

DÉBORA LEITE GOMES

**AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA
E SEU CONTEXTO URBANO NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE - SP**

Sorocaba
2021

DÉBORA LEITE GOMES

**AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA
E SEU CONTEXTO URBANO NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE - SP**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Concentração de Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Enrique Gamero Guandique.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp – Campus Sorocaba

G633a	Gomes, Débora Leite Avaliação do tratamento de efluentes em indústria alimentícia e seu contexto urbano no município de São Roque - SP / Débora Leite Gomes. -- Sorocaba, 2021 102 p. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba Orientador: Manuel Enrique Gamero Guandique 1. Tratamento efluente de águas residuais. 2. Limpeza urbana. 3. Qualidade ambiental. 4. Degradação ambiental. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba). II. Título.
-------	--



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Sorocaba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA E SEU CONTEXTO URBANO NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE – SP

AUTORA: DÉBORA LEITE GOMES

ORIENTADOR: MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE (Participação Virtual)
Engenharia Ambiental / Unesp - Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba

Prof. Dr. LEANDRO CARDOSO DE MORAIS (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp - Instituto de Ciência e Tecnologia - Câmpus de Sorocaba

Profª. Drª. ADELAIDE CASSIA NARDOCCI (Participação Virtual)
Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo (FSP-USP)

Sorocaba, 02 de setembro de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que lutam e lutaram pelo bem mais precioso: a vida.

Dedico à busca por um estilo de vida mais saudável, que não comprometa a saúde ambiental de nosso planeta.

Dedico ainda à minha bisavó Maria Imaculada da Silva, ao meu avô Geraldo Ferreira Gomes, e às minhas avós do coração Mariazinha e Oma, todos anjos especiais que perdi durante a caminhada desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Manuel Enrique Gamero Guandique.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais.

À CAPES pela concessão de bolsa.

Aos meus pais, Cristina e Gilberto, cuja educação, amor e incentivo foram sempre a força propulsora para continuar seguindo em frente.

Ao Jhonny pela imensurável paciência, compreensão, companheirismo, ajuda em diversas etapas desse trabalho e pelo amor incondicional.

Aos meus sogros, à minha cunhada, aos meus primos, tios e amigos pelo incentivo e pelos importantes momentos de descontração.

Ao Pedro e Victor (UNESP Sorocaba) pelo auxílio na etapa da cromatografia.

Ao Isaías (IFSP São Roque) pelo auxílio nas coletas.

À técnica Suzan pelo apoio em diversos momentos durante a realização do trabalho em laboratório.

À Hershey do Brasil pelo apoio a pesquisa.

Muito obrigada!

*"Um **líquido** é um estado da matéria sem formato específico.
Ele muda facilmente e se molda ao recipiente que o contém.
O corpo humano é 70% água."*

Vis a Vis

Gomes, D. L. Avaliação do tratamento de efluentes em indústria alimentícia e seu contexto urbano no município de São Roque - SP [dissertação]. Sorocaba (SP): UNESP – Universidade Estadual Paulista; 2021.

RESUMO

Atualmente, com o aumento de indústrias e áreas residenciais periféricas, cada vez mais é possível encontrar áreas onde estes usos se misturam, geralmente sujeitos ao esquecimento e abandono por parte do poder público por não se tratar de zonas centrais ou áreas de interesse turístico. Esta pesquisa teve por objetivo analisar o efluente tratado de uma indústria alimentícia e o curso d'água onde este é lançado. O objetivo foi avaliar a eficiência do tratamento de efluentes e verificar a retenção de poluentes no corpo hídrico, evidenciando a relação do impacto entre a eficiência da estação de tratamento e as condições ambientais do Ribeirão Marmeleiro, onde ocorre o despejo do efluente tratado, no município de São Roque (SP). As coletas foram realizadas em períodos de seca e de cheia, tanto dentro da ETE, quanto no Ribeirão Marmeleiro. Parâmetros de qualidade de água e os íons presentes foram analisados. Em suma, a ETE estudada por este trabalho apresentou-se com boa eficiência e qualidade de operação, bem como a empresa demonstrou disposição em aplicar as técnicas sugeridas – como o uso de indicadores e realização de eventos de educação ambiental para os funcionários – para que seja feita a melhoria contínua de forma democrática, participativa. Conclui-se que o trecho estudado apresentou variações em todos os parâmetros, mas sempre confirmando indícios de poluição orgânica da água. Desta forma, há inúmeras divergências entre o constatado pela cromatografia em período de seca e o constatado em período de cheia, não havendo uma padronização ou tendência apresentada. Há grandes evidências de fontes poluidoras com cargas maiores ao constatado na indústria, os íons constatados estão, provavelmente, relacionados às atividades domésticas com uso de produtos de limpeza, dejetos humanos ou atividades agrícolas. Sendo necessário um estudo mais detalhado acerca da drenagem urbana, lixiviação dos elementos químicos do agronegócio da região e sistema de coleta de esgoto sanitário nos bairros limítrofes. As perspectivas futuras indicam que, mesmo o Ribeirão Marmeleiro sendo um pequeno córrego, é necessário se atentar também pois se trata de um ponto a montante do ponto de coleta de água para consumo do município.

PALAVRAS-CHAVES: Tratamento de Efluente Industrial. Planejamento Ambiental. Impacto Ambiental. Requalificação Urbana.

ABSTRACT

Currently, with the increase of industries and peripheral residential areas, it is possible to find areas where these uses are mixed, generally forgot and abandonment by the government, as they are not central areas or of tourist interest. This research aimed to analyze the treated effluent of a food industry and the watercourse where it is released. The objective was to evaluate the efficiency of effluent treatment and verify the retention of pollutants in the water body, showing the impact relation between the efficiency of this treatment and the Ribeirão Marmeleiro's environmental conditions, where the disposal of treated effluent occurs, in the São Roque City, at São Paulo State. The collections were made in periods of dry and flood, both inside the Wastewater Treatment Station (WTS) and in Ribeirão Marmeleiro. Water quality parameters and the ions were verified. as well as the company was friendly to apply the suggested techniques - as the use of Key Performance Indicator (KPI) and environmental education events for employees - so the continuous improvement be made in a democratic and participatory way. Is concluded that the studied stretch presents variations in all parameters, but always confirming evidence of organic pollution. Thus, there are divergences between what was found by chromatography in the dry season and what was found in the flood season, with no standardization or trend. There is great evidence of polluting sources with higher loads than those found in the industry. The ions found are probably related to domestic activities that use of cleaning products, human waste or agricultural activities. It is necessary a more detailed study about the drainage, leaching of chemical urban elements from agribusiness in the region and the sanitary sewage collection system in the neighborhoods. Future perspectives indicate that, even though that Ribeirão Marmeleiro is a small stream, it is also necessary to pay attention to it, because is a point upstream from the point of water collection for consumption in the municipality.

KEYWORDS: Industrial wastewater treatment. Environmental planning. Environmental impact. Urban requalification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapeamento das teses e dissertações brasileiras com palavras chaves “Arquitetura” e “Ciências Ambientais” de 1990 a 2020.	15
Figura 2 - Mesopotâmia	16
Figura 3 - Dados estatísticos de saneamento da região sudeste.	17
Figura 4 - Edificações negando o curso d'água em meio urbano no município de Sorocaba (SP)	20
Figura 5 - Atendimento com rede de água e esgoto no Brasil na última década.	23
Figura 6 - Índice de atendimento total de esgoto nas regiões brasileiras	24
Figura 7 - Evolução do saneamento nos municípios operados pela SABESP.....	25
Figura 8 – Reator biológico e decantador de um sistema de lodos ativados	27
Figura 9 - Esquema de um floco de lodo ativado	28
Figura 10 - Gráficos dos efeitos das variantes referentes à síndrome dos córregos urbanos em relação ao número de espécies de anfíbios.	39
Figura 11 - Sub-bacia Sorocaba e Médio Tietê.	42
Figura 12 - Mapa de localização do Município de São Roque.....	45
Figura 13 - Vista aérea da unidade fabril objeto de estudo da pesquisa.	46
Figura 14 - Uso e ocupação do solo do bairro Vila Nova no município de São Roque.	47
Figura 15 - Ribeirão Marmeleiro.....	48
Figura 16 - Mapa dos pontos de coleta	49
Figura 17 - Coleta de amostra no Ribeirão Marmeleiro.	50
Figura 18 - Cromatógrafo de íons.	51
Figura 19 - Gráfico quantidade de efluente tratado no ano de 2019.....	52
Figura 20 - Poços artesianos de abastecimento da indústria.A: Poço 01 / B: Poço 02.	53
Figura 21 - Poço de Visita (PV).....	53
Figura 22 - Caixa de Gordura ETE.....	54
Figura 23 - Interior da Caixa de Gordura da ETE.....	55
Figura 24 - Bombeamento do efluente da caixa de gordura para a peneira estática.	55
Figura 25 - Peneira Estática e carrinho para a limpeza da peneira.	56
Figura 26 - Aerador do Tanque de Equalização (Volume de 300,00m ³).	57

Figura 27 - Visão geral do tanque de equalização: misturador, aerador e peneira estática.	57
Figura 28 – Local de aplicação do PAC no efluente do tanque de equalização	58
Figura 29 - Sistema de Flotação 1	58
Figura 30 - Tanque após flotador 1.	59
Figura 31 - Reator Biológico.....	60
Figura 32 - Decantador	61
Figura 33 - Sistema onde ocorre a adição de PAC	62
Figura 34 - Sistema de Flotação 2	62
Figura 35 - Armazenamento dos produtos químicos	63
Figura 36 - Gráfico de consumo de produtos químicos no tratamento de efluentes .	63
Figura 37 - Tanques de armazenamento de água tratada.....	64
Figura 38 - Filtro prensa.	65
Figura 39 - Leiras em Jundiaí (SP) onde é destinado o lodo da ETE para compostagem.	65
Figura 40 - Quadro de indicadores para a Gestão da ETE.....	66
Figura 41 - Planta de Implantação da ETE.....	68
Figura 42 - Gráficos questionário sobre odor no Ribeirão Marmeleiro.....	69
Figura 43 – Gráfico de análise de temperatura ao longo do dia no Ribeirão Marmeleiro em Graus Celsius (°C).....	71
Figura 44 - Gráfico de temperatura de Janeiro 2019 a Janeiro 2020 em Graus Celsius (°C).....	73
Figura 45 - Gráfico de análise de turbidez do Ribeirão Marmeleiro ao longo do dia.	75
Figura 46 - Gráfico de análise de pH de Janeiro de 2019 a Janeiro de 2020	76
Figura 47 – Gráfico de análise de pH ao longo do dia no Ribeirão Marmeleiro	77
Figura 48 – Gráfico de análise de Oxigênio Dissolvido ao longo do dia no Ribeirão Marmeleiro em mg/L.	78
Figura 49 - Gráfico de análise de Condutividade ao longo do dia no Ribeirão Marmeleiro em $\mu\text{S}/\text{cm}$	79
Figura 50 – Gráfico de eficiência (%) DBO e DQO da ETE durante o ano de 2019.	80
Figura 51 - Análise de demografia x grau de urbanização no município de São Roque	86
Figura 52 - Série histórica de saneamento e urbanização.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sintomas gerais da síndrome dos córregos urbanos	40
Tabela 2 – Média anual de turbidez no decorrer do tratamento do efluente	74
Tabela 3 - Concentração de íons (mg/L) - Coleta período de seca	81
Tabela 4 - Concentração de íons (mg/L) - Coleta período de cheia	84

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS DA PESQUISA	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivo específico	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Aspectos gerais e contextualização histórica	15
3.2 A legislação vigente e a poluição	18
3.3 Panorama atual	20
3.3.1 Panorâma mundial.....	21
3.3.2 Panorâma nacional brasileiro	22
3.3.3 Panorama do Estado de São Paulo	24
3.4 Soluções e alternativas	25
3.4.1 Estruturas sanitaristas centralizadas em tratamento de esgoto	26
3.4.1.1 Lodos ativados.....	26
3.4.1.2 Lagoas de estabilização	28
3.4.1.3 Filtro biológico	30
3.4.2 Sistemas descentralizados: tecnologias emergenciais	31
3.4.2.1 Fossa séptica biodigestora	32
3.4.2.2 Tratamento de águas residuais por zona de raízes.....	33
3.5 Gestão e monitoramento.....	34
3.5.1 Indicadores urbanos ambientais	35
3.5.2 Indicadores em recursos hídricos	37
3.6 Os córregos urbanos e o planejamento ambiental das cidades	38
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
4.1 Caracterização da área de estudo	42
4.1.1 A UGRHI 10 – Sorocaba e Médio Tietê	42

4.1.3 A indústria alimentícia.....	46
4.1.4 O bairro Vila nova e o Ribeirão Marmeleiro	47
4.2 Coleta de dados	48
4.3 Análises.....	50
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1 A ETE existente.....	52
5.2 Propostas implementadas na ETE	66
5.3 Eficiência do tratamento e o despejo no Ribeirão Marmeleiro	69
5.3.1 Parâmetros físicos.....	69
5.3.2 Parâmetros químicos	76
5.4 Perspectivas futuras.....	86
6. CONCLUSÃO	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

1. INTRODUÇÃO

Acredita-se que áreas urbanas disponham de melhores oportunidades de emprego e infraestrutura, sem prever que "o orçamento urbano não cresce com o mesmo ritmo com que surgem as novas necessidades" (SANTOS, 2009), o que pode resultar em problemas inéditos, como as regiões metropolitanas vítimas de especulação e consumo, tendenciadas a ampliação de seu tamanho urbano e ao espraiamento, áreas antes isoladas consideradas industriais, agora encontram-se circunscritas em zonas residenciais (JACOBS, 2001).

A enorme expansão dos limites territoriais da área metropolitana construída, a presença, na aglomeração, de uma numerosa população de pobres e a forma como o Estado utiliza os seus recursos para a animação das atividades econômicas hegemônicas, em lugar de responder às demandas sociais, conduzem à formação do fenômeno a que chamamos de *metrópole corporativa*, voltada essencialmente para a solução dos problemas das grandes firmas e considerando as demais como questões residuais. (SANTOS, 2009)

É diante deste cenário, durante a segunda metade do século XX, onde o crescimento urbano ocorre paralelamente ao processo de industrialização, que há a necessidade de se conhecer a legislação e seus instrumentos facilitadores de medidas sustentáveis e socialmente justas, fundamental para o bom funcionamento da economia e produtividade, bem como o uso e ocupação do solo de maneira consciente para as instalações industriais (MARICATO, 2015).

