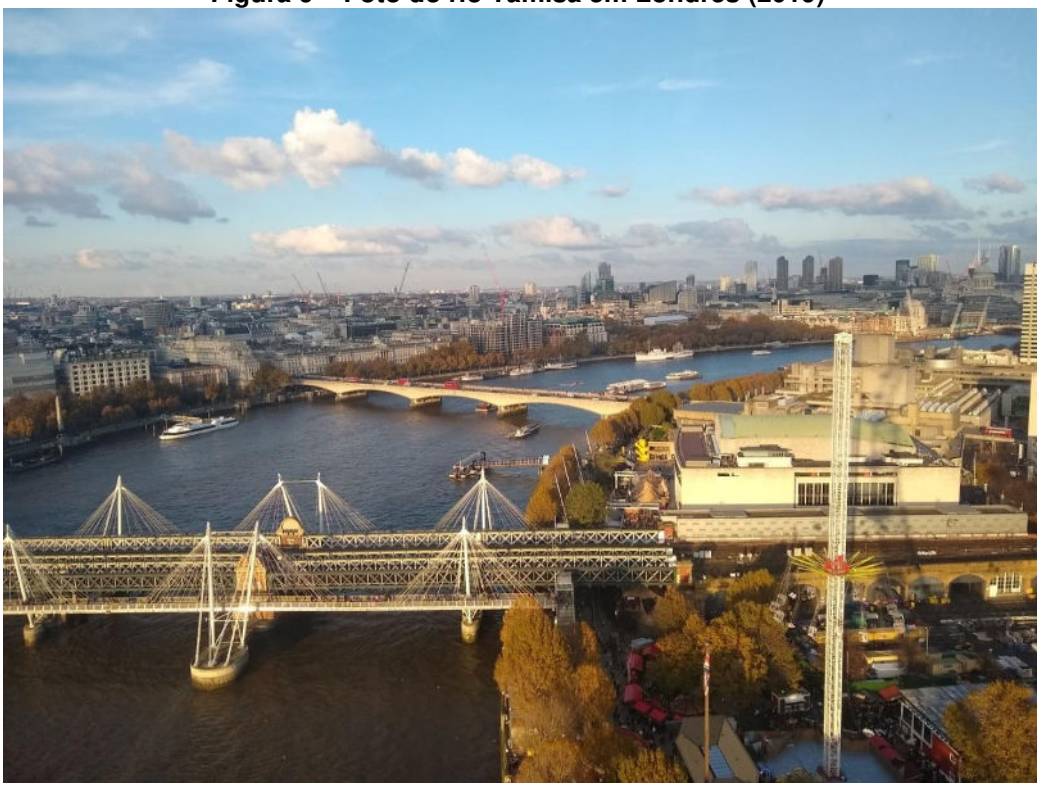
A infraestrutura de saneamento de coleta de esgotos e águas pluviais, construída à época, continua sendo a espinha dorsal da rede atual, apesar das diversas melhorias ao longo dos anos. Na ocasião, os engenheiros criaram um sistema de coleta dos esgotos gerados na região metropolitana de Londres com o lançamento no próprio Tâmisa, quilômetros abaixo. Como muitas cidades antigas ao redor do mundo, a maior parte de Londres é servida por um sistema de esgoto “combinado”, que coleta não apenas os esgotos sanitários, mas também o escoamento das águas pluviais. O sistema foi projetado por Sir Joseph Bazalgette após o “Grande Fedor” de 1858 (TIDEWAY, 2020).

Na época, a solução funcionou e o rio voltou a se recuperar por alguns anos. No entanto, com o crescimento da população, a mancha de esgoto foi subindo o Tâmisa e, por volta de 1950, o rio estava, mais uma vez, biologicamente morto. Foi então que as primeiras estações de tratamento de esgoto da cidade foram construídas. Vinte anos depois, em meados da década de 1970, o primeiro salmão – peixe conhecidamente sensível à poluição – em décadas foi encontrado no Tâmisa. O

sistema de drenagem natural de Londres, construído antes dos tempos vitorianos, foi aproveitado para transportar os esgotos, no entanto, durante tempestades severas e épocas de fortes chuvas, o sistema havia sido projetado para extravasar para o rio Tâmisa, em vez de inundar ruas e casas, visto tratar-se de um sistema combinado de esgoto e drenagem de águas pluviais. Aquela época, isso ocorria uma ou duas vezes por ano, mas nos dias atuais, isto ocorre em média semanalmente. O sistema atendia, em meados do século XIX, mais de dois milhões de habitantes de Londres, e teve a previsão de atender quatro milhões de habitantes. Atualmente a população da cidade de Londres está próxima a nove milhões e continua a crescer (Tideway, 2020).

Atualmente em Londres está em andamento o projeto Thames Tideway Tunnel que oferecerá o aumento da capacidade de transporte e tratamento dos esgotos e águas pluviais a fim de enfrentar o atual problema de poluição das águas do Tâmisa. Além disso, sistemas de drenagem mais sustentáveis também desempenharão seu papel, no sentido de que, embora não seja viável separar o sistema de esgoto do sistema de águas pluvial, por ser um “sistema combinado” (ou unitário) as obras reduzirão a quantidade de água da chuva que entra no túnel e prolongando sua vida útil. O túnel Thames Tideway coletará esgoto antes de entrar no rio e garantirá seu tratamento adequado, proporcionando melhor qualidade das águas do rio Tâmisa (TIDEWAY, 2020). A Figura 9 ilustra o rio Tâmisa em 2019.

Figura 9 – Foto do rio Tâmisa em Londres (2019)



(Fonte: o autor, novembro/2019)

Nos últimos 30 anos, é possível notar uma melhoria considerável da qualidade das águas do Tâmisa, principalmente pelo aspecto das águas e a ausência do odor característico de poluição, ou seja, de esgoto. De acordo com a *Thames Water*, os milhões de toneladas de esgoto bruto que ainda transbordam no rio, todavia representam uma grande fonte de poluição (TIDEWAY, 2020).

De acordo com a *Tideway*, o objetivo do projeto é deixar um legado ambiental que vá além das estruturas físicas, mas trabalhando com acadêmicos e ecologistas, se pretende melhorar a compreensão do rio e fornecer um conhecimento mais amplo sobre habitat e ecologia aquática. As obras do túnel tiveram início em 2018, com previsão de término para 2022, a partir de então haverá uma operação assistida e em 2024 os serviços serão completados e entregues à operadora dos serviços a *Thames Water* (TIDEWAY, 2020).

Desde 1858, quando o Tâmisa era conhecido como o “Grande Fedor” até 2020, são 162 anos de investimento na despoluição das águas do rio que cruza a cidade de Londres.

Considerando que atualmente o rio Pinheiros exala maus odores e a população anseia pela melhoria da qualidade de suas águas, buscam-se, nas duas experiências internacionais do rio Sena e Tâmisa apresentadas anteriormente, elementos que auxiliem no planejamento de um prognóstico promissor para o rio brasileiro. Neste sentido, apresenta-se a seguir uma análise comparativa destes três rios.

3.1.3 Comparação entre os rios Pinheiros, Sena e Tâmisa

Após o breve histórico de poluição e a explanação das características dos rios Pinheiros, Sena e Tâmisa é possível observar que estes apresentam algumas semelhanças, mas também, muitas diferenças, que podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação de características dos rios Sena, Tâmisa e Pinheiros

	Rio Pinheiros (Brasil)	Rio Sena (França)	Rio Tâmisa (Inglaterra)
Extensão (km)	25	777	357
Área da Bacia de Drenagem (km^2)	271	97.000	9.948
Habitantes	3.300.000 (2019)	9.000.000 (2017)	14.000.000 (2016)
Densidade demográfica (habitantes/km^2)	12.177,1	92,8	1.407,3
Conformação e características gerais da Bacia de Drenagem	O Canal Pinheiros é uma retificação do Rio Pinheiros. A Usina Elevatória de Traição divide esse canal em dois: o Canal Pinheiros Inferior, com 10.083 m, trecho compreendido entre a confluência com o Rio Tietê ("Cebolão") e a Usina Elevatória de Traição, e o Canal Pinheiros Superior, com 15.461 m, trecho compreendido entre as usinas elevatórias de Traição e Pedreira.	A bacia do Sena compreende aproximadamente 97.000 km², cerca de 14% do território francês. Devido à sua pequena inclinação, a inexistência de corredeiras e cachoeiras e a construção de eclusas em determinados trechos, o Sena é praticamente navegável em toda sua extensão.	O Tâmisa, nasce nas colinas de *Cotswold* e percorre seis condados ingleses ao longo de seu curso de 354 km antes de desembocar no mar do Norte, logo depois de banhar Londres. O Tâmisa é o rio mais caudaloso do Reino Unido. As partes ocidentais da bacia do rio Tâmisa são predominantemente rurais, enquanto a área altamente urbanizada da Grande Londres localiza-se na parte central e leste da bacia.
Sistema de Esgotamento Sanitário	Sistema Separador absoluto	Sistema Unitário	Sistema Unitário
Período de poluição e despoluição	No fim da década de 1970 o rio Pinheiros já estava muito poluído. A Sabesp vem executando, desde 1992 o Projeto Tietê, percorridos assim 28 anos de investimento em despoluição.	Na década de 1960 o rio Sena foi declarado morto. Início da recuperação em 1964, percorridos 56 anos de investimento em despoluição.	Desde 1858, quando o Tâmisa era conhecido como o "Grande Fedor" até 2020, são 162 anos de investimento na despoluição das águas do rio que cruza a cidade de Londres.

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados apresentados no Capítulo 3.

As diferenças físicas e hidrodinâmicas são marcantes entre os três rios. Com relação à extensão, o rio Pinheiros é o menor deles, e também o de menor dinâmica das suas águas, por se tratar de um canal com baixa declividade. O Sena também tem baixa declividade, mas é muito mais extenso que os demais. O rio Tâmisa é mais caudaloso e no trecho mais poluído, em Londres, recebe a influência marítima, entrada da cunha salina, por desembocar no mar.

Uma diferença bastante importante é da densidade demográfica da região no entorno dos rios. Embora haja semelhanças proeminentes que é o fato de os três rios serem rios urbanos, por terem passado por processos de poluição de suas águas, a pressão sobre eles, com o grande adensamento demográfico é mais sentida no rio Pinheiros. É claro que tanto o Sena quanto o Tâmisa apresentam trechos de grande densidade demográfica, assim como o rio Pinheiros, mas no caso dos rios europeus, o fato de possuírem maiores extensões e serem mais dinâmicos, faz com que a dispersão dos poluentes seja facilitada. Alem disso, ambos os rios europeus apresentam trecho com população rural, com menos densidade demográfica.

Com semelhante análise, Oliveira (2015), conclui em sua pesquisa que embora o processo de constituição e de apropriação das águas da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP e o da Grande Londres sejam distintos, as duas regiões metropolitanas sofreram explosivo crescimento urbano. Mas, no caso inglês, a opção foi coletar e afastar os esgotos da região leste e centro de Londres para a região oeste onde eram lançados no mar, enquanto que na experiência paulista os esgotos são coletados e lançados dentro da própria RMSP.

No caso inglês, que teve seu sistema de esgotamento sanitário afetado por duas guerras mundiais, mas mesmo assim seguiu com a recuperação e aperfeiçoamento contínuo, envolvendo três aspectos fundamentais: estudos detalhados sobre as causas da degradação do Tâmisa; definição de metas e qualidade da Diretiva Europeia 2000/60/EC de 23/10/2000, com cumprimento obrigatório; e contínua mobilização social (OLIVEIRA, 2015).

Cabe lembrar que a Diretiva 2000/60/CE é um instrumento integrador da política de recursos hídricos da União Europeia (UE), conhecido por Diretiva-Quadro da Água (DQA), por estabelecer um quadro de ação comunitária no domínio da política da

água, onde seu objetivo central foi de alcançar uma boa qualidade da água para todo o território da UE, até 2015 (SOBRAL, 2008).

Outro aspecto importante a se destacar é o fato dos rios europeus estarem em bacia de esgotamento sanitário, onde o sistema existente é unitário e o rio Pinheiros está localizado onde o sistema é, em tese, separador absoluto, mas que na prática é impossível técnica e socialmente coletar todos os esgotos gerados na bacia em separado da drenagem das águas pluviais.

Todos os três rios sofreram explosivo crescimento urbano no seu entorno, provocando um rápido aumento da poluição de suas águas. Mas, todos os processos de despoluição foram demorados e envolveram grandes investimentos. O processo de despoluição do Tâmisa iniciou-se a partir de meados do século 19, e já são percorridos 162 anos de investimento, desde o episódio do "Grande Fedor". No rio Sena teve início a recuperação em 1964, percorridos 56 anos de investimento em despoluição. O Projeto Tietê, teve início em 1992, e para o rio Pinheiros a perspectiva de despoluição e para o ano de 2022, em 30 anos.

Tem-se ainda, uma diferença crucial no entorno destes três rios em análise, a ocupação irregular nas suas bacias de drenagem. Como citado anteriormente, na Introdução e no Capítulo 2, a bacia do rio Pinheiros apresenta diversos aglomerados subnormais, com uma população estimada, de acordo com Braga (2019) de 700 mil habitantes, que corresponde aproximadamente a 20% da população total residente na bacia do rio Pinheiros.

4 O PROJETO NOVO RIO PINHEIROS E SEUS PRINCIPAIS DESAFIOS

O Governo do Estado de São Paulo decidiu promover a melhoria da qualidade da água do rio Pinheiros e a adequação de seu entorno, por meio da Resolução SIMA nº 14, em 8 de março de 2019, instituída pelo Secretário de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente (SÃO PAULO, 2019). No Artigo 1º da Resolução é instituída a Comissão Multidisciplinar de Estudos para despoluição do Rio Pinheiros a quem compete: (i) Coordenar o planejamento geral dos objetivos de melhoria de qualidade das águas do rio Pinheiros, bem como a adequação do entorno, de maneira que possibilite a redução da carga poluidora proveniente do esgoto, das águas pluviais, do lixo urbano e de sedimentos da bacia hidrográfica; (ii) Coordenar e acompanhar

os trabalhos, centralizando o fluxo de informações e de documentação relacionados ao desenvolvimento do projeto; e (iii) Promover a infraestrutura necessária à execução dos trabalhos. Sob a coordenação da SIMA, são integrantes desta Comissão, a CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, a EMAE - Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A., a SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo e o DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica.