Sabe-se que a prática sustentável já é uma necessidade no século XXI, e deve ser aplicada nos diferentes tipos de escala: da metrópole à simples edificação. É preciso que se pense nos edifícios como um conjunto, e não de forma isolada, devem ser encarados não como objetos avulsos, mas como membros de uma malha urbana de forma a respeitar e integrar-se ao meio ambiente (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2015).

No caminho da sustentabilidade, se organização e forma urbana não são tudo, são pelo menos boa parte, e, nesse sentido, é preciso rever os conceitos e padrões dos planos diretores e código de obras, onde a questão ambiental até hoje, se entrou, foi por complemento e não por essência. (FRANCO, 2000)

A saúde física e social da cidade está diretamente ligada à concentração de áreas verdes (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2015). As áreas de proteção permanente auxiliam na preservação dos rios, córregos e mananciais, embelezam a cidade incentivando a convivência entre seres humanos e a natureza (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). Logo, ao se planejar as instalações, deve-se prever atrativos para si próprias que minimizem impactos ambientais e depreciação socioambiental (JACOBS, 2001). Há ainda cidades brasileiras que despejam os efluentes industriais, sem adequado tratamento, nos corpos d'água, tornando-se perigosas fontes pontuais de poluição e degradação da qualidade dos recursos hídricos (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

Justifica-se a pesquisa no contexto urbano da região metropolitana de Sorocaba, tendo em vista que o município de São Roque possui áreas totalmente abandonadas e degradadas. Sofrendo com a falta de usos urbanos combinados, sendo circunscrita entre inúmeras glebas industriais, a área de intervenção proposta trata-se de uma indústria alimentícia de grande porte, cujo limite posterior do lote é um córrego que abastece parte da cidade. Sem passar por manutenção ou qualquer suporte, o curso d'água quase sempre se encontra em estado de abandono.

Assim, é preciso que se conheça as características do curso d'água e do efluente tratado da indústria que é lançado neste, de modo a evidenciar boas práticas ambientais ou mitigar eventuais impactos adversos. É necessário que tanto o meio ambiente, quanto a edificação, sejam vistos como elementos positivos na construção da sociedade (MOREIRA; SMITH, 2018). Estudar e identificar a origem de possíveis problemas é primordial para que se planeje de modo à garantir que ocorra o menor desperdício possível de recursos naturais (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo / Coordenadoria de Educação Ambiental, 2011).

2. OBJETIVOS DA PESQUISA

2.1 Objetivo geral

Investigar o tratamento de efluentes e eficiência de retenção de poluentes em corpos hídricos e compreender o contexto urbano em que se está inserido, bem como seus impactos.

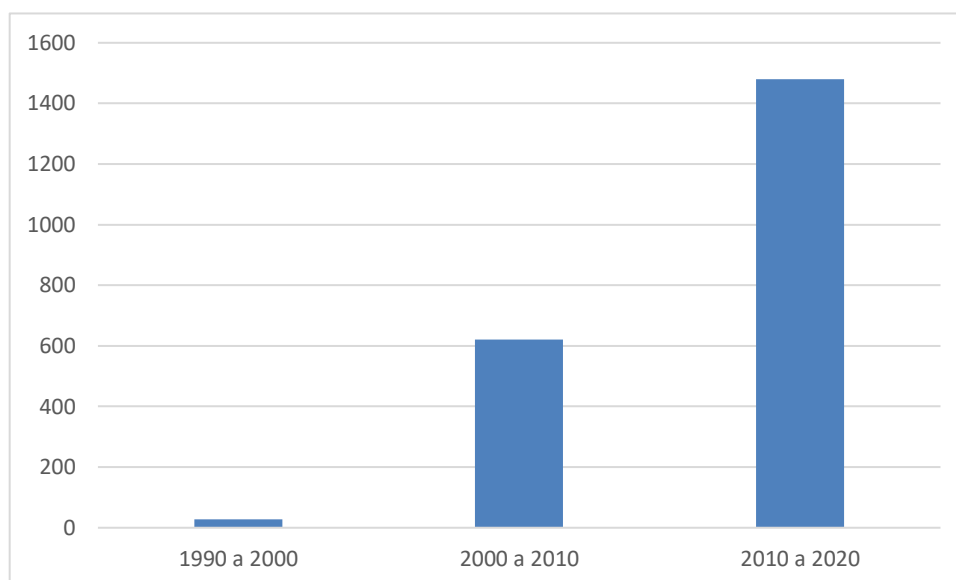
2.2 Objetivo específico

- Analisar a eficiência do processo de tratamento de efluentes e produtos utilizados pela empresa estudada;
- Verificar a relação do impacto entre a eficiência da estação de tratamento e as condições ambientais do Ribeirão Marmeleiro no município de São Roque (SP);
- Verificar se há impactos sofridos ou gerados pelo modelo de urbanização predominante no contexto em que se está inserida a pesquisa;
- Analisar o uso e ocupação do solo e sua relação com o curso d'água estudado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pesquisas referentes ao estudo do desenvolvimento do urbanismo e arquitetura relacionados a ocupações industriais ainda são pouco exploradas no Brasil, quando comparadas a outros assuntos. Também não há muitas publicações referentes aos impactos nos recursos hídricos por autores arquitetos urbanistas. Entende-se que a arquitetura e o urbanismo fazem parte de uma ciência que se aplica à sociedade, sem considerar os impactos que o meio ambiente pode sofrer em decorrência de uma organização mal gerida ou mal projetada da ocupação urbana. Na Figura 1 é possível verificar o número de teses e dissertações sobre arquitetura e urbanismo relacionada à ciência ambiental no Brasil nas últimas três décadas.

Figura 1 - Mapeamento das teses e dissertações brasileiras com palavras chaves “Arquitetura” e “Ciências Ambientais” de 1990 a 2020.



Fonte: Adaptado de biblioteca digital brasileira de teses e dissertações (BDTD), 2020.

Dessa forma pode-se observar que os trabalhos publicados referentes a arquitetura como instrumento de qualidade ambiental têm aumentado expressivamente.

3.1 Aspectos gerais e contextualização histórica

No geral, grandes corporações escolhem áreas periféricas para implementar suas instalações industriais, afim de estarem de acordo com o previsto pelo Plano Diretor Municipal (Lei orgânica que geralmente coloca áreas de interesse industrial distantes de grandes centros urbanos), e de ter viabilidade econômica em relação ao valor do imóvel, levando inclusive à escolha de municípios menores, onde a tributação tem maiores incentivos fiscais para que ocorra o desenvolvimento econômico da região (D'ARC; MEMOLI, 2012).

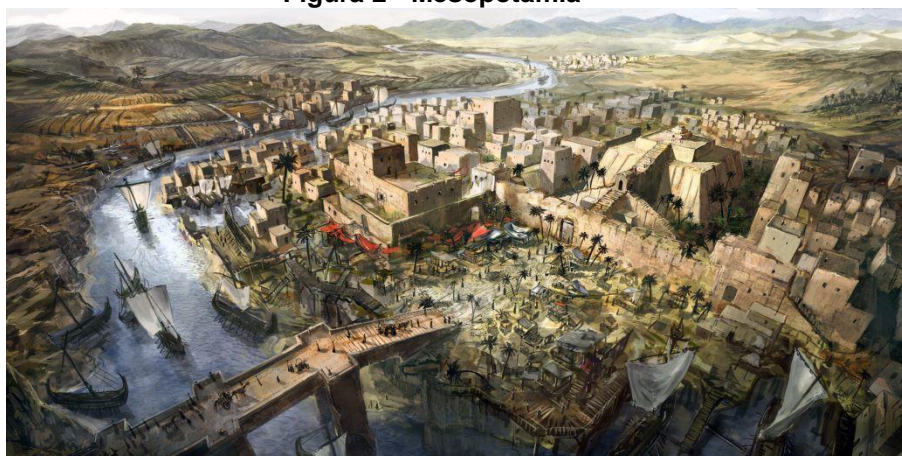
O problema ocorre quando interesses de especulação imobiliária sujeitam uma parcela da população a desocupar os grandes centros urbanos e habitar essas zonas próximas às indústrias, por onde já existe infraestrutura urbana e os terrenos possuem menor valorização econômica, ocasionando o processo de periurbanização (SANCHES, 2014).

É preciso considerar que ciclos econômicos afetam ciclos imobiliários, aumentando o espraiamento das cidades, desmatamento e adensamento demográfico em áreas de preservação permanente (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2015). Nota-se que todo esse processo contribui para desenvolver uma cultura urbana pós-industrial de soluções homeopáticas, onde a busca pela sobrevivência resulta em um padrão comportamental que não engloba a garantia de equilíbrio ecológico (SANCHES, 2014). Faz-se necessário ter consciência de que “as questões ambientais não são diferentes das questões sociais, as políticas de meio ambiente podem também melhorar a vida social dos cidadãos” (D’ARC; MEMOLI, 2012, p. 32).

É sabido que a água é um recurso indispensável para possibilitar a manutenção da vida e a existência dos ecossistemas, contudo apesar de sua abundância no planeta, a disponibilidade pode ser limitada devido à contaminação por fontes poluidoras (BUFF, 2010). Assim, historicamente existe o forte vínculo entre os cursos d’água e o surgimento de comunidades humanas, por questões de abastecimento, consumo, alimentação e, eventualmente, aproveitamento do potencial hídrico para geração de energia e transporte (REZENDE, 2016).

Um exemplo citado pela historiadora Katia Pozzer (2008) é uma civilização da pré-antiguidade (aproximadamente ente 8.000 a.C. e 3.500 a.C.) que sofria com a grande escassez de chuvas em épocas de seca e com intensas inundações em épocas de cheias, mas que mesmo assim aprendeu a desenvolver seu urbanismo e sua agricultura ao redor do Rio Eufrates (região da Ásia Ocidental onde atualmente é localizada a Turquia, Síria e Iraque), sendo conhecida como Mesopotâmia (Figura 2).

Figura 2 - Mesopotâmia



Fonte: POZZER, 2008.

Devido ao crescimento desordenado que se sucedeu nas cidades, desprovido de planejamento urbano sanitário, desde a antiguidade foi possível detectar graves problemas de saúde pública relacionado à falta de saneamento, ou seja, relacionado à ausência de medidas para preservação de condições básicas de prevenção de doenças e preservação do meio ambiente equilibrado (BUFF, 2010).

Assim, o ser humano tem estudado cada vez mais formas eficientes de realizar a coleta e o tratamento de resíduos sólidos e esgoto, afim de mitigar os problemas supracitados (BUFF, 2010). Segundo o Instituto Trata Brasil (2019) - uma organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), formado por empresas com interesse nos avanços do saneamento básico e na proteção dos recursos hídricos do país - em 2017 o país lançou aproximadamente 5.622 piscinas olímpicas de esgoto não tratado na natureza, e na região sudeste (como é possível ver na Figura 3), cerca de 79,21% dos municípios tem rede de coleta de esgoto, porém apenas 50,09% tem tratamento adequado.

Figura 3 - Dados estatísticos de saneamento da região sudeste.



- Rede de Água: IN055 Índice de atendimento total de água
- Coleta de Esgoto: IN056 Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água
- Tratamento de esgoto: IN046 Índice de esgoto tratado referido à água consumida
- Perdas de água: IN049 Índice de perdas na distribuição

Fonte: Instituto Trata Brasil, 2019.

Quando se analisa as intervenções antrópicas em margens de rios circunscritos em zonas urbanas, conclui-se que a relação de homem versus natureza leva a um entendimento de “apropriação e conquista da natureza”, característica evidenciada por uma visão antropocêntrica da ocupação urbana (SANCHES, 2014). Para evitar problemas de saúde pública e em detrimento da proteção e conservação ambiental, foi preciso que se criassem meios de garantir juridicamente que indústrias e população civil seguissem boas práticas ambientalmente corretas, implementando políticas públicas e legislação ambiental específica (ABREU et al., 2004).

3.2 A legislação vigente e a poluição

A Lei 1.413/1975 foi a responsável por dispor sobre o controle da poluição do Meio Ambiente provocada por atividades industriais, nela são previstos equipamentos para controle da poluição (como, por exemplo, as estações de tratamento de efluentes industriais) e também é evidenciado a necessidade de não se agravar a situação em áreas consideradas já críticas. Destaca-se, ainda nesta lei, a necessidade de se adotar um esquema de zoneamento urbano para que não ocorram incômodos em áreas residenciais causados por perturbações ocasionadas pelas atividades industriais.

Foi a partir deste ponto levantado pela Lei 1.413/1975 que se desencadeou a Lei 6.803/1980 sobre zoneamento industrial. No artigo 1º desta lei, o local onde são implantadas as indústrias pode ser classificado em 3 tipos de zonas: aquelas de uso estritamente industrial, de uso predominantemente industrial ou de uso diversificado. Contudo, não há trechos determinando sobre situações de proximidades a recursos hídricos ou tratamento de efluentes industriais, o que se vê são textos de maior preocupação com a gestão de resíduos e emissores atmosféricos.

Ainda sobre questões relacionado ao uso e ocupação do espaço, há a Lei 6.766/1979 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, também deixando as questões ambientais para um segundo plano e enfatizando questões burocráticas e medidas administrativas. Acerca da hidrografia (artigo 4º) há a definição de uma limitação de 15m da faixa edificável de cada lado de um curso d'água ou de uma rodovia limítrofe a este, o que, na prática, muitas vezes é

desrespeitado, comprometendo a qualidade dos ecossistemas e dos recursos hídricos brasileiros.

Há ainda normas jurídicas destinadas a disciplinar as ações referentes ao assunto, dadas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) - órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente que foi instituído pela Lei 6.938/1981 - como a Resolução CONAMA 357/2005, implantada para a "classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento", também estabelecendo os principais parâmetros a serem analisados. No capítulo IV é possível encontrar as condições e padrões a descarga de efluentes, enquanto o artigo 34º impõe os limites estabelecidos para o lançamento.

Para controlar acerca da qualidade da água, foi instituído o Decreto 5.440/2005, entretanto o que se vê é uma preocupação maior em se definir parâmetros para os rios em que as águas serão utilizadas para consumo humano, sem considerar afluentes destes cursos d'água.

Entende-se por esgoto sanitário (ou efluente doméstico) os dejetos oriundos de residências ou de qualquer edificação que contenha banheiro ou cozinha (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019), é basicamente composto de líquidos provenientes de ações de higienização e de necessidades fisiológicas como as fezes e a urina, também pode conter restos de comida, águas residuais da lavagem de ambientes, entre outros. Segundo a CETESB (2017), em sua composição é possível incluir os sólidos suspensos e dissolvidos, a matéria orgânica, nutrientes (fósforo e nitrogênio) e também alguns organismos patogênicos (como vírus, bactérias, protozoários e helmintos).

Por outro lado, o efluente industrial tem características mais específicas, inerentes aos processos de acordo com cada atividade industrial, variando as características físico-químicas e biológicas de acordo com o ramo de atuação da empresa, matéria-prima utilizada, entre outros (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019). Para garantir atendimento à legislação, deve haver uma avaliação dos parâmetros durante o tratamento, através da coleta de amostras do resíduo líquido e caracterização em laboratório devidamente credenciado (CETESB, 2017).

3.3 Panorama atual

Ao ocorrer a amplificação das cidades, em escala inédita e desprovida do adequado planejamento ambiental, muitos corpos hídricos urbanos recebem tratamento urbanístico que nega as relações existentes entre a edificação e o meio ambiente, sendo os córregos urbanos muitas vezes cercados por muros ou outros elementos de segregação, como é possível identificar na Figura 4, resultando para os cursos d'água apenas as alternativas de soluções de engenharia como canalizações e soterramentos (SMITH, 2014). Na Figura 4 é possível identificar no município de Sorocaba, em uma importante via de zona urbana já consolidada, chamada Avenida São Paulo, como ocorre a negação do córrego feita a partir das edificações limítrofes, cujo projeto visa “se defender” do curso d'água ao invés de interagir com o mesmo.

Figura 4 - Edificações negando o curso d'água em meio urbano no município de Sorocaba (SP)



Fonte: autoria própria.

Pode-se evidenciar tal fato através da observação da quantidade de córregos que possuem intervenções como retificação, canalização (fechada ou aberta com gabiões) e frequentemente a implantação de avenidas às suas margens (SANCHES, 2014).

Ademais, a falta de implementação de projetos e programas de saneamento preocupa também devido ao fato destes córregos urbanos receberem também, diariamente, esgoto doméstico sem tratamento (INSTITUTO

TRATA BRASIL, 2019). Sem acesso ao mercado imobiliário formal, há ainda o grave problema relacionado à ocupação ilegal das margens dos córregos urbanos e área de encostas de morros, ou seja, há cada vez mais a ocupação irregular de áreas de preservação permanente (APP urbanas) (SANCHES, 2014).

Portanto, há quem diga que a formação das cidades é a ação humana de maior impacto na superfície terrestre, contudo, o problema vai além da formação das cidades, as adversidades se intensificam com o crescimento urbano das cidades brasileiras, que planejado ou não, provoca impactos significativos na população e no meio ambiente, principalmente às margens dos córregos urbanos (SMITH, 2014).

3.3.1 Panorâma mundial

De acordo com o relatório do Programa Conjunto de Monitoramento (JMP) do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) denominado "*Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2000-2017*", podendo ser traduzido como "Progresso sobre água, saneamento e higiene: 2000-2017", cerca de bilhões de habitantes, em todo o mundo, sofrem pelo acesso precário a água, saneamento e higiene, sendo destes aproximadamente 2,2 bilhões sem serviços de água tratada e 4,2 bilhões sem serviços de saneamento adequado e 3 bilhões sem as instalações básicas para higienização.

O relatório revela que 1,8 bilhão de pessoas têm acesso a serviços básicos de água potável desde 2000, mas há grandes desigualdades na acessibilidade, disponibilidade e qualidade desses serviços. Estima-se que 1 em cada 10 pessoas (785 milhões) ainda carece de serviços básicos, incluindo os 144 milhões que bebem água não tratada. Os dados mostram que 8 em cada 10 pessoas vivendo em áreas rurais não têm acesso a esses serviços e que, em 25% dos países que apresentam estimativas de diferentes grupos de poder aquisitivo, a cobertura de serviços básicos para os grupos mais ricos é pelo menos duas vezes maior do que para os mais pobres (OMS, 2020).

Portanto, apesar de haverem importantes investimentos e progressos para garantir acesso universal à água, ainda é insuficiente apenas tal abastecimento, é preciso que haja segurança da qualidade desta água, bem como saneamento básico e higiene nas instalações, principalmente levando em conta que 70% da população global que não tem adequado acesso à água e saneamento vivem em

áreas rurais e uma em cada três delas vive nos países menos desenvolvidos (OMS, 2020).

A Agenda 2030 é um plano de ação criado em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU), com a finalidade de alcançar até o ano de 2030 os 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável em escala mundial, sendo o 6º objetivo: assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos (ONU, 2020).

Neste objetivo relacionado à saneamento, têm-se como meta o alcance universal e equitativo da água potável segura e saneamento adequado, visando a erradicação da defecação a céu aberto, o que desencadeia uma significativa melhora na qualidade da água. Também há a intenção em se reduzir a poluição ao eliminar o despejo inadequado e minimizar a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, podendo chegar à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reutilização de efluente tratado (ONU, 2020).

Assim, evidencia-se que a problemática da desigualdade na disponibilidade, qualidade e acesso a água e higiene deve ser assunto nas estratégias de governo, demandando planejamento e investimentos, caso contrário pode ser enfraquecido o progresso, custando a qualidade de vida das próximas gerações.

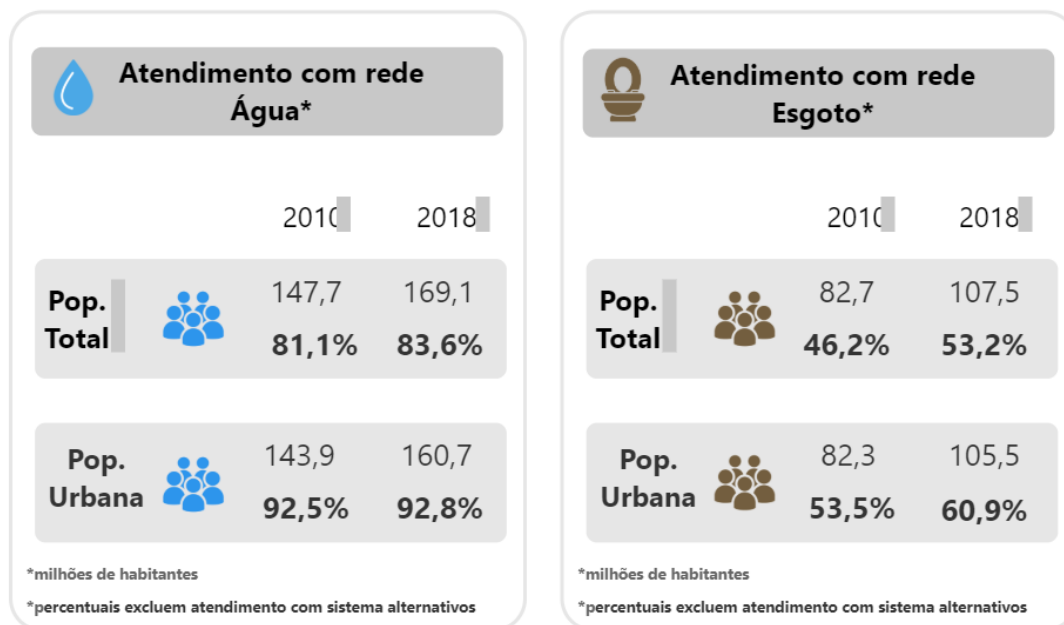
3.3.2 Panorâma nacional brasileiro

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), é um sistema que reúne informações sobre indicadores aplicados na prestação dos serviços relacionados à água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos e drenagem urbana, tais dados são informados a partir dos prestadores que operam em todo o território brasileiro (SNIS, 2020).

Segundo o SNIS (2020), mais de 15% da população brasileira ainda não tem acesso ao atendimento com rede de água, sendo destes a maioria em zona rural, contudo em relação ao atendimento com rede de coleta de esgoto, os números são ainda piores, apresentando cerca de 47% da população desprovida deste serviço (Figura 5), justificando as epidemias vividas por brasileiros expostos às doenças agravadas pela falta de saneamento básico. Há ainda dados que

quantificam a perda de água potável por vazamentos ou outros desperdícios em aproximadamente 38,5% do abastecimento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

Figura 5 - Atendimento com rede de água e esgoto no Brasil na última década.



Fonte: SNIS, 2020.

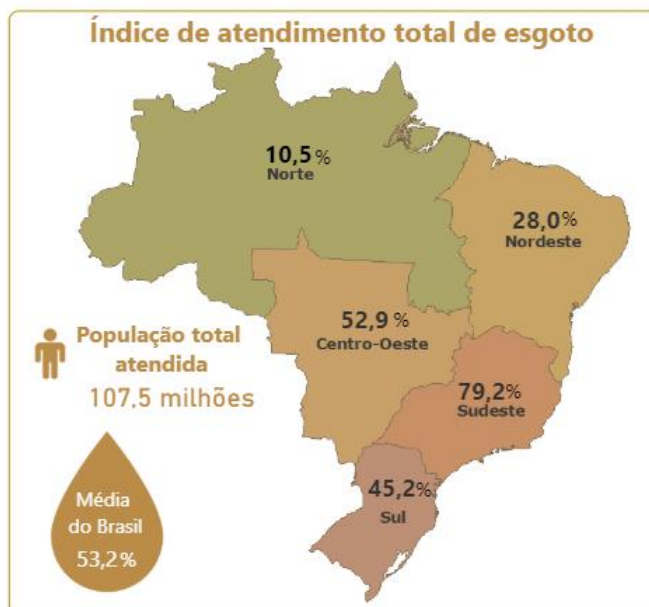
Como forma de organizar estratégias para a gestão dos recursos hídricos de modo mais abrangente e participativo, foi instituída em 8 de janeiro de 1997 a Lei nº 9.433, conhecida como Lei das Águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Foi criado então o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e ficaram estabelecidos instrumentos que integram união e estados, unindo poderes públicos nas três instâncias, usuários e sociedade civil na gestão de recursos hídricos (ANA, 2020).

A PNRH é considerada uma lei moderna que criou condições para identificar conflitos pelo uso das águas, por meio dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, e arbitrar conflitos no âmbito administrativo (ANA, 2020).

Ao se tratar do assunto em escala nacional, é importante considerar que o Brasil é um país de escala continental, com diversos biomas e condições climáticas, influenciando na disponibilidade de água, economia e investimentos disponíveis para infraestrutura de saneamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020). Para evidenciar tal fato, a Figura 6 traz os dados mostrando a desigualdade de atendimento total de esgoto entre as regiões brasileira, tal desigualdade é

evidenciada com uma variação de 79,2% (no sudeste, como melhor índice) a 10,5% (no norte, com o pior índice). Assim, é nítida a urgência de investimentos em sistema de esgotamento sanitário para a região norte, bem como a necessidade em todo o país de se atentar ao assunto, dada a média nacional de apenas 53,2%.

Figura 6 - Índice de atendimento total de esgoto nas regiões brasileiras



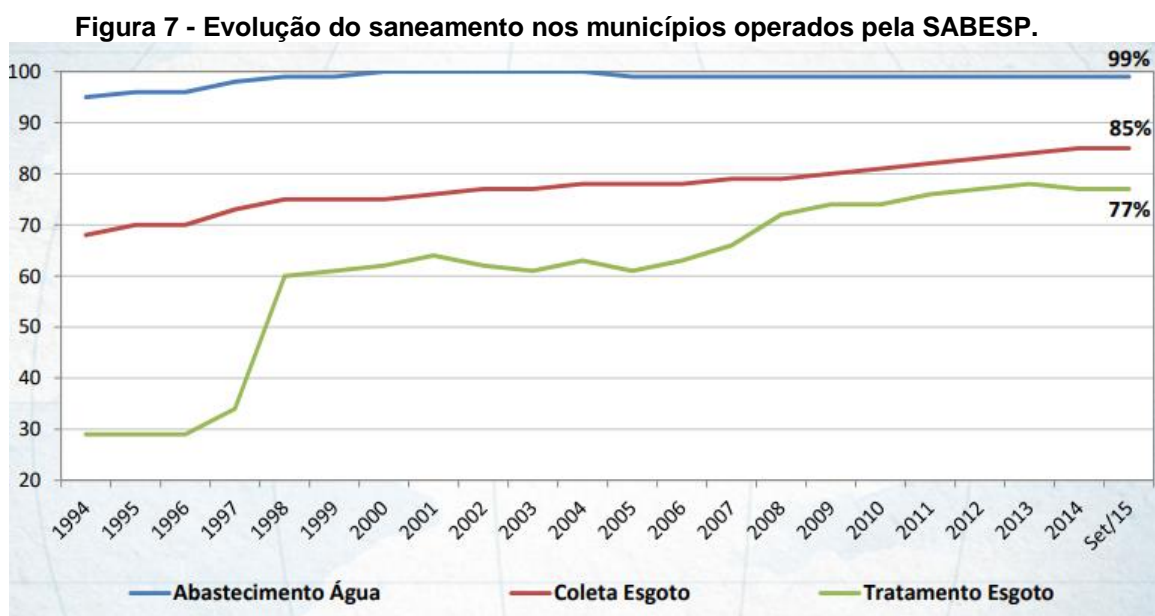
Fonte: SNIS, 2020.