A SABESP, por ser a responsável pelo esgotamento sanitário na RMSP, está desenvolvendo projetos de obras estruturantes e ações operacionais para a diminuição da carga de esgoto sanitário dos afluentes do rio Pinheiros. A SABESP também está desenvolvendo projeto para soluções não convencionais denominadas URQs (Unidade Recuperadora da Qualidade das Águas) que consistem em estruturas projetadas para tratar as vazões fluviais que contém cargas remanescentes de esgoto não tratado provenientes de áreas informais.

Cabe lembrar que o processo de despoluição do rio Pinheiros não é de responsabilidade única da Sabesp, além dos integrantes da Comissão formada, outros atores devem atuar neste processo, com diversas tarefas ou funções. A gestão ambiental é de responsabilidade da CETESB que deve fiscalizar as fontes de poluição industrial e áreas de preservação ambiental. A gestão de recursos hídricos compete ao DAEE, à EMAE e às prefeituras municipais com a limpeza/dragagem e desassoreamento de rios e córregos, bem como a limpeza de galerias de águas pluviais. As prefeituras municipais, de São Paulo, Taboão da Serra e Embu das Artes, devem cumprir as funções de controle de resíduos sólidos (coleta de resíduos e varrição de ruas), controle do uso e ocupação do solo, e de ações de urbanização de fundos de vales ocupados. Destaca-se que o envolvimento de toda a sociedade com o descarte correto dos resíduos e, neste sentido, a conscientização socioambiental é muito importante.

No âmbito da Sabesp, há a previsão de R$ 1,5 bilhão de reais em investimentos destinados a um pacote de obras e intervenções nas áreas das sub bacias dos grandes afluentes do Pinheiros, além de ações socioambientais para engajar a população na recuperação das águas. As ações estão sendo contratadas com base em performance, uma forma moderna de contratação de serviços que alinha incentivos para a empresa com o objetivo final: a melhoria da qualidade da água do

córrego. Nesse modelo, a remuneração da empresa fica diretamente atrelada ao resultado, quanto melhor a qualidade da água, melhor será a compensação financeira. O total de novos imóveis conectados à rede também serão fatores de avaliação das metas (SABESP, 2020).

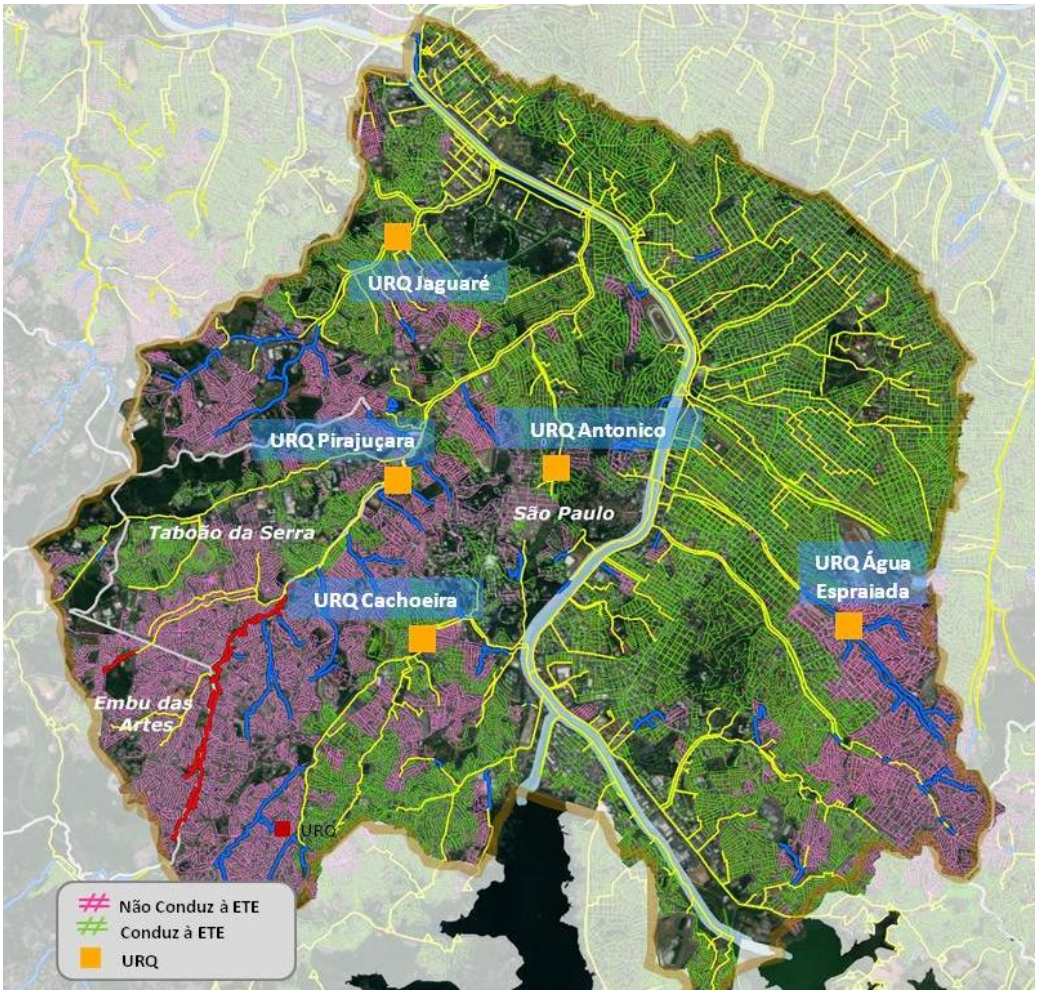
4.1 Inovações tecnologias no âmbito do Projeto Novo rio Pinheiros

Na sequência apresenta-se a principal inovação tecnológica no âmbito do Projeto Novo rio Pinheiros que são as URQs - Unidades de Requalificação da Qualidade das Águas a serem instaladas em rios afluente ao Pinheiros.

4.1.1 Unidades de Requalificação da Qualidade das Águas – URQs

Para as áreas de ocupação irregular, as URQs serão responsáveis por captar a água dos rios e tratá-las através de processos físico-químicos e/ou biológicos em estações localizadas em áreas adjacentes ao rio. Estas águas são poluídas com alta carga orgânica, pois recebem esgotos destas ocupações irregulares (áreas informais) onde não é possível o acesso para implantação de obras convencionais de esgotamento sanitário. Na Figura 10 está apresentada a localização das URQs e na Tabela 3 são apresentadas as capacidades de tratamento e as eficiências de remoção consideradas para cada URQ na modelagem.

Figura 10 – Localização da URQs (Unidades de Requalificação da Qualidade das Águas)



Fonte: Modificada de slide de apresentação interna na Sabesp, produzida pelo autor em junho de 2019.

Tabela 3 - Capacidades de tratamento e eficiências de remoção das URQs

URQ	Capacidade de Tratamento (L/s)	Eficiência de Remoção de DBO
Jaguaré	300	50%
Pirajuçara	600	80%
Antonico	180	80%
Água Espraiada	180	80%
Cachoeira	300	80%

Fonte: SABESP, 2019

Para a consideração da capacidade de tratamento das URQs foram estimadas as vazões de esgoto que as áreas informais geram, somada às vazões de escoamento superficial do rio/córrego, considerando a vazão específica de 14,83 L/s.Km2 e permanência de 60%.