Acompanhar a evolução da tomada de decisão dos gestores públicos acerca do manejo dos recursos hídricos em escala nacional é essencial para que se tenha uma visão holística, considerando que cada região tem suas peculiaridades e desafios específicos, a busca pelo equilíbrio e equidade se faz necessária para que a demanda pelos recursos naturais esteja em acordo com a disponibilidade dos mesmos, mesmo em um país com tanta disponibilidade como o Brasil, sem que haja o comprometimento da qualidade de vida das futuras gerações.

3.3.3 Panorama do Estado de São Paulo

No estudo de Saneamento no Estado de São Paulo divulgado pelo Instituto Trata Brasil em 2015, realizado a partir de dados da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), evidencia-se que nas últimas décadas

houve um significativo crescimento tanto no abastecimento de água (quase em 100%), quanto na coleta de esgoto (acima de 85%), contudo a linha de tendência do tratamento de esgoto não é em contínua ascendência, tendo variações e chegando apenas a 77% em 2015, conforme é demonstrado na Figura 7.



Fonte: SABESP, 2015.

Assim, vê-se que o tratamento de esgoto é a área que mais demanda investimentos e desenvolvimento no Estado de São Paulo. Ainda segundo o Instituto Trata Brasil (2020), o Estado de São Paulo têm como maior foco, no momento, o tratamento de esgotos, devido aos maiores problemas de abastecimento de água já terem sido resolvidos.

3.4 Soluções e alternativas

Os principais sistemas para o tratamento de esgoto atualmente são classificados em centralizados ou descentralizados, sendo os centralizados aqueles onde há redes de tubulações para coleta e afastamento até estações de tratamento, já os descentralizados são caracterizados principalmente pelo tratamento das águas residuais domésticas, sendo a maioria dos lançamentos enviada a tanques sépticos e dispostos no solo em valas, córregos, lagos entre outros corpos receptores (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Contudo, o que se têm visto é que os esforços públicos geralmente se dedicam a afastar da vista comum o que se é considerado desagradável, muitas

vezes poupando a comunidade de ser problemática ambiental, tendo como consequência cidadãos que desconhecem as metodologias de tratamento de seus efluentes e as consequências de seu modelo de ocupação do território urbano de forma desordenada (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013). De fato, obras de saneamento garantem proteção ao valor da propriedade e conservação da água dos rios, podendo colaborar direta e indiretamente para a recarga de aquíferos e mantendo, em épocas de estiagem, o fluxo hídrico dentro da micro bacia hidrográfica. (WEISS et al., 2008).

3.4.1 Estruturas sanitárias centralizadas em tratamento de esgoto

Em estruturas sanitárias centralizadas há a construção de estações para o tratamento de efluentes (ETE) em zonas periféricas das cidades, e há também a implantação de uma rede de tubulações interconectadas com estações de bombeamento que permitem uma coleta e afastamento do esgoto, sendo tratado em larga escala e devolvido com os parâmetros classificados dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente para a descarga com devolução aos cursos d'água (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013). As três estruturas sanitárias centralizadas para tratamento de esgoto que atualmente são mais utilizadas no mundo são: tratamento por sistema de lodos ativados, lagoas de estabilização e filtros biológicos.

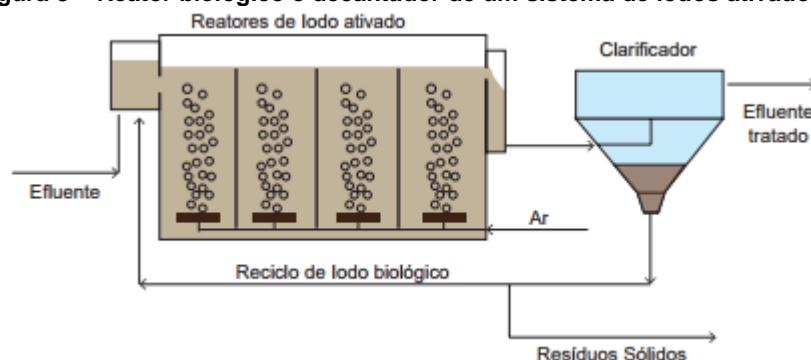
3.4.1.1 Lodos ativados

Lodos ativados é um sistema para tratar esgotos criado no Reino Unido em 1914 pelos cientistas Adern e Lockett, que a princípio tratavam tanques com ciclos para encher e esvaziar, porém posteriormente foi concebida a versão mais utilizada atualmente, onde há um fluxo contínuo do efluente sendo tratado (VON SPERLING, 2016).

O sistema de lodos ativados é amplamente utilizado, em nível mundial, para o tratamento de despejos domésticos e industriais, em situações em que são necessários uma elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área. No entanto, o sistema de lodos ativados inclui um índice de mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, implicando uma operação mais sofisticada e maiores consumos de energia elétrica. (VON SPERLING, 2016, p. 11).

Segundo Malta (2001) a principal etapa do sistema é composta por reações biológicas, sendo assim os principais equipamentos o decantador (tanque de decantação) e o reator biológico (tanque de aeração), como é possível verificar na Figura 8.

Figura 8 – Reator biológico e decantador de um sistema de lodos ativados



Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), 2014.

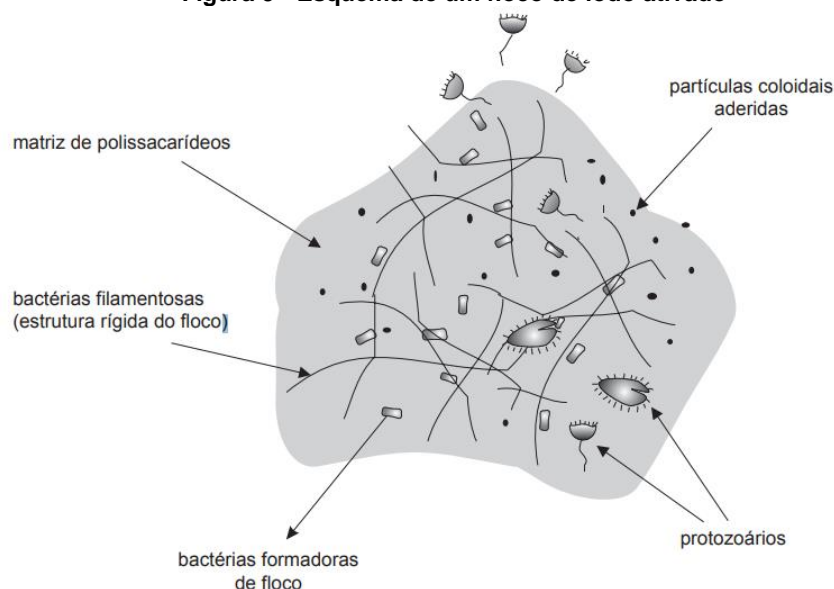
Esta técnica chama-se lodos ativados pois o lodo, através de uma recirculação após a decantação - sedimentação dos sólidos - é reenviado para o reator, onde ocorrem reações bioquímicas com a finalidade de remover a matéria orgânica, o que permite que o efluente final saia clarificado (IERVOLINO, 2019).

Os sólidos sedimentados no fundo do decantador secundário são recirculados para o reator, aumentando a concentração de biomassa no mesmo, o que é responsável pela elevada eficiência do sistema. A biomassa consegue ser facilmente separada no decantador secundário devido à sua propriedade de flocular. Isso se deve ao fato de as bactérias possuírem uma matriz gelatinosa, que permite a aglutinação das bactérias e de outros microrganismos, como protozoários. O floco possui maiores dimensões, o que facilita a sedimentação (VON SPERLING, 2016, p. 12).

Neste sistema o tempo em que o efluente fica detido para tratamento é considerado baixo, sendo necessárias algumas horas, o que faz com que o volume do tanque de aeração seja reduzido (IERVOLINO, 2019). Entretanto, por conta da recirculação do lodo, os sólidos (flocos) acabam por permanecer no sistema por mais tempo do que o líquido (MALTA, 2001). Este tempo em que ocorre a retenção dos flocos (Figura 9) é denominado idade do lodo, e quanto maior a permanência no sistema, maior a eficiência dos lodos ativados, afinal “a

biomassa tem tempo suficiente para metabolizar praticamente toda a matéria orgânica” (VON SPERLING, 2016, p. 12).

Figura 9 - Esquema de um floco de lodo ativado



Fonte: Von Sperling, 2016.

Para que seja garantido um sistema em equilíbrio, é preciso retirar aproximadamente a biomassa que se aumenta por reprodução, ou seja, o lodo excedente, podendo ser retirado diretamente do reator biológico ou da linha de recirculação (IERVOLINO, 2019). Este excedente sofre um tratamento adicional para que seja adensado, estabilizado e desidratado, e assim armazenado em uma caçamba para que seja destinado adequadamente à compostagem, em um cenário de situações ideais de disposição final (VON SPERLING, 2016).

3.4.1.2 Lagoas de estabilização

Segundo Carrilho e Carvalho (2016), lagoa de estabilização é um sistema para o tratamento biológico de efluentes, onde a estabilização da matéria orgânica presente ocorre a partir da oxidação bacteriológica (podendo ser aeróbia ou anaeróbia por fermentação). Geralmente elas apresentam grandes índices de eficiência de tratamento, influenciadas principalmente pelo clima de predominância quente (como em países tropicais, como o Brasil), devido à temperatura interferir nas reações biológicas, como radiação solar e velocidade de metabolizar dos organismos (IERVOLINO, 2019).

Nos dois tipos de sistemas de lagoas de estabilização as algas exercem um importante papel, ao serem responsáveis por fornecer a maior parte do oxigênio dissolvido na lagoa, utilizados pelos micro-organismos para sintetizar a matéria orgânica (CARRILHO; CARVALHO, 2016). As lagoas podem ser classificadas em facultativas (quando ocorre tanto o processo aeróbio quanto o anaeróbio), anaeróbias, aeróbias, e de maturação (IERVOLINO, 2019).

Na lagoa facultativa é onde ocorre de forma mais simples o processo de tratamento em termos de operação, pois é a retenção do efluente por determinado tempo, para que seja suficiente à estabilização e para que a matéria orgânica se desenvolva (IERVOLINO, 2019).

Por outro lado, a lagoa anaeróbia é caracterizada por não apresentar oxigênio dissolvido abaixo da superfície aquosa, para que assim ocorra o desenvolvimento de diversas bactérias que transformem a poluição orgânica em metano em duas etapas: liquefação (formação de ácidos por bactérias acidogênicas) e formação de metano (por bactérias metanogênicas) (CHERNICHARO, 1996).

Há ainda as lagoas aeróbias, que são aquelas onde é necessário o “fornecimento” do oxigênio no meio líquido, sendo como uma principal característica o uso de aeradores, criando turbulências para que o oxigênio da atmosfera adentre ao meio líquido e possa ser consumido pelos micro-organismos ali presentes (IERVOLINO, 2019). Os aeradores superficiais ainda propiciam uma mistura dos micro-organismos com os sólidos suspensos, desencadeando uma maior concentração de bactérias e com isso aumento da eficiência e redução do volume, sendo muito semelhante ao processo de lodos ativados, mas sem a recirculação do lodo (sólidos), pois este é inexistente em sistemas de lagoas aeróbias. “Devido a inexistência da recirculação, a concentração de sólidos dentro da lagoa é menor (20 a 30 vezes) do que em sistemas de lodos ativados” (IERVOLINO, 2019).

Contudo, quando se trata de lançamento em corpos hídricos, foi constatado que a remoção de matéria orgânica das lagoas aeradas ainda é de eficiência insatisfatória, pois há a permanência da biomassa em suspensão, podendo sair no efluente tratado (CARRILHO; CARVALHO, 2016). Assim, recomenda-se a

instalação de um sistema de decantação a jusante, para que os sólidos em suspensão possam passar por um processo de sedimentação (KELLNER et al., 2009).

Por fim, a lagoa de maturação é aquela responsável pela remoção de vírus, coliformes, bactérias e ovos de helmintos, possibilitando aprimoramento no efluente de outro sistema de tratamento, sendo seu principal objetivo a remoção de patógenos, e não aumento da disponibilidade de oxigênio, portanto é uma alternativa eficaz para a desinfecção do efluente (IERVOLINO, 2019). Geralmente se torna mais efetiva ao ter menor profundidade, sendo caracteriza por uma lagoa mais rasa quando comparada às demais (KELLNER et al., 2009). Geralmente são removidos pelas lagoas de maturação 99,99% dos coliformes presentes no efluente e 100,00% de ovos de helmintos e cistos de protozoários (IERVOLINO, 2019).

Desta forma, conclui-se que utilizar as diferentes modalidades de lagoa é uma interessante alternativa devido à sua simplicidade de operação e custos reduzidos tanto para operar quanto de manutenção, apesar de gerarem maus odores, necessitarem de grandes áreas para a sua implantação e sujeitarem a sua atividade biológica a ser afetada pelas variações da temperatura ambiente (USEPA, 2005).

3.4.1.3 Filtro biológico

Os filtros biológicos são um tipo de tecnologia para tratamento de efluentes com sistemas aerados submersos que vem sendo utilizados por mais de 50 anos, pois ao introduzir o ar comprimido através de tubos perfurados há o crescimento de micro-organismos no meio suporte, o que elimina a necessidade de recirculação de lodo (VON SPERLING, 1995).

Esta técnica é composta por um leito (podendo ser de pedras, ripas ou material sintético), onde ocorre o despejo do efluente através de braços rotativos e assim dá início a percolação através das pedras, formando uma película de bactérias sobre as mesmas (MAC CONNELL, 2014). Há um dreno ao fundo, para onde o esgoto passa, sendo absorvida pela película de bactérias uma grande quantidade de matéria orgânica, realizando a digestão de modo mais lento (ALMEIDA et al., 2011).

Devido ao fato do ar poder circular entre os poros das pedras, este sistema é considerado um processo aeróbio, constituído por um leito que fornece oxigênio às bactérias (MAC CONNELL, 2014).

Segundo Sperling (1995), os filtros podem ser de baixa ou alta carga, sendo aqueles de baixa carga caracterizados pela saída do lodo parcialmente estabilizado - lodo estabilizado é aquele em que se apresenta um odor menos ofensivo e uma menor concentração de microrganismos patogênicos, por já estar mais adensado e mais seco - “devido ao consumo da matéria orgânica presente nas células das bactérias em seus processos metabólicos por causa da escassez de alimento”, tendo uma eficiência que pode ser comparada a um sistema convencional de lodos ativados e os de alta carga, com menor eficiência, caracterizados pela saída de um lodo ainda não estabilizado.

Os filtros biológicos ocupam uma área extensa e possuem capacidade de se adaptar às variações que cada efluente pode ter, sendo de simples operacionalidade e baixo consumo de energia (SPERLING, 1995).

3.4.2 Sistemas descentralizados: tecnologias emergenciais

É devido ao acelerado crescimento das áreas urbanas que se dá o conflito gerado pela falta de atendimento a demanda da população por coleta e tratamento de esgoto em um sistema centralizado, tendo como consequência problemas de insalubridade, poluição ambiental, desvalorização imobiliária, entre outros (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013) Sabendo que a água tem tido seu valor subestimado e a sua qualidade degradada, a maneira mais eficaz de tentar manter suas propriedades em equilíbrio é tornar a cobertura da rede de coleta e tratamento de esgoto mais abrangente e democraticamente acessível, como com o uso de sistemas descentralizados.

Alguns sistemas descentralizados de tratamento de águas residuais possuem inúmeros benefícios, podendo prover tratamento equivalente ao de sistemas centralizados, frequentemente a um custo mais baixo e sendo ótimas soluções em demandas emergenciais (USEPA, 2005).

A falta de terrenos adequados e o custo de implementação e de operação de unidades de maior porte têm trazido questionamentos sobre os limites dessa abordagem, especialmente em área cuja densidade

populacional não justifique os ganhos em escala alcançados pela operação de sistemas complexos (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

No âmbito residencial algumas soluções, como as fossas sépticas, se limitam em uma barreira tecnológica do setor, devido à legislação ambiental e escassez de regulamentação específica, uma vez que são adotadas soluções particulares a cada caso, é demandada em cada moradia uma adequação específica. Muitas vezes as moradias são caracterizadas como de baixa renda, e a fiscalização contenta-se apenas em se ater se a estrutura evita a contaminação do lençol freático, não visando a qualidade do produto final (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013). Portanto, os sistemas descentralizados seriam aplicáveis somente como medidas isoladas ou na escassez de soluções coletivas (WEISS et al., 2008).

Dentre as tecnologias emergenciais de sistemas descentralizados para tratamento de efluentes, as mais acessíveis e práticas de serem realizadas são o tratamento por zona de raízes e a fossa séptica biodigestora.

3.4.2.1 Fossa séptica biodigestora

É sabido que a disponibilidade e qualidade da água influenciam diretamente na qualidade de vida dos habitantes, e o fato deste recurso estar cada vez mais comprometido em decorrência da contaminação das águas superficiais e subterrâneas justifica a urgência em se encontrar soluções de caráter emergencial principalmente em comunidades rurais de países em desenvolvimento (como é o caso do Brasil), onde serviços de saneamento ainda são precários (VICQ; LEITE, 2014).

Segundo Butler e Payne (1995), só em 1860 que se deu o primeiro relato de uso de um tanque séptico, feito na França, e em 1883 apareceram versões aprimoradas nos Estados Unidos, e também em 1895 na Inglaterra. Portanto, desde o século XIX esta técnica tem se espalhado pelo mundo, principalmente na Ásia, África e América Latina (VICQ; LEITE, 2014).

As Fossas ou tanques sépticos são tratamentos eficazes dos efluentes domésticos gerados em áreas rurais (WISTHERS et al., 2011), considerado com uma importante alternativa para comunidades rurais de até 500 habitantes, evitando a descarga de dejetos orgânicos diretamente em cursos da água (VICQ; LEITE, 2014).

É um tratamento classificado como primário e simples, onde é realizada a separação e transformação da matéria sólida do esgoto, sendo um sistema composto por três caixas d'água de 1.000L cada uma, com tubulações em PVC conectando-as (VICQ; LEITE, 2014).

Destaca-se que somente o encanamento dos sanitários das residências é conectado ao sistema (subterrâneo e vedado para entrada de ar), onde há uma primeira caixa contendo esterco fresco para que se ocorra o processo de digestão anaeróbia, eliminando eficientemente os coliformes fecais (BUTLER; PAYNE, 1995).

Ao final do sistema o efluente tratado que é produzido pela digestão bacteriana pode ser reutilizado como adubo orgânico de alto potencial nutricional (WISTHERS et al., 2011).

Apesar de seu uso se dar há mais de um século e meio, poucos são os trabalhos científicos que quantificam e avaliam a melhoria da qualidade de águas fluviais de córregos na presença e ausência de sistemas primários de tratamento de esgotos em pequenas comunidades rurais (VICQ; LEITE, 2014).

Seu sucesso se dá pela sua simplicidade, não exigindo técnicas construtivas complexas ou demanda por operadores qualificados (BUTLER; PAYNE, 1995).

3.4.2.2 Tratamento de águas residuais por zona de raízes

A falta de tratamento de esgoto é um dos maiores problemas ambientais da população brasileira, principalmente em comunidades de baixa renda em zonas rurais (LEMES et al., 2008). É neste contexto que se faz necessária a busca por tecnologias alternativas e economicamente viáveis para o tratamento dos efluentes (SCHERER et al., 2010). Para Valentim (2003), uma técnica alternativa aos métodos convencionais e que têm se mostrado bastante eficaz é o tratamento por zona de raízes, um sistema em que parte do filtro é constituída de plantas, sendo colocado geralmente à jusante de um tratamento primário (como por exemplo a fossa séptica).

O tratamento é resultado da união entre processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem devido ao filtro físico, comunidades bacterianas e

macrófitas (LEMES et al., 2008). A estrutura para a instalação desta técnica deve iniciar com a impermeabilização de uma área, sendo seguida da aplicação de um cano que receberá o efluente, seguido de areia e brita (SCHERER et al., 2010)

As bactérias são fundamentais para o tratamento do efluente, uma vez que são responsáveis pela degradação da matéria orgânica presente por meio de processos anaeróbios e aeróbios (SCHERER et al., 2010). As condições aeróbias acontecem em virtude do fornecimento de oxigênio pelas raízes das macrófitas, onde o oxigênio captado pelas folhas é levado através do caule até suas raízes, não suprimindo apenas a demanda respiratória dos tecidos das raízes, mas também oxigenando a rizosfera (VALENTIM, 2003). A saída do oxigênio das raízes para o filtro cria condições de oxidação ao meio, o que possibilita então a decomposição da matéria orgânica (SCHERER et al., 2010) O transporte do oxigênio atmosférico no interior das plantas aquáticas se dá em decorrência da presença de grandes espaços interno denominados aerênquimas, que podem ocupar até 60% do volume dos tecidos das macrófitas (LEMES et al., 2008).

Assim, o bom funcionamento do tratamento por zona de raízes depende de plantas com uma rede bem desenvolvida de aerênquimas, como por exemplo a espécie *Zantedeschia aethiopica*, mais conhecida como copo-de-leite, capaz de se desenvolver em lugares de alto índice de insalubridade, e é considerada uma flor tóxica, também conhecida pelos nomes “calla” ou “lírio do Nilo” (LEMES et al., 2008).

3.5 Gestão e monitoramento

Para garantir qualidade de operação e eficiência em sistemas de saneamento ambiental, é preciso que os processos e análises estejam diretamente relacionados a ferramentas gerenciais, possibilitando inclusive a padronização de procedimentos e estratégias para melhoria contínua na esfera organizacional, tendo como consequência a redução de custos, resolução de conflitos com a comunidade e, principalmente, aumento da eficiência (ROCHA, 2005). Assim, as ferramentas gerenciais atualmente têm se tornado uma indispensável aliada na gestão e monitoria por todo o mundo.

A relevância deste enfoque é demonstrada na medida em que mais e mais instituições passam a adotar normas de qualidade como a ISO 9001 e

ambientais como ISO 14001, bem como se orientar pelos objetivos do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento Ambiental, iniciativa de grande significado da ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária) (ROCHA, 2005, p.19).

Para que seja implantado um sistema de gerenciamento, é necessário que seja realizado um “diagnóstico da situação atual, bem como da caracterização minuciosa de seus resíduos afluentes” (ROCHA, 2005).

3.5.1 Indicadores urbanos ambientais

De acordo com Magalhães Júnior (2014), os indicadores ambientais relacionado ao uso e ocupação do meio urbano são importantes instrumentos para a gestão das águas, podendo ser importantes aspectos sinalizadores das pressões antrópicas sobre o meio ambiente.

Os reflexos dos problemas relacionados ao crescimento das cidades têm aparecido cada vez com maior intensidade nos ecossistemas encontrados em meio às áreas urbanas já consolidadas, evidenciando a urgência em se buscar ferramentas inovadoras para compreender as condições e possibilidades para “enfrentar a dinâmica da evolução morfológica urbana” (FIORI, 2006).

Compreender o ambiente urbano por meio da utilização de indicadores é um fator essencial para alcançar os conteúdos presentes em cada realidade. Diante deste cenário, torna-se imprescindível o aperfeiçoamento de técnicas de controle dos processos de urbanização, na busca de melhorias das condições de sustentabilidade nas cidades (NIRAZAWA; OLIVEIRA, 2018).

É neste contexto que se têm criado programas para o gerenciamento das cidades visando o desenvolvimento sustentável, como o Programa Município Verde Azul (PMVA), criado pela Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo em 2007, que tem como objetivo fazer a medição e dar o devido apoio para a eficiência da gestão ambiental, estimulando e auxiliando as prefeituras paulistas para elaborar e executar as políticas públicas estratégicas, afim de se alcançar o desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2020).

No Brasil, há duas iniciativas relevantes, o *ranking* do saneamento básico nas 100 maiores cidades do Instituto Trata Brasil e o Programa Município Verde Azul da Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado

de São Paulo, além da iniciativa internacional do governo da Índia, o *ranking* do saneamento. Em comum, os três *rankings* são elaborados a partir de indicadores ou índices, cujo número varia de 12 a 70 indicadores/índices aplicados aos municípios. Entretanto, não há um *ranking* ou iniciativas estruturadas para elaboração de indicadores no Brasil que contemple os componentes do saneamento básico segundo a Lei nº 11.445/2007 para mensurar e monitorar o saneamento básico adequado (NIRAZAWA; OLIVEIRA, 2018).

Segundo a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2020), os critérios do PMVA levam em conta 10 diretivas, sendo 2 delas diretamente relacionadas aos recursos hídricos: Diretiva 5 – Gestão das águas (GA) e Diretiva 9 – Esgoto tratado (ET).

Em relação à Diretiva 5 – Gestão das águas, para receber a pontuação nestas diretivas, o município precisa comprovar ações que promovam o uso racional da água, fornecer um relatório gerencial da concessionária ou do serviço autônomo de saneamento, bem como outros documentos número da outorga, o tipo de tratamento, o volume tratado, a quantidade de lodo produzido e o seu local de destino ambientalmente correto. Há ainda a preocupação em casos de captação subterrânea, recuperação de nascentes e índices de qualidade de água (SÃO PAULO, 2020).

Já a Diretiva 9 – Esgoto tratado traz pontuações de acordo com Planos de Saneamento inseridos no orçamento anual, bem como o seu cronograma e execução. Também se atem aos dados laboratoriais sobre quantidades e características do material retirado de estações de tratamento de esgoto sanitário. O monitoramento das ETE é colocado como uma necessidade dentro do processo de tratamento do esgoto coletado, fazendo parte do procedimento de tratabilidade (SÃO PAULO, 2020).

Os indicadores empregados no sistema podem ser utilizados tanto para o monitoramento das condições do meio urbano, ao apontar tendências e chamar a atenção para pontos fracos, quanto como uma ferramenta auxiliar no processo de planejamento, possibilitando a definição de cenários, o estabelecimento de metas e a priorização de ações (FIORI, 2006, p. 6).

Em suma, as necessidades de se aplicar indicadores ambientais em nossas cidades têm sido entendidas como de caráter emergencial, contudo ao que se vê no contexto brasileiro, o estado de São Paulo é o que têm organizado seus indicadores de forma mais exequível através do Programa Município Verde Azul nas últimas décadas, onde os resultados de melhoria com a aplicação deste

programa de gestão colocam em evidência a urgência em se aplicar medidas semelhantes também nos outros estados que apresentam índices ainda piores no assunto do saneamento ambiental.

3.5.2 Indicadores em recursos hídricos

No Brasil a preocupação em se utilizar indicadores para a gestão da água teve início na segunda metade do século XX, tendo como principais eixos os índices de qualidade da água e os indicadores da disponibilidade hídrica (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014). Atualmente, quem administra a maior rede responsável pelo monitoramento das águas é a Agência Nacional de Águas (ANA), e divulga séries diárias dos dados fluviométricos e pluviométricos (ANA, 2020).

A utilização de indicadores referentes aos recursos hídricos deve obedecer aos padrões estabelecidos pela Resolução Conama 020/1986. Esta resolução ilustra bem os limites de diversos parâmetros acerca da qualidade das águas e normas para lançamento de efluentes e outras descargas hídricas.

Dentro dos parâmetros de indicadores de qualidade da água, as matérias orgânicas oxidáveis são as mais valorizadas no Brasil, e com isso há uma tendência em se atentar mais aos exames laboratoriais sobre a disponibilidade e demanda de oxigênio no efluente, deixando de lado muitas vezes indicadores de potencial contaminação da água por agentes patogênicos, até pela dificuldade em se encontrar concentrações detectáveis destes mesmos (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014).

Por meio de técnicas estatísticas, foram selecionados os parâmetros físico-químicos relevantes: temperatura da água, pH, alcalinidade total, condutividade elétrica e as concentrações de OD, clorofila-a, sílica solúvel relativa, amônia, nitrito, nitrato, fósforo solúvel relativo, nitrogênio e P total (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014, p. 221).