Cabe lembrar que, no Brasil, o sistema adotado é separador absoluto, mas nestas regiões de ocupação irregular, com os chamados aglomerados subnormais, o sistema passa a funcionar como sistema unitário, ou combinado, onde os esgotos domésticos são lançados nos corpos d'água em conjunto ou combinado à drenagem urbana da região. Conforme METCALF & EDDY (2016) a principal diferença de um sistema combinado em relação aos processos convencionais de tratamento de efluentes é a vazão, e consequentemente a carga, altamente variável e intermitente que ocorre nos eventos de chuvas em comparação com aquela recebida durante a operação de uma ETE convencional.

Neste sentido, as URQs devem ser projetadas com condições para suportar as condições variáveis de vazão e carga nos sistemas de tratamento e devem apresentar desempenho satisfatório sob várias condições de operação em época de chuva.

Os editais preconizam alguns parâmetros e limites a serem atendidos por estas unidades de requalificação das águas, os principais deles são: eficiência mínima, na remoção de DBO, de 80% ou 50% (conforme Tabela 3); concentração máxima de DBO no efluente final de 30 mg/L; concentração máxima de SST no efluente final de 30 mg/L; concentração mínima de OD no efluente final de 2,0 mg/L.

5 PROGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO PINHEIROS APÓS A DESPOLUIÇÃO

Para um prognóstico da qualidade das águas do rio Pinheiros, após a execução das obras e ações previstas no Projeto Novo Rio Pinheiros e sua esperada despoluição, são necessários estudos e avaliação. Com relação à qualidade das águas é possível utilizar a ferramenta da modelagem matemática, que vem sendo comumente utilizada em planos diretores, estudos de concepção e estudos de avaliação ambiental.

5.1 Estudos de modelagem matemática da qualidade das águas do rio Pinheiros

O aumento da consciência ambiental tem provocado os cientistas e engenheiros a focarem suas atenções no problema de prever os impactos ambientais que obras e empreendimentos podem causar nos corpos d'água. Diagnósticos e prognósticos

confiáveis são fundamentais para a tomada de decisão em ações que interfiram no meio ambiente, e têm sido obtidos com o auxílio de ferramentas apropriadas de modelagem matemática (BAPTISTELLI, 2008).

A modelagem e simulação matemática de sistemas ambientais é um instrumento entre os procedimentos metodológicos da pesquisa científica, ou seja, sua elaboração deve ser realizada acompanhando os critérios e normas da metodologia científica. Para tanto, são necessários recursos materiais, como *software* e *hardware*, e recursos humanos, com pessoal capacitado para a função de modelar estes sistemas.

Conforme CHRISTOFOLETTI (1999), de modo geral, modelo pode ser compreendido como "qualquer representação simplificada da realidade". Ainda segundo o autor, a definição mais adequada e apresentada por HAGGETT E CHORLEY (1967, 1975; apud CHRISTOFOLETTI, 1999), assinalando que "modelo é uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes".

VON SPERLING (2007) ressalta que modelos ambientais objetivam representar a realidade tal como é medida, e por isto dificilmente pode representar toda a complexidade das múltiplas interações nos sistemas ambientais reais, várias delas não mensuráveis ou quantificáveis.

Para a obtenção de bons resultados e uma correta interpretação da modelagem matemática de sistemas ambientais é fundamental se conhecer o sistema ambiental que se pretende modelar.

Neste contexto, para o rio Pinheiros, foram realizadas simulações no modelo hidrodinâmico com intervalo de tempo diário, utilizando o *software* HEC-RAS para os diversos cenários previamente definidos. Desta forma, foi feita a integração do modelo de bacias hidrográficas ao modelo de qualidade da água para simulação da qualidade da água e análise dos constituintes DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e OD (Oxigênio Dissolvido).

Os resultados aqui apresentados foram baseados no Relatório de Simulações da Bacia do rio Pinheiros – RSPI – Rev. 2, desenvolvido no âmbito do Plano de Modernização do Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana de São Paulo - PLAMTE (SABESP, 2019), que está em andamento na Sabesp, no qual estão

envolvidos o Departamento de Concepção e Soluções de Engenharia para Empreendimentos - TEC e o Departamento de Planejamento Técnico – PIT.

Como referência, o limite mínimo de 2 mg/L de OD estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) para a Classe 4, na qual o rio Pinheiros encontra-se atualmente enquadrado, está indicado quando apresentados os resultados obtidos para este constituinte.

Os cenários utilizados para a modelagem constam da Tabela 4 a seguir (SABESP, 2019):

Tabela 4 – Cenários de Modelagem

Cenário	Situação	Porcentagem de coleta e tratamento de esgotos
Cenário 1	Situação em 2018	89% de esgoto coletado e 61% tratado
Cenário 2	Situação em 2022, com realização das obras estruturantes e ações operacionais	93% de esgoto coletado e tratado
✓ **Cenário 2.1**	Representando o Cenário 2 sem as URQs	
✓ **Cenário 2.2**	Representando o Cenário 2 com a implantação e operação URQs	
Cenário 3	Situação Tendencial em 2022, com realização parcial das obras estruturantes e ações operacionais, considerando efetividade de 90% das obras previstas	88% de esgoto coletado e tratado
✓ **Cenário 3.1**	Representando o Cenário 3 sem as URQs	
✓ **Cenário 3.2**	Representando o Cenário 3 com a implantação e operação das URQs	

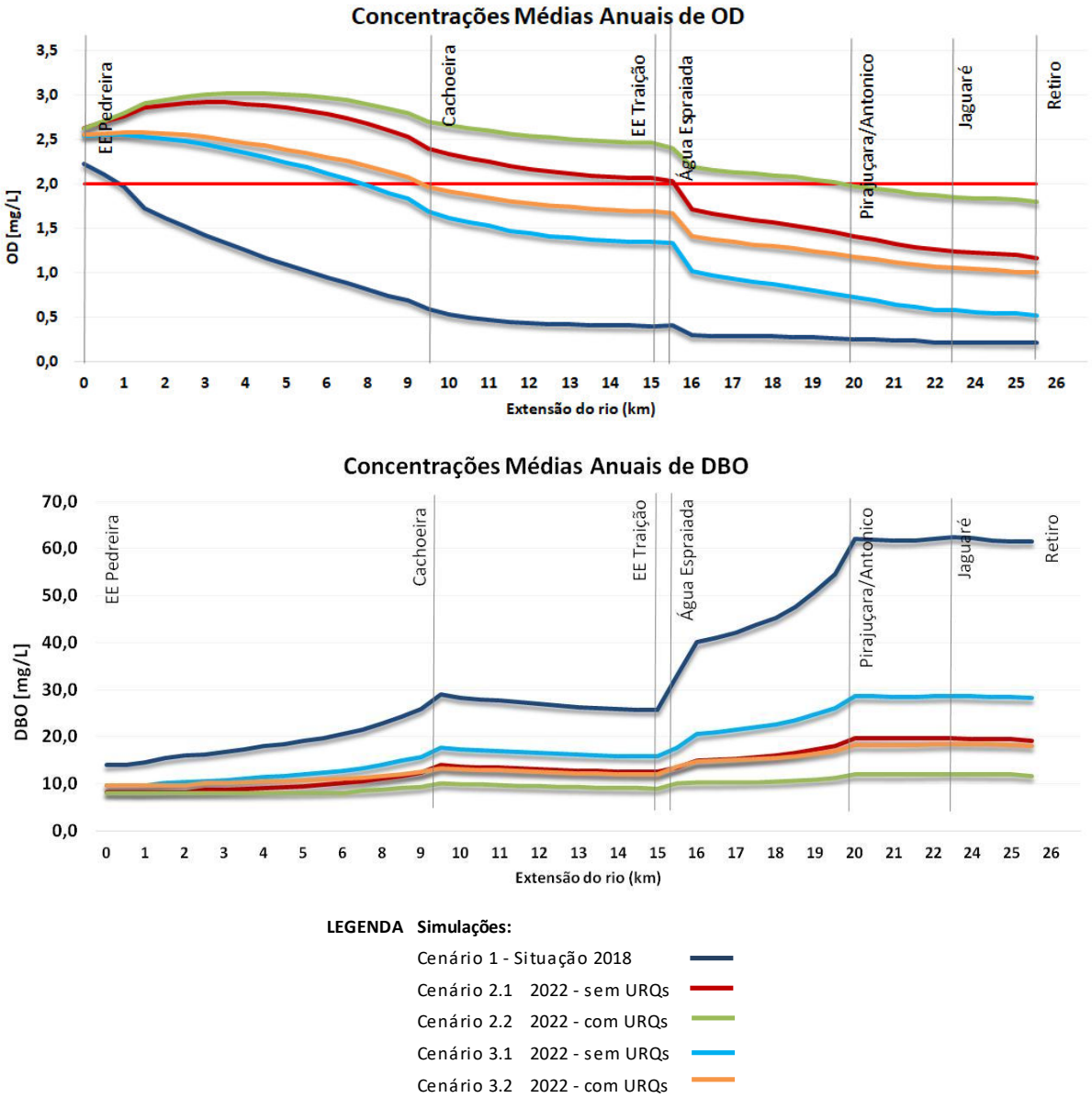
Fonte: SABESP, 2019

Nota-se que o índice de coleta e tratamento não são alterados nos cenários com as URQs, isso porque a maneira como os esgotos serão encaminhados para o tratamento nas URQs não é convencional, atendendo a ocupações irregulares. No entanto, o que se espera como resultado é uma melhoria na qualidade das águas dos córregos e rios atendidos por estas unidades, e consequentemente a melhoria da qualidade das águas do rio Pinheiros.

O Cenário 2 foi proposto para simular a situação futura da qualidade do rio Pinheiros em 2022, em caráter otimista, considerando a efetivação de todas as obras estruturantes e ações operacionais propostas pela SABESP, o que caracterizaria coleta de aproximadamente 93% do esgoto gerado na bacia do rio Pinheiros, com 100% do esgoto coletado sendo encaminhado para tratamento. Além disso, também foi considerada a instalação das URQs para redução de carga orgânica das áreas irregulares nos principais córregos afluentes ao rio Pinheiros. Os resultados das

simulações com a média anual de OD e DBO dos cenários simulados para o perfil longitudinal do rio Pinheiros são mostrados na Figura 11.

Figura 11 – Concentrações Médias Anuais de OD e DBO ao longo do rio Pinheiros para os diferentes cenários simulados



Fonte: gráficos elaborados pelo autor tendo como fonte de dados (SABESP, 2019)

Para os Cenários 2.1 e 2.2, é notória a melhoria da qualidade das águas, em todo o rio Pinheiros, se comparado ao cenário atual.

Os resultados do Cenário 3 evidenciam a necessidade do cumprimento das metas de atendimento para 2022 com as obras estruturantes e operacionais. Sem isso haverá um ganho menor na qualidade do rio Pinheiros, mesmo com a implantação das URQs.

Desta forma, fica evidente a melhora da qualidade das águas do rio Pinheiros após a efetivação das obras da Sabesp com o aumento do índice de coleta e tratamento dos esgotos sanitários. Há que se notar que os índices já são altos, mas, em função de toda a ocupação irregular que se mantém nesta bacia, muitos esforços deverão ser empregados nestas regiões para que seja possível o atendimento das metas pré-estabelecidas para 2022.

Baseado nos resultados da modelagem matemática, pode-se afirmar que as obras convencionais e as URQs, trarão melhoria na qualidade das águas do rio Pinheiros aumentando os valores médios de OD de próximos a zero para 2 mg/L e diminuição dos valores médio de DBO de 60 mg/L para 10 mg/L (considerando os valores para a média do ano no ponto à jusante do rio Pirajuçara).

Os resultados da modelagem também mostram que mesmo nos cenários futuros mais otimistas (Cenários 2.1 e 2.2) o rio irá apresentar OD inferior a 2 mg/L por um período ao longo do ano evidenciando a necessidade de intervenções não convencionais no rio Pinheiros. Ou seja, exigindo soluções alternativas e integradas entre todas as partes interessadas para solucionar o problema da qualidade das águas do rio Pinheiros. Desta maneira, ações de injeção de oxigênio dissolvido diretamente no rio Pinheiros ou nos seus afluentes podem se tornar soluções para o problema. Assim, recomendam-se estudos mais aprofundados para viabilizar alternativas que se fizeram necessários.

5.2 Oxigenação nas águas do rio Pinheiros

Após a universalização do esgotamento sanitário, qual será o OD do rio Pinheiros, em toda a sua extensão e em todos os dias do ano? Esta é uma incógnita que deve ser estudada e avaliada. A partir dos estudos de modelagens matemáticas, apresentados no item anterior, é possível inferir que o OD não atingirá ou se manterá superior a 2 mg/L em trechos do rio Pinheiros por 100% do tempo. Isso provavelmente ocorre por questões como pouca declividade e baixa velocidade do fluxo, ou seja, pelo baixo dinamismo do “Canal” Pinheiros, que não oferece boas condições de autodepuração. Além disso, no cenário futuro (2022) mesmo sem receber contribuição de esgotos sanitários, ainda poderá continuar a receber contribuição de carga difusa.

Assim, no âmbito do Projeto do Novo rio Pinheiros, está sendo estudado o processo conhecido como aeração ou oxigenação forçada, que consiste na dissolução do oxigênio de maneira artificial (forçada). Cabe lembrar que aeração/oxigenação se dá naturalmente pelos mecanismos de transporte, devido à hidrodinâmica dos corpos hídricos, entretanto, de maneira geral, o processo natural tem baixa eficiência, principalmente em corpos d'água poluídos e de baixa hidrodinâmica, como no caso do rio Pinheiros.

A partir de um estudo de prospecção realizado pela Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – TX, da Sabesp, dentre as diversas tecnologias para introdução artificial de oxigênio em corpos hídricos, são mencionadas as seguintes tecnologias: Aerador superficial/submerso; Aerador por Ar difuso; Injeção de oxigênio através de nanobolhas; *U-Tube*; *Speece Cone* e; Injeção de solução supersaturada de oxigênio dissolvido (SDOX®).