Ao que se vê, há um interesse além da conservação da qualidade dos ecossistemas aquáticos, com o apoio de organizações como a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), o Brasil a partir de 1999 passa a se preocupar também com a melhoria da qualidade de vida e controle da saúde humana, vendo nos indicadores o instrumento de

monitoria para embasamento da tomada de decisão por parte dos gestores, tendo economias não só nos setores de tratamento de água e esgoto, mas também reduzindo despesas relacionadas a investimentos na área da saúde (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014).

3.6 Os córregos urbanos e o planejamento ambiental das cidades

É preciso tratar o ambiente urbano e o ambiente natural de maneira complementada, de modo que o ambiente urbano construído e devidamente planejado possibilite as variações e necessidades do ambiente natural sem que se comprometa a qualidade de vida dos ecossistemas ou dos munícipes (JACOBS, 2001).

Neste contexto encaixam-se os cursos d'água, fenômenos complexos cuja morfologia tem divergências conforme a época do ano e o relevo, assim, quando se insere estas variações em uma cidade cuja organização espacial é desprovida de planejamento, acaba por desencadear os frequentes desafios relacionados aos rios urbanos atuais: enchentes, assoreamento, poluição hídrica, entre outros (MURPHY; NELSON, 2020).

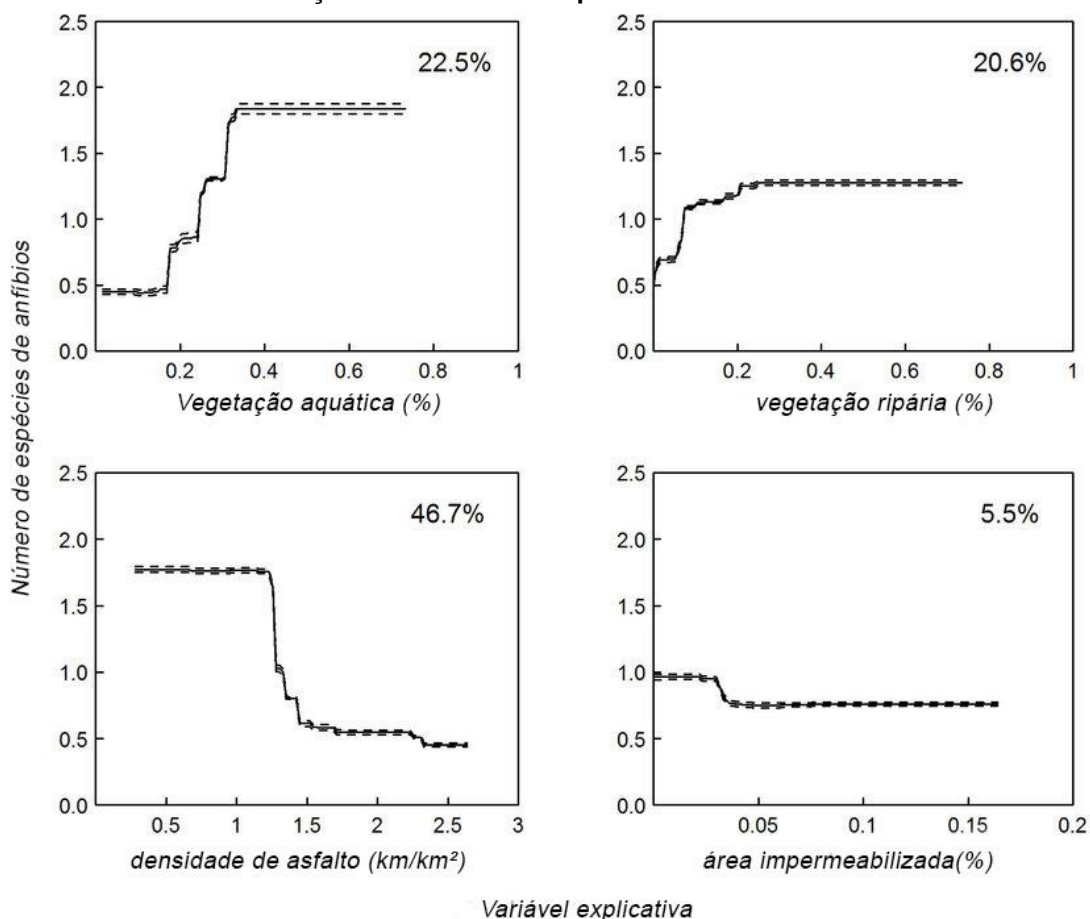
Destaca-se a gestão ambiental urbanística como potencial solução destes conflitos, pressupondo que análises sobre a dinâmica do crescimento urbano e o correto manejo das águas possibilitem um melhor prognóstico do uso e ocupação do solo (ROY et al., 2005).

Estudos da ecologia urbana e suas configurações morfológicas, com especial atenção às questões da hidrografia natural e do saneamento urbano, identificaram uma frequência de patologias cujo padrão foi denominado como "síndrome dos córregos urbanos". Identificando efeitos diretos e indiretos do modelo de ocupação urbana predominante no século XXI, o estudo desta síndrome possibilita a previsão de alternativas de gerenciamento para a conservação de córregos em áreas de vulnerabilidade urbana (WALSH et al., 2005).

Como é possível identificar na Figura 10, onde Canessa e Parris (2013) fizeram um estudo sobre os efeitos da síndrome dos córregos urbanos nas comunidades de anfíbios, animais que são muito sensíveis a alterações tanto do

ambiente aquático como do solo e do ar, principalmente em decorrência da poluição urbana.

Figura 10 - Gráficos dos efeitos das variantes referentes à síndrome dos córregos urbanos em relação ao número de espécies de anfíbios.



Fonte: traduzido de Canessa e Parris, 2013.

Assim, os gráficos da Figura 10 permitem concluir que com o aumento da vegetação aquática e ripária, há um aumento na quantidade de espécies, já com o aumento da densidade de asfalto e área impermeabilizada, variantes muito comuns em ambientes urbanos, há uma queda no número de espécies encontradas.

A síndrome dos córregos urbanos evidencia a necessidade de um efetivo gerenciamento dos córregos tanto na perspectiva ecológica, quanto nas dimensões social, econômica e política, em virtude da degradação ambiental ocasionada pela população humana distribuída em um uso e ocupação do solo desprovido de planejamento ambiental (WALSH et al., 2005).

A mudança no uso da terra evidentemente influencia na biogeoquímica de bacias hidrográficas. A transformação da paisagem natural para fins agrícolas e urbanos provoca a perda de florestas e zonas úmidas e o crescimento da densidade de superfícies impermeabilizadas, com o conseqüente aumento do escoamento superficial e da participação de insumos químicos e de águas residuais antrópicas. Como resultado de atividades humanas, as condições de muitos ambientes aquáticos urbanos têm sido degradadas (MEDEIROS FILHO, 2016).

O estudo da relação entre o uso do solo urbano e a estrutura e função ecológica dos rios se faz necessário para compreender as origens das causas e possíveis soluções a este cenário cada vez mais comum, em decorrência da expansão urbana e adensamento demográfico (MURPHY; NELSON, 2020).

As mudanças nos recursos hídricos tendem a ser mais chamativas, como por exemplo o aumento na frequência de eventos relacionados à drenagem urbana (WALSH et al., 2005). Com ascendência cada vez mais intensa das áreas impermeabilizadas, o aumento da velocidade de escoamento superficial acaba por ocasionar enchentes e inundações (ROY et al., 2005). A Tabela 1 traz alguns sintomas gerais associados à Síndrome dos Córregos Urbanos.

Tabela 1 - Sintomas gerais da síndrome dos córregos urbanos

Característica	Resposta Consistente¹	Resposta Inconsistente²	Pesquisa Limitada³
Hidrologia	↑ Frequência de escoamento superficial	Magnitude do escoamento de base	
	↑ Frequência de escoamento erosivo		
	↑ Magnitude de vazão		
	↓ Tempo de concentração		
	↑ Variação do regime de chuvas		
Química da água	Nutrientes (principalmente Nitrogênio e Fósforo)	Sólidos suspensos	
	↑ Tóxicos		
	↑ Temperatura		
Morfologia do canal	↑ Largura do canal	Sedimentação	
	↑ Profundidade		
	↑ Erosão		
	↓ Complexidade do canal		
Peixes e matéria orgânica	↓ Retenção	estoque permanente / insumos	
	↓ Peixes sensíveis		Peixes tolerantes Abundância de peixes/biomassa

Invertebrados	↑ Invertebrados toletantes		Produção secundária
	↓ Invertebrados sensíveis		
Algas	↑ Diatomáceas eutróficas	Biomassa das algas	
	↓ Diatomáceas oligotróficas		
Processos ecossistêmicos	↓ Captação de nutrientes	Serrapilheira	Metabolismo do ecossistema Retenção de Nutrientes

¹Observado em múltiplos estudos acerca do aumento da urbanização

²Observado que permaneceu inalterado com o aumento da urbanização

³Necessidade de mais pesquisar antes de concluir se é consistente ou inconsistente a resposta

Fonte: traduzido de Walsh et al., 2005.

Contudo, segundo a Carta de Atenas (manifesto urbanístico resultante do IV Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM) em 1933), a urbanização é apenas um “conjunto de técnicas e obras que permitem uma cidade ou área de cidade com condições de infraestrutura, planejamento, organização administrativa e embelezamento conformes aos princípios do urbanismo”, sendo assim não é a urbanização em si que ocasiona os efeitos adversos hidrológicos, pois na teoria a mesma deve ser pensada em conjunto à gestão ambiental da cidade, mas sim as condições precárias de captação das descargas.

A reduzida capacidade de infiltração das águas pluviais no solo em áreas urbanizadas, tende também a aumentar os problemas físico-químicos da água, como o aumento da variação diária no oxigênio dissolvido e na temperatura (KONRAD e BOOTH, 2002). Portanto, é necessário encarar as cidades brasileiras como vítimas da ausência de planejamento urbano ambiental, buscando a remediação dos impactos gerados por elas para que ocorra sempre a busca pelo equilíbrio entre desenvolvimento econômico e gestão sustentável.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

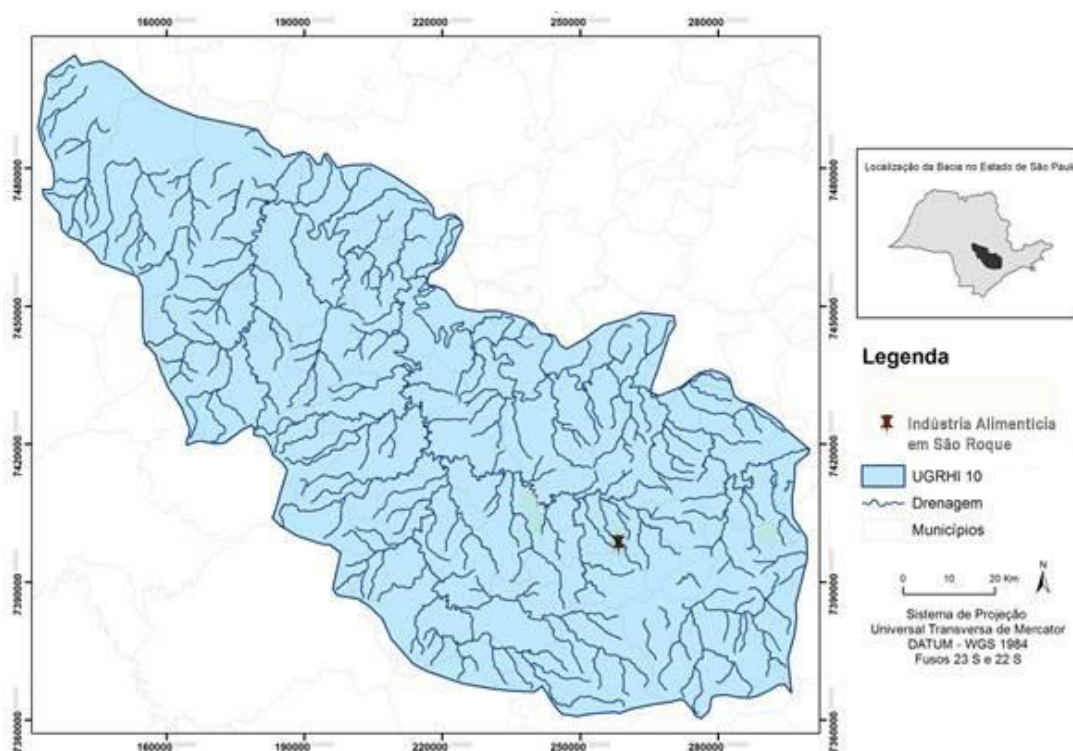
O material de estudo desta pesquisa trata-se de uma estação de tratamento de efluentes (ETE) localizada em uma indústria alimentícia, o curso d’água onde é lançado o efluente tratado, denominado Ribeirão Marmeleiro, e o bairro em que se está inserido, chamado Vila Nova.

4.1 Caracterização da área de estudo

4.1.1 A UGRHI 10 – Sorocaba e Médio Tietê

A partir da Lei nº 7.663 (SÃO PAULO, 1991), estabeleceu-se 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) no Estado de São Paulo, tendo como base as bacias hidrográficas. Originou-se então 11 grupos formados a partir de agrupamentos de municípios destas unidades que possuíam interesses comuns, onde a UGRHI-10 – Sorocaba e Médio Tietê encontra-se inserida no quinto grupo (Figura 11). Está adjacente à bacia do Alto Tietê, possuindo ainda ligação com a bacia do Piracicaba - Capivari - Jundiá e, através do sistema Tietê - Billings, conecta-se com a Baixada Santista.

Figura 11 - Sub-bacia Sorocaba e Médio Tietê.



Fonte: CBH-SMT, 2018.

Desenvolve-se na UGRHI-10 – Sorocaba e Médio Tietê atividades principalmente relacionadas a construção civil, indústria, setor alimentício, mecânica, metalúrgica e química, sendo o setor industrial o que capta mais vazões dos corpos d'água superficiais e subterrâneos (cerca de 10,8% da vazão total) (CARVALHO, 2011). De acordo o Relatório de Situação da Bacia Sorocaba

e Médio Tietê do ano de 2013, existiam 4.586 indústrias nessa região. No entanto, ressalta-se que este era o segundo setor que mais demandava por recursos hídricos da UGRHI-10 – Sorocaba e Médio Tietê.