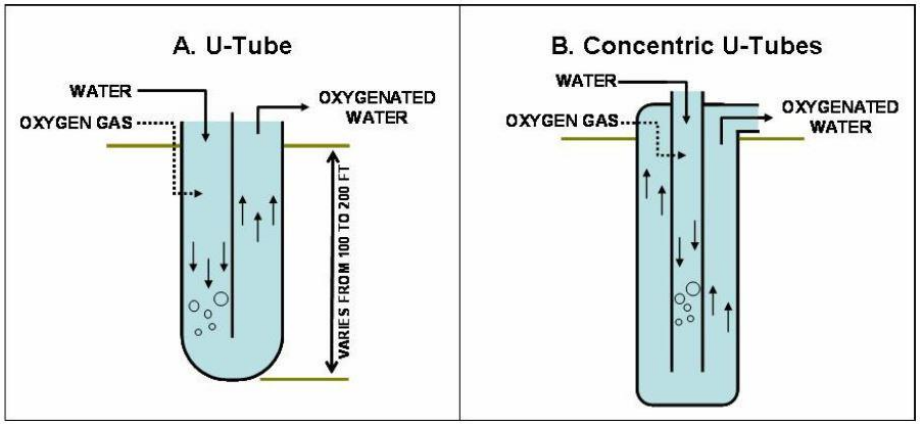
Para a escolha do processo é importante conhecer a eficiência dos processos de aeração ou oxigenação, ou seja, a sua capacidade de transferir oxigênio dissolvido para o corpo hídrico receptor. Outros fatores relevantes a serem considerados são os custos operacionais (principalmente energia e oxigênio puro), a geração indesejada de turbulência com consequente revolvimento do sedimento, necessidade de grandes áreas e elevado número de equipamentos, necessidade de pré-tratamento (gradeamento) em função da grande quantidade de resíduos sólidos e material flutuante, podendo dificultar ou até inviabilizar a sua implementação.

De maneira geral, devido à baixa eficiência de transferência de oxigênio dos aeradores superficiais/submerso e por ar difuso para valores mais elevados de OD na unidade de aeração, haveria a necessidade de um grande número de unidades ao longo do rio para manter OD acima de 2,0 mg/L. Com isso, o custo de manutenção e de energia elétrica seria mais alto se comprado as tecnologias de oxigenação. Portanto, devido às limitações técnicas e operacionais, as tecnologias de aeração, que normalmente são utilizadas nas ETEs, não são as mais indicadas para fornecer o oxigênio em rios.

A tecnologia de transferência de oxigênio *U-Tube* consiste de um tubo em U que é enterrada na margem do rio. Em um dos lados do tubo a água é bombeada do rio para o tubo, e o oxigênio é injetado. No percurso, as bolhas de oxigênio são

submetidas a altas pressões, o que acaba acelerando o processo de transferência de oxigênio no líquido. O *U-Tube* pode ser construído com dois tubos posicionados lado a lado ou um dentro do outro, como é mostrado no croqui esquemático da Figura 12. A velocidade do fluido na tubulação deverá ser maior que a velocidade de ascensão das bolhas de oxigênio injetado HDR *ENGINEERING, INC* (2004).

Figura 12 – Croqui esquemático do *U-Tube*

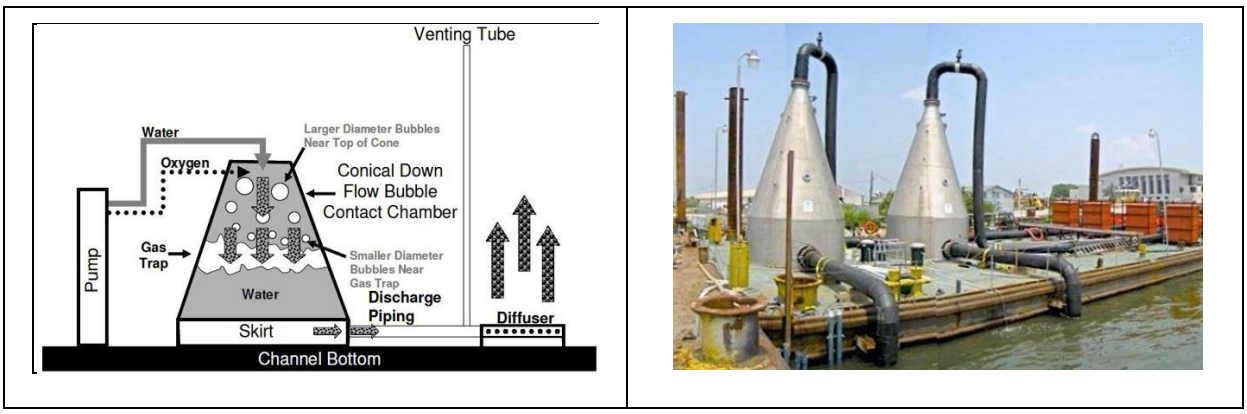


Fonte: HDR *ENGINEERING, INC* (2004)

De acordo com HDR *ENGINEERING, INC* (2004), a tecnologia de oxigenação *U-Tube*, por suas características construtivas, demanda a construção de um poço de profundidade de 50 a 75 metros (*deep shaft*), e a depender da profundidade do *deep shaft*, a concentração máxima de OD pode atingir cerca de 80 mg/L. Sua característica construtiva, de complexa implementação, dificulta sobremaneira a replicabilidade frente às diversas condições geotécnicas das áreas dos corpos hídricos, em especial às margens do rio Pinheiros.

O *Speece Cone* é uma tecnologia de transferência de oxigênio para o líquido de baixa pressão que consiste em uma câmara de contato pressurizada em formato de um cone onde são injetados, na parte superior, a água e o oxigênio (Figura 13).

Figura 13 - Croqui típico do conjunto *Speece Cone* e Foto do equipamento instalado na Geórgia, EUA



Fonte: Tetra TECH, INC (2010)

O cone é projetado de tal forma que na parte superior a velocidade descendente da água seja maior que a velocidade ascendente das bolhas de oxigênio, assegurando, com isso que o gás não suba. O encontro do líquido com o gás provoca uma grande turbulência produzindo, com isso, pequenas bolhas que aceleram a transferência de oxigênio para a água. À medida que o fluido avança no cone para baixo, a secção transversal do mesmo aumenta, reduzindo desta forma a velocidade de fluxo. Em determinado ponto do cone a velocidade descendente do líquido se iguala a velocidade de subida do gás, garantindo assim que praticamente todo oxigênio se dissolva no líquido (TETRA TECH, INC, 2010).

A área necessária para implantar uma unidade de oxigenação utilizando o *Speece Cone* é relativamente pequena e varia em função da demanda de oxigênio que deverá ser adicionada ao líquido. A unidade é constituída basicamente por reservatório de oxigênio líquido, evaporador, gradeamento, conjunto moto bomba, cone e difusores.

Outra tecnologia de oxigenação em desenvolvimento é a adição de oxigênio através de nanobolhas, que são bolhas de gás extremamente pequenas que possuem várias propriedades físicas únicas que as tornam muito diferentes das bolhas normais. De acordo com a MOLEAR INC (2020), as nanobolhas têm um diâmetro médio típico de aproximadamente 80 nm e por bolhas desse tamanho não terem flutuabilidade suficiente para alcançar a superfície, elas seguem o movimento browniano[1]. O efeito

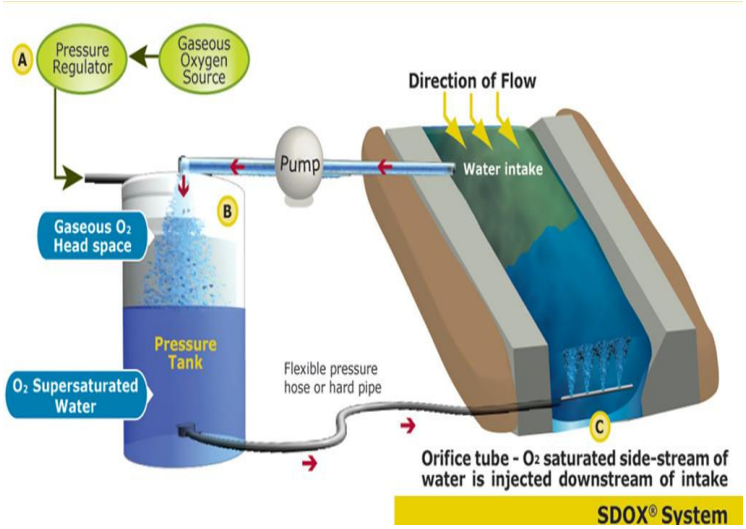
[1] O movimento browniano é um fenômeno pelo qual partículas pequenas suspensas em um líquido tendem a se mover em caminhos pseudo-aleatórios ou estocásticos através do líquido, mesmo se o líquido em questão estiver calmo.

final é que as nanobolhas permanecerão suspensas na massa água por meses até que se dissolvam, dispersando aleatoriamente pelo corpo d'água e aerando eficientemente toda a coluna de água. Esse comportamento exclusivo permite que as nanobolhas forneçam uma distribuição homogênea de oxigênio por todo um corpo de água (MOLEAER INC., 2020).

No entanto, a oxigenação com nanobolhas é uma tecnologia emergente, com aplicação mais voltada para controle de algas em lagoas, em plantas de flotação por ar dissolvido e em estações de tratamento de esgotos (ETE) para complementar o déficit de oxigênio. Há aplicações em lagos e lagoas, não havendo registro de aplicação dessa tecnologia para oxigenação de rios.

A injeção de oxigênio dissolvido supersaturado é um método para adicionar OD na água e a tecnologia SDOX® (BLUEINGREEN, LLC, 2017) utiliza um processo pressurizado para dissolver rápida e eficientemente o oxigênio na água. A tecnologia SDOX®, em linhas gerais, funciona da seguinte forma: (i) uma fração da água do rio, a montante da unidade de oxigenação, é bombeada para uma câmara pressurizada; (ii) o oxigênio puro é injetado na parte superior da câmara onde o mesmo entra em contato com o líquido pulverizado, nesse contato o oxigênio é dissolvido no líquido; (iii) o líquido supersaturado é então retornado para o rio a jusante do ponto de captação (BLUEINGREEN, LLC, 2017). A Figura 14 apresenta um esquemático que representa a utilização do SDOX® em um rio.

Figura 14 - Esquemático da utilização do SDOX® em um rio



Fonte: https://z0ku333mvy924cayk1kta4r1-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/09/30-2full.pdf. Acesso em 01/05/2020

Desta forma, foram apresentadas algumas das tecnologias disponíveis para a aeração/oxigenação que podem ser utilizadas no rio Pinheiros, no entanto suas aplicabilidades ainda devem ser mais bem estudas.

Quanto às tecnologias de oxigenação que poderão vir a ser utilizadas, entende-se que as mesmas devam ser devidamente estudas e, se possível, devam ser testadas. Caso uma ou mais das tecnologias possam ser testadas, é importante que as mesmas sejam acompanhadas por campanhas de monitoramento, e seus resultados avaliados e validados para que se confirme a viabilidade de alguma destas tecnologias. Além disso, é desejável que sejam elaborados avaliações e estudos, por meio de modelagem matemática de qualidade das águas, que extrapolem os resultados de testes para verificar se a transferência de OD para o rio Pinheiros, em escala real, será satisfatória.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o histórico de poluição, a situação atual e o prognóstico de despoluição do rio Pinheiros. Verificou-se que a despoluição do rio Pinheiros não é uma preocupação recente. Muitos esforços de anos de trabalho e milhões em investimento já foram despendidos, a exemplo de outros projetos de despoluição que ocorreram em outros países. No entanto, o rio Pinheiros ainda continua poluído.

No Projeto Novo Rio Pinheiros, que busca uma parceria e trabalho conjunto de diversas entidades, vislumbra-se uma solução mais bem planejada, onde as lições aprendidas com projetos anteriores e experiência internacional são levadas em consideração. Este é um programa que visa ampliar o campo de ação da Sabesp com inovações tecnológicas para despoluição direta nos cursos d'água.

As obras de esgotamento sanitário na bacia do rio Pinheiros só são possíveis porque dão continuidade do Projeto Tietê, que é o grande projeto de despoluição de rios urbanos na RMSP. A infraestrutura de esgotamento sanitário já instalada, em conjunto com as ações previstas, oferece condições para alcançar um dos objetivos do Projeto Novo Rio Pinheiros, que é o de aumentar os índices de atendimento com coleta de esgotos de 89% para 93% e de tratamento de 61% para 93%.

Uma importante e inovadora ação é a implantação das URQs que irão atender aos aglomerados subnormais, onde não é possível o atendimento com o sistema separador absoluto e obras convencionais de esgotamento sanitários. Além disso, estão sendo elaborados estudos para a implantação de processo de oxigenação do rio Pinheiros e alguns dos seus principais afluentes, visto que, modelagens matemáticas de avaliação prognóstica indicam a necessidade deste processo, mesmo após as obras estruturantes e URQs estarem em operação.

Especificamente para o Projeto do Novo Rio Pinheiros, no âmbito dos trabalhos da Sabesp, foram realizadas simulações em modelos matemáticos computacionais, para os diversos cenários previamente definidos para a análise dos constituintes DBO e OD. Nos cenários futuros simulados (2022), foi notória a melhoria da qualidade das águas em todo o rio Pinheiros se comparado ao cenário atual, como também o ganho na qualidade da água com a implantação das URQs. Desta forma, fica evidente a melhora da qualidade das águas do rio Pinheiros após a efetivação das obras previstas pela Sabesp e o aumento do índice de coleta e tratamento dos esgotos sanitários.

A partir do histórico de poluição de despoluição dos dois rios europeus, Sena e Tâmisa, e de algumas características principais destes rios foi possível compará-los ao rio Pinheiros. Das diferenças, têm-se as características físicas e hidrodinâmicas e o tipo de sistema de esgotamento sanitário, rios europeus com sistemas unitários. Daí pode-se depreender que no caso do rio Pinheiros é louvável a iniciativa das URQs que vão funcionar como sistema unitário para algumas regiões, possibilitando tratar os esgotos juntamente com as águas de drenagem, nos períodos de poucas chuvas. Também parece assertiva a iniciativa de oxigenação do rio, visto que seu pouco dinamismo não irá proporcionar a reaeração necessária para manter o OD dentro dos limites da legislação. Como visto no caso do rio Sena, a oxigenação também foi utilizada para imprimir uma maior quantidade de OD ao rio.