A UGRHI-10 – Sorocaba e Médio Tietê é a quarta mais populosa do Estado de São Paulo. E no que diz respeito ao esgotamento sanitário, preocupa-se com o cenário onde 13,6% da sua população, o equivalente a 270.000 habitantes, não recebe serviço de coleta de esgoto. Até 2017 o sistema de esgotamento ainda não tratava 35,4% do efluente doméstico coletado (LIMA, 2018). Com isso, 44% do esgoto gerado na UGRHI-10 – Sorocaba e Médio Tietê era lançado diretamente nos corpos d'água, segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas do Sorocaba e MédioTietê (2018).

A abreviação de Comitê de Bacias Hidrográficas é dada pela sigla CBH, e segundo a Agência Nacional de Águas (2020) este é um grupo multidisciplinar de pessoas de diferentes áreas do conhecimento, cujo objetivo é se reunir para discutir acerca de um interesse comum: o uso d'água na bacia.

É por meio de discussões e negociações democráticas que os comitês avaliam os reais e diferentes interesses sobre os usos das águas das bacias hidrográficas. Possuem poder de decisão e cumprem papel fundamental na elaboração das políticas para gestão das águas nas bacias, sobretudo em regiões sujeitas a eventos críticos de escassez hídrica, inundações ou na qualidade da água que possam colocar em risco os usos múltiplos da água, conforme assegurados em Lei.

O CBH Sorocaba e Médio Tietê é constituído por 34 municípios e foi formado em 02 de agosto de 1995, no município de Itu, abrange cujas principais preocupações se deram em relação à poluição do Rio Tietê, sobre o reservatório de Itupararanga e também sobre o manancial do Rio Sorocaba (SIGRH, 2020).

Segundo a CETESB, na UGRHI-10 – Sorocaba e Médio Tietê foi verificada a segunda maior porcentagem de não conformidades para fósforo total do Estado (73%). Os trechos que compreendem o rio Tietê (incluindo o reservatório de Barra Bonita e o do rio Sorocaba) no município de Sorocaba pertencentes a UGHRI apresentaram resultados desconformes em 100% das campanhas realizadas (CETESB, 2017).

4.1.2 O município de São Roque

Em 16 de Agosto do ano de 1657 foi fundada a cidade de São Roque pelo capitão paulista Pedro Vaz de Barros, que pertenceu a uma velha linhagem de bandeirantes (também era conhecido como Vaz Guaçu). Ele resolveu batizar suas terras com o nome de seu santo de devoção. A população se iniciou em uma fazenda que utilizava mão de obra indígena para o cultivo de trigais e vinhedos às margens dos ribeirões Carambeí e Aracaí (PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE SÃO ROQUE, 2018).

Situada a aproximadamente 60 km da capital São Paulo, o município localiza-se em um ponto estratégico entre duas das principais rodovias do estado denominadas Raposo Tavares e Castello Branco (Figura 12). São Roque limita-se pelos municípios de Mairinque, Itu, Araçariguama, Itapevi, Vargem Grande Paulista e Ibiúna. Expandiu-se em uma região de serras e morros, a cidade é caracterizada por sua abundância natural de nascentes, rios e represas importantes pela região (MORAIS et al. 2015). A população está estimada em 91.016 habitantes atualmente, dos quais 80% concentram-se na zona urbana e 20% na zona rural (IBGE 2019).

O desenvolvimento do município se deu às margens do ribeirão Carambeí, cujo leito, sufocado pela infraestrutura urbana, já não mais apresenta suas principais características naturais originárias, devido suas águas fluírem por margens canalizadas (ROSA, 2011). Segundo a autora, as cabeceiras do rio localizadas atualmente em área de expansão urbana sofrem com a antropização e recebem a carga da drenagem de águas pluviais e esgotos clandestinos.

Segundo Lima (2018), quando o crescimento urbano ocorre de forma não planejada, acarreta-se em modificações, como: retificação de trechos de seu percurso e ausência de mata ciliar, que permite que, em vários pontos, ocorra o depósito irregular de lixo, ocasionando alagamentos e enchentes.

Figura 12 - Mapa de localização do Município de São Roque.



Fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu, 2006.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município de São Roque diz que até 2019 cerca de 75% da população que vive em meio urbano - o equivalente a 68.262 habitantes - foram atendidos por rede coletora de esgotos. No entanto, até agosto de 2017 não havia estação de tratamento esgoto (ETE) na cidade, e atualmente a mesma está em fase de pré-operação. Já no SNIS consta que em São Roque, com ano de referência de 2018, menos de 41 mil habitantes foram atendidos por sistema de esgotamento sanitário, o equivalente a aproximadamente 60% da população urbana, valor divergindo dos dados divulgados pelo PMSB.

Segundo o Plano Diretor do Município de São Roque (2006), a área em questão localiza-se na Macrozona de Consolidação Urbana, o que significa que equipamentos urbanísticos que promovam a qualidade de vida dos munícipes são previstos, assim como infraestrutura de qualidade (como abastecimento de água e coleta de esgoto), padronização nas edificações em relação a ocupação do lote, entre outros pontos. Contudo o que se vê é o não atendimento à esta Lei Orgânica e à Lei Complementar de Uso e Ocupação.

Buscando melhorar condições de saneamento no município a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), instalou uma ETE as margens do Ribeirão Guaçu, que foi concluída no segundo semestre de 2017 operando com vazão nominal de 280 L s^{-1} (LIMA, 2018).

4.1.3 A indústria alimentícia

O empreendimento está localizado circunscrito entre vias de fluxo rápido, em uma quadra uso predominantemente industrial do município de São Roque, como é possível observar na Figura 13.

Figura 13 - Vista aérea da unidade fabril objeto de estudo da pesquisa.



Fonte: autoria própria.

O acesso de funcionários se dá pela portaria localizada na rodovia Raposo Tavares, onde é também a fachada principal do lote, por ser uma via mais iluminada e de maior fluxo, com ponto de ônibus, há melhor segurança e facilidade de acesso aos funcionários. A entrada e saída de caminhões ocorre pela via posterior do lote, afim de causar menos problemas ocasionados pelo tráfego de veículos, onde também se localiza a ETE e o curso d'água onde é lançado o efluente tratado.

O processo de produção não gera a emissão de poluentes atmosféricos, e os ruídos são controlados e monitorados, havendo assim a garantia da ordem aos moradores vizinhos, nas áreas de influência direta e indireta. Contudo, o processo de produção de cerca de 21 mil toneladas de chocolates por ano gera efluentes com altos teores de gordura e odores de forte intensidade.

Há ainda a geração de cerca de 600 kg por mês de resíduos por parte do restaurante, que serve os 350 funcionários, dentre esses resíduos estão frutas, verduras, legumes, sementes, borra de café, sobras de alimentos cozidos ou estragados e cascas de ovo além de materiais como saquinhos de chá, serragem e gravetos. Estes resíduos orgânicos são triturados e enviados à ETE da unidade.

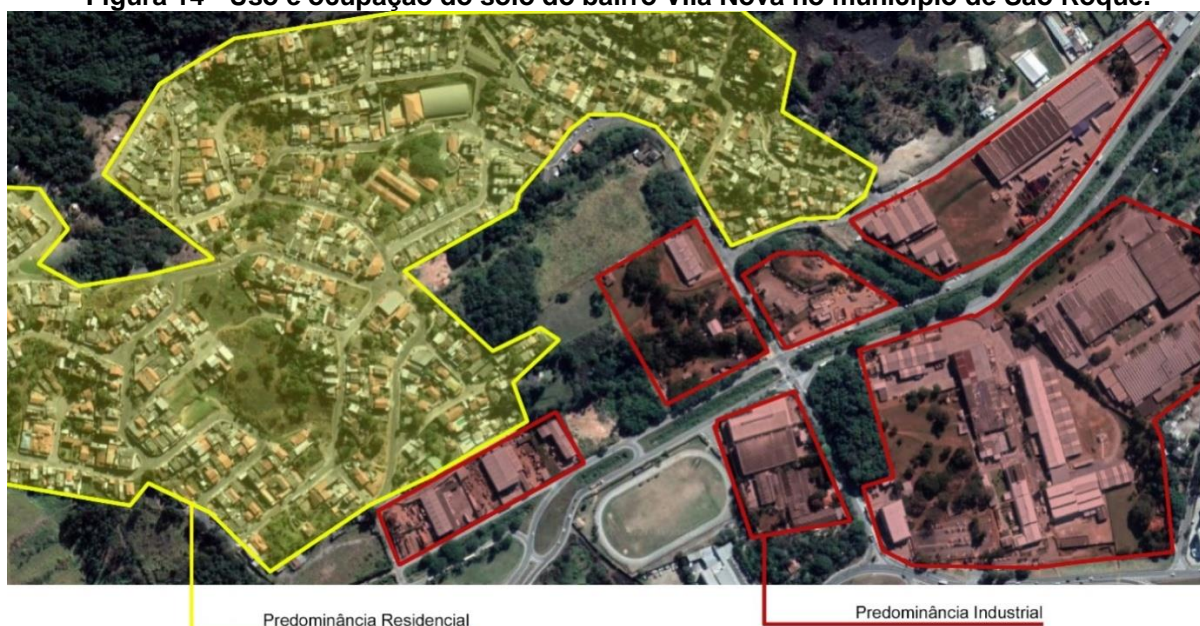
4.1.4 O bairro Vila nova e o Ribeirão Marmeleiro

Segundo moradores do bairro próximo ao curso d'água em questão, a ocupação do bairro se deu pela oportunidade de os trabalhadores habitarem mais próximo às indústrias que os contrataram e ainda por um valor mais acessível, considerando que o fato do município de São Roque ser uma estância turística acaba por desencadear grande valorização imobiliária, motivando ainda mais a periurbanização.

A organização urbana do bairro ainda sugere uma ocupação desordenada e desprovida de planejamento urbano e ambiental. Como é possível identificar na Figura 14, há um traçado urbano no bairro caracterizado por formas urbanas, desprovido de malha viária geométrica regular, contribuindo para maiores dificuldades em instalação e manutenção de instrumentos para drenagem urbana, coleta de resíduos e efluentes, abastecimento e tratamento de água.

Também se evidencia que a ocupação urbana em área de preservação permanente (APP) de encostas possui dimensões bem maiores do que a área de ocupação industrial, contribuindo para a hipótese de uma maior carga poluidora oriunda das atividades domésticas desprovidas de adequada destinação final de seus rejeitos, do que das atividades industriais sujeitas a uma frequente fiscalização por parte dos órgãos ambientais competentes.

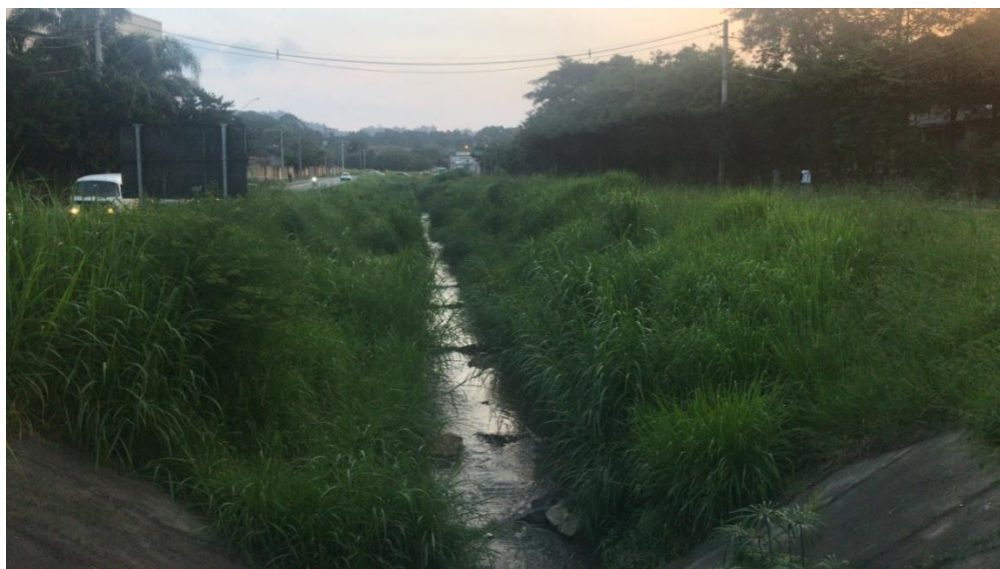
Figura 14 - Uso e ocupação do solo do bairro Vila Nova no município de São Roque.



Fonte: elaboração própria a partir de vista satélite do Google Earth®.

Segundo Machado (2019), o Ribeirão Marmeleiro (Figura 15) recebe diariamente no município de São Roque 5.000,00 m³ de esgotos domésticos no trecho em estudo, do bairro Vila Nova ao Bairro Guaçu.

Figura 15 - Ribeirão Marmeleiro



Fonte: autoria própria.

4.2 Coleta de dados

As coletas foram realizadas nos períodos de seca (julho de 2019) e de chuva (janeiro de 2020), tanto em pontos de coleta dentro da estação de tratamento de esgoto da indústria (ETE) quanto no curso d'água onde ocorre o lançamento do efluente tratado, denominou-se "PL" o ponto de lançamento do efluente tratado pela indústria alimentícia, "P1" é ponto antes do lançamento (ou seja, à montante de PL) e "P2" o ponto após o lançamento (à jusante de PL), como é possível identificar na Figura 16.

Figura 16 - Mapa dos pontos de coleta

PL - Ponto de lançamento do efluente tratado / P1 - Ponto de coleta a montante de PL / P2 - Ponto de coleta a jusante de PL

Fonte: autoria própria a partir de vista satélite do Google Earth®.

Com o auxílio de um balde e uma corda (Figura 17), as coletas foram feitas nos pontos P1 e P2 no Ribeirão Marmeleiro nos seguintes horários: 07h (antes do início do funcionamento da ETE), às 08h30 (após 1h de início das atividades da ETE), às 12h e às 18h (após 1h de encerramento das atividades da ETE). Utilizou-se de equipamentos de proteção individual (EPI) para que fosse evitada a contaminação biológica, através de luvas, jaleco e higienização das mãos sempre que necessário.