Desta forma, conclui-se ser possível vislumbrar, sob uma perspectiva positiva, a melhoria da qualidade das águas do rio Pinheiros. Considerando que as ações propostas dentro o Projeto Novo rio Pinheiros mesclam as ações convencionais que dão continuidade às já iniciadas no Projeto Tietê com as ações inéditas, na RMSP, que são as URQs, e ainda a probabilidade de ações complementares de oxigenação

forçada, completando o conjunto de ações que permitirão este cenário positivo de melhoria da qualidade.

Ressalta-se que o processo de despoluição do rio Pinheiros não é de responsabilidade única da Sabesp, sendo que a gestão ambiental é de responsabilidade da CETESB, a gestão de recursos hídricos compete ao DAEE, à EMAE e às prefeituras municipais compete a limpeza/dragagem e desassoreamento de rios e córregos, bem como a limpeza de galerias de águas pluviais. Além disso, as prefeituras municipais devem cumprir as funções de controle de resíduos sólidos, do uso e ocupação do solo, e de ações de urbanização de fundos de vales ocupados. E ainda, como mostrado nos planos de despoluição do Sena e da Tâmisa, destaca-se também aqui no rio Pinheiros, a importância do envolvimento da sociedade e, neste sentido, a conscientização socioambiental é muito importante.

7 REFERÊNCIASIAS

ASSOCIAÇÃO ÁGUAS CLARAS DO RIO PINHEIROS. **Rio Pinheiros – Sua História e Perspectivas**. Vídeo (13:06 minutos) publicado em 12 de março de 2015. Disponível em: https://youtu.be/0ZDfLI2BuW4 . Acesso em 27/02/2020.

BAPTISTELLI, S.C. **Análise Crítica da Utilização de Modelagem Matemática na Avaliação da Dispersão de Efluentes Leves no Litoral da Baixada Santista (Estado de São Paulo)**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

BLUEINGREEN, LLC. **Oxygenation - Next Generation Treatment. Today**. 2017. Disponível em: https://www.blueingreen.com/oxygenation. Acesso em 01/05/2020.

BRAGA, B. **20 mil imóveis regulares e 700 mil moradores de comunidades despejam esgoto no Rio Pinheiros e são desafios para a despoluição**. [entrevista cedida Vivian Reis, G1 em 16/08/2019]. Disponível em: https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/08/16/20-mil-imoveis-regulares-e-700-mil-moradores-de-comunidades-despejam-esgoto-no-rio-pinheiros-e-sao-desafios-para-a-despoluicao.ghtml. Acesso em: 08/03/2020

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 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. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2005.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2018** (recurso eletrônico). São Paulo. 2019.

CHRISTOFOLETTI A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1ª Edição. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1999.

EMAE - Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. **Elevatórias**. http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=Elevat%C3%B3rias. Acesso em 23/04/2020a.

EMAE - Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. **Controle de Cheias**. http://www.emae.com.br/conteudo.asp?uid=150 . Acesso em 23/04/2020b.

EMAE - Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. **Canal Pinheiros**. http://www.emae.sp.gov.br/canais.htm . Acesso em 23/04/2020c.

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Avaliação da Qualidade da Água do Sistema Pinheiros-Billings com o Protótipo do Sistema de Flotação - Estudos Complementares**. Relatório Final, volumes 1 a 4 e anexos. São Paulo, Brasil. 2009

HDR ENGINEERING, INC. ***San Joaquin River – Dissolved Oxygen Aeration Project: Draft Engineering Feasibility Study.*** EUA, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama**. 2017. https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama. Acesso em 18/04/2020.

LANNA AEL; e col. PEREIRA JS & HUBERT G. **Os Novos Instrumentos de Planejamento do Sistema Francês de Gestão de Recursos Hídricos**: II – Reflexões e Propostas para o Brasil. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 2002; 7(2): 109-20.

MARS Project (Managing Aquatic ecosystems and water Resources under multiple Stress Project). **D4.1 Case study synthesis - Final Report Lead**. Authors: Teresa Ferreira (Universidade de Lisboa, Portugal), Yiannis Panagopoulos (Technical University of Athens, Greece), John Bloomfield (Natural Environmental Research Council, UK), Raoul Marie Couture (Norwegian Institute for Water Research, Norway), Steve Ormerod (University of Cardiff, UK). September 2016.

METCALF, E. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. Tradução Ivanildo Espanhol e José Carlos Mierzwa. 5ª Edição. AMGH Editora Ltda. Porto Alegre. 2016.

MOLEAER INC. **Nanobolhas - Minúsculas bolhas resolvendo grandes problemas**. 2020. Disponível em: https://www.moleaer.com/nanobubbles. Acesso em 02/05/2020.

OLIVEIRA. E.M. **Desafios e perspectivas para a recuperação da qualidade das águas do rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Universidade de São Pauo para obtenção do título de Doutor em Ciências. São Paulo. 2015.

PÊGO A., DADALTO Z. **Um olhar brasileiro sobre o Rio Sena/Un oeil brésilien sur la Seine**. Instituto Ecobacia e Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Vitória-ES - Brasil - 2009.

RAGAZZI, D. **Requalificação do Rio Pinheiros**. Disponível em: https://www.saneamentobasico.com.br/requalificacao-rio-pinheiros/ Acesso em 06/03/2020.

REVISTA SANEAS. **Os desafios da despoluição dos principais rios de São Paulo**. Matéria Tema. Ano XI. Edição 68. Abril a Junho de 2019. São Paulo. 2019.

ROCHER V., AZIMI S. **Evolution de la qualité de la Seine en lien avec les progrès de l'assainissement de 1970 à 2015** - Ouvrage collectif. ISBN : 979-10-91089-31-9 Copyright Éditions Johanet, Paris. 2017. Disponível em : https://www.editions-johanet.net/fichiers/numerique/version_num/303_evolution-de-qualite-de-seine.pdf Acesso em 27/02/2020.

SABESP. **Relatório de Simulações da Bacia do rio Pinheiros** – RSPI – Rev. 2, desenvolvido no âmbito do PLAMTE – Plano de Modernização do Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo. 2019.

SÃO PAULO. **RESOLUÇÃO SIMA Nº 14, DE 08 DE MARÇO DE 2019**. Institui a Comissão Multidisciplinar de Estudos para despoluição do Rio Pinheiros, no âmbito da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente. São Paulo, 2019.

SOBRAL, M. C. Et al. **Classificação dos corpos d'água segundo a Diretiva-Quadro da Água da União Européia – 2000/60/CE.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), (11), 30-39. Dezembro/2008. Disponível em: http://www.rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/416. Acesso em 01/05/2020.

TETRA TECH, INC. **Oxygen Injection Design Report - Savannah Harbor Expansion Project Savannah, Georgia**. Elaborado para USACE Savannah District EUA, 2010.

TIDEWAY. **History**. https://www.tideway.london/the-tunnel/history/ Acesso em 21/02/2020. Sem data.

VON SPERLING, M. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Vol. 7. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. UFMG. 2007.