Figura 17 - Coleta de amostra no Ribeirão Marmeleiro.



Fonte: autoria própria.

Na indústria, utilizou-se de um balde de aço inoxidável para coletar amostras da entrada da ETE (afim de conseguir o efluente do fundo da caixa de gordura) e foram utilizados *beckers* de 400ml para coleta do efluente tratado no tanque de armazenamento.

4.3 Análises

Foram feitas análises de parâmetros físicos e químicos, com o auxílio de diversos equipamentos. Para a análise dos cátions e ânions os teores de Na^+ , K^+ , dureza ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), Li , Br , F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , foram determinadas nas águas superficiais e a ETE utilizando um Cromatógrafo tipo 930 *Compact IC Flex* da Metrohm® (Figura 18), analisando em até dois dias depois da data de coleta.

Para a análise cromatográfica foi feito primeiramente o equilíbrio do equipamento e preparado o adequado eluente para interagir com as amostras e promover a separação dos componentes desejados. Também foi colocada a coluna de acordo com os tipos de íons que seriam analisados (cátions ou ânions). Foi utilizado 100ml de cada amostra coletada para ser feita a análise, quantidade separada em um tubo de ensaio a temperatura ambiente. Nos casos onde as concentrações davam acima do limite considerável aceitável pelas instruções do equipamento, foram feitas diluições em água ultrapura, variando as proporções

de acordo com cada caso. Cada leitura durou cerca de 20 a 25 minutos e os dados foram dados pelo equipamento tanto em tabelas quanto em gráficos.

A temperatura da água, pH, condutividade e oxigênio dissolvido foram determinados “in situ” utilizando-se os seguintes medidores portáteis após a devida calibração: pHmetro WTW pH 315i, condutímetro WTW LF 330 com célula de condutividade TetraCon® 325 e oxímetro WTW Oxi 315i com sensor Cellox 325.

Outro parâmetro físico analisado foi a turbidez, com o auxílio de um turbidímetro portátil, Quimis®, modelo Q279P, em ambiente de laboratório.

Figura 18 - Cromatógrafo de íons.



Fonte: autoria própria.

Para identificar um último parâmetro físico, o odor, foi feita uma pesquisa em plataforma digital de formulários do Google®, divulgada apenas para moradores do bairro e trabalhadores das indústrias e comércios próximos ao trecho em questão do Ribeirão Marmeleiro.

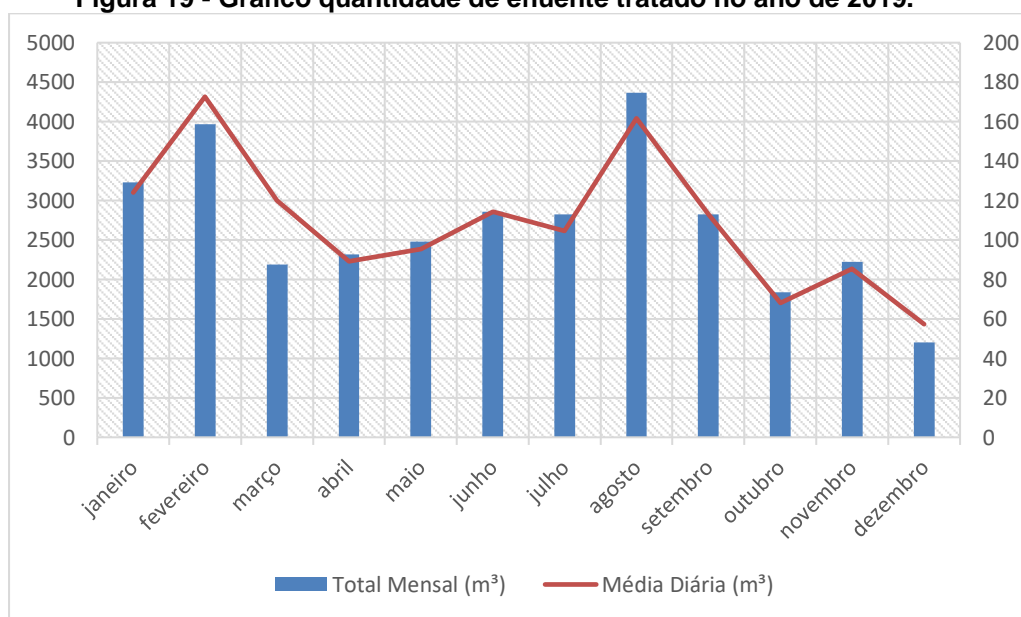
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 A ETE existente

A ETE analisada trata uma média de 12,09 m³ de efluente por hora através da técnica de lodos ativados. O horário de operação da ETE é de segunda à sábado das 8h às 17h, horário em que também ocorre o despejo contínuo do efluente tratado. Fora deste período de funcionamento da estação, o efluente gerado na fábrica é armazenado entre o poço de visita e a caixa de gordura. Eventualmente os horários podem ser alterados devido a feriados ou visitas na estação.

Há dois funcionários capacitados para operar a estação e fazerem análises químicas e físicas, as instalações da indústria contam com laboratório próprio para realizar análises diárias. Na Figura 19 é possível identificar as variações da quantidade de efluente tratado durante o ano de 2019.

Figura 19 - Gráfico quantidade de efluente tratado no ano de 2019.



Fonte: autoria própria.

Portanto, é possível ver que nos meses de maior cheia (janeiro e fevereiro) há uma maior quantidade de efluente tratado, também no mês de agosto houve grande quantidade provavelmente devido ao aumento da produção ou devido a limpezas técnicas realizadas pela empresa.

A água de abastecimento da indústria é oriunda de dois poços artesianos cujo recurso hídrico é retirado de um aquífero cristalino (Figura 20). O poço 1 tem uma vazão de 25 m³/h, já o poço 2 possui vazão de 20 m³/h. Conforme determinado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), ambos estão autorizados a serem usados todos os dias do mês, porém o poço 1 pode funcionar até 8 horas diárias e o poço 2 até 5 horas diárias.

Figura 20 - Poços artesianos de abastecimento da indústria. A: Poço 01 / B: Poço 02.



Fonte: autoria própria.

Todo o efluente da indústria é destinado ao Poço de Visita (Figura 21), que em situações ideais deveria ter em sua entrada um sistema de pré-gradeamento como tratamento primário, contudo não ocorre essa contenção dos resíduos grossos, aumentando a necessidade de manutenção em outros procedimentos como a caixa de gordura e o tanque de equalização.

Figura 21 - Poço de Visita (PV)



Fonte: autoria própria.

Caixa de Gordura

A operação da caixa de gordura (Figuras 22 e 23) impede que a gordura entre no sistema, afim de não provocar entupimento e colapso no tratamento, tendo volume de 12,50m³. É preciso condições de tranquilidade suficiente para permitir a flutuação do material. Dispositivos de entrada e saída convenientemente projetados para permitir ao afluente e efluente escoarem normalmente. A distância entre os dispositivos de entrada e saída é suficiente para reter a gordura e evitar que esse material seja arrastado com o efluente. Com condições de vedação suficiente para evitar o contato com insetos perigosos, roedores, etc. Como atualmente não ocorre o procedimento de pré-gradeamento, a caixa de gordura é super-utilizada, necessitando de manutenção e limpeza com maior frequência, ou seja, é preciso maiores investimentos em caminhão auto vácuo para realizar o jateamento.

Figura 22 - Caixa de Gordura ETE.



Fonte: autoria própria.

Figura 23 - Interior da Caixa de Gordura da ETE.



Fonte: autoria própria.

Há ainda o problema em que, sob altas temperaturas, a tendência é de que a gordura retida na caixa de gordura seja derretida e levada ao sistema de tratamento junto aos efluentes, ocasionando entupimentos no sistema.

Peneira Estática

A peneira estática (Figuras 24 e 25) é também onde se localiza a 1ª Bomba da ETE, mandando o efluente da caixa de gordura para a peneira, assim quanto mais resíduos a serem bombeados, mais manutenção haverá nesta bomba.

Figura 24 - Bombeamento do efluente da caixa de gordura para a peneira estática.



Fonte: autoria própria.

A Peneira Estática para efluente industrial possui vãos de 1mm e tem como principal objetivo promover a retenção de sólidos em suspensão presentes nos efluentes brutos. Portanto, resíduos maiores que 1mm ficam retidos na peneira, e por gravidade mandados para a caixa de coleta. A realização da limpeza desta caixa é executada a partir da retirada para carrinhos metálicos.

Figura 25 - Peneira Estática e carrinho para a limpeza da peneira.



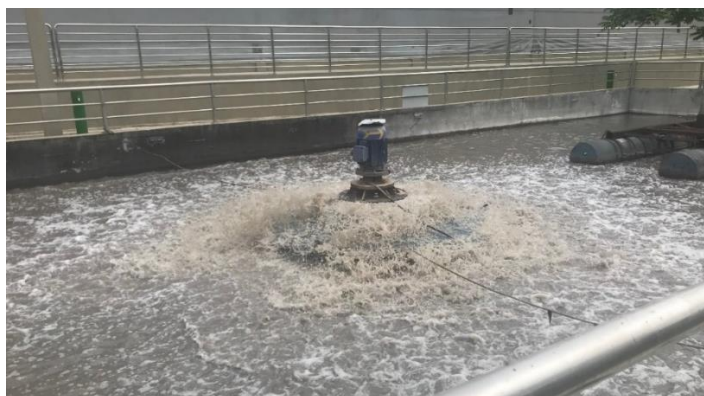
Fonte: autoria própria.

A tendência é de que a gordura derretida e levada ao sistema de tratamento junto com os efluentes, obstrua a passagem na peneira, causando o derramamento de resíduos no tanque de equalização.

Tanque de Equalização

O tanque de equalização (Figuras 26 e 27) serve para a homogeneização do meio líquido e minimização de “picos” de vazões existentes no início do Tratamento de Efluentes Industriais, sanitários e água bruta.

Figura 26 - Aerador do Tanque de Equalização (Volume de 300,00m³).



Fonte: autoria própria.

É necessário que se colete amostras do efluente bruto para caracterização 3 vezes diariamente (nos períodos de manhã, tarde e noite), traçando parâmetros acerca das principais características do efluente da indústria afim de evidenciar e quantificar óleos e graxas, e outros resíduos sólidos urbanos maiores (como garrafas *pets* e esponjas encontrados no tanque).

Figura 27 - Visão geral do tanque de equalização: misturador, aerador e peneira estática.



Fonte: autoria própria.

Sistema de Flotação

O processo de flotação é utilizado para separar partículas sólidas presentes no efluente na fase líquida após o tanque de equalização. O flotador por ar dissolvido (Figuras 28 e 29) é usado como pré-tratamento para o reator biológico, causando a redução de DBO, DQO, óleos, graxas e sólidos suspensos.

Para que sejam formados “flocos” que ficarão “flutuando” no sistema de flotação, um coagulante é utilizado, denominado PAC (Policloreto de Alumínio), aplicado por uma mangueira, como é possível ver na

Figura 28 – Local de aplicação do PAC no efluente do tanque de equalização



Fonte: autoria própria.

Figura 29 - Sistema de Flotação 1



Fonte: autoria própria..

O Ar comprimido é aplicado para que os flocos flutuem e um raspador conduz o efluente localizado abaixo dos flocos para um tanque (Figura 30), onde ocorre coleta de amostra para análise por funcionários da empresa.

Figura 30 - Tanque após flotador 1.



Fonte: autoria própria.

Pontos com acúmulos de sedimentos na lateral do tambor indicam necessidade de limpeza do sistema, para que não ocorra o arraste para o reator biológico, desencadeando entupimentos de tubulações e outros possíveis problemas, gerando gastos em manutenção e remediação.

Reator Biológico

O Reator Biológico para tratamento de efluentes (Figura 31) é do tipo aeróbio em função da presença de oxigênio para que ocorra a ação dos microrganismos para redução de poluentes orgânicos (DBO), Nitrogênio (N) e Fósforo (P). Um efluente é considerado passível de tratamento biológico quando a relação entre DQO e DBO é menor que 2 (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). O tratamento dos efluentes gera uma água com qualidade variável de acordo com a necessidade e legislação.

Figura 31 - Reator Biológico

Fonte: autoria própria.

Os parâmetros de qualidade, analisados diariamente pela empresa, no reator biológico são: Teor de sólidos, DBO, N-NH₄, NO₂/NO₃, Lodo, Teor de O₂, Microorganismos e Odor.

Decantador Secundário

É no decantador secundário (Figura 32) que ocorre o processo biológico onde o esgoto afluente, na presença de oxigênio dissolvido, agitação mecânica e pelo crescimento e atuação de micro-organismos específicos, forma flocos denominados lodo ativado ou lodo biológico. Essa fase do tratamento objetiva a remoção de matéria orgânica biodegradável presente no efluente.

Figura 32 - Decantador

Fonte: autoria própria.

Um importante produto utilizado no tratamento é o polímero, sua importância está ligada à capacidade de clarificação, removendo de grande parte da matéria orgânica sólida por meio da coagulação ou floculação das partículas em suspensão transformando-as em partículas maiores posteriormente removidas por decantação e flotação. Portanto, os polímeros aumentam a densidade das partículas promovendo uma decantação rápida e floculação do lodo, deixando-o de fácil remoção.

Sistema de Flotação 2

O sistema de flotação 2 (Figuras 33 e 34) é utilizado como prevenção caso o Sistema de Flotação 1 falhe. É aplicado após o decantador. Também é onde se localiza o 7º ponto de coleta de amostra para caracterização por meio da equipe técnica ambiental da indústria.

Figura 33 - Sistema onde ocorre a adição de PAC



Fonte: autoria própria.

Figura 34 - Sistema de Flotação 2



Fonte: autoria própria.

Produtos químicos

Há ainda um espaço para armazenamento de produtos químicos com acesso restrito aos funcionários devidamente qualificados para manusear os produtos utilizados no sistema de tratamento (Figura 35). O ambiente é ainda equipado com grades de contenção e proteção caso ocorra vazamentos, o departamento responsável pelo espaço promove ações de prevenção contra acidentes ocupacionais e ambientais na ETE.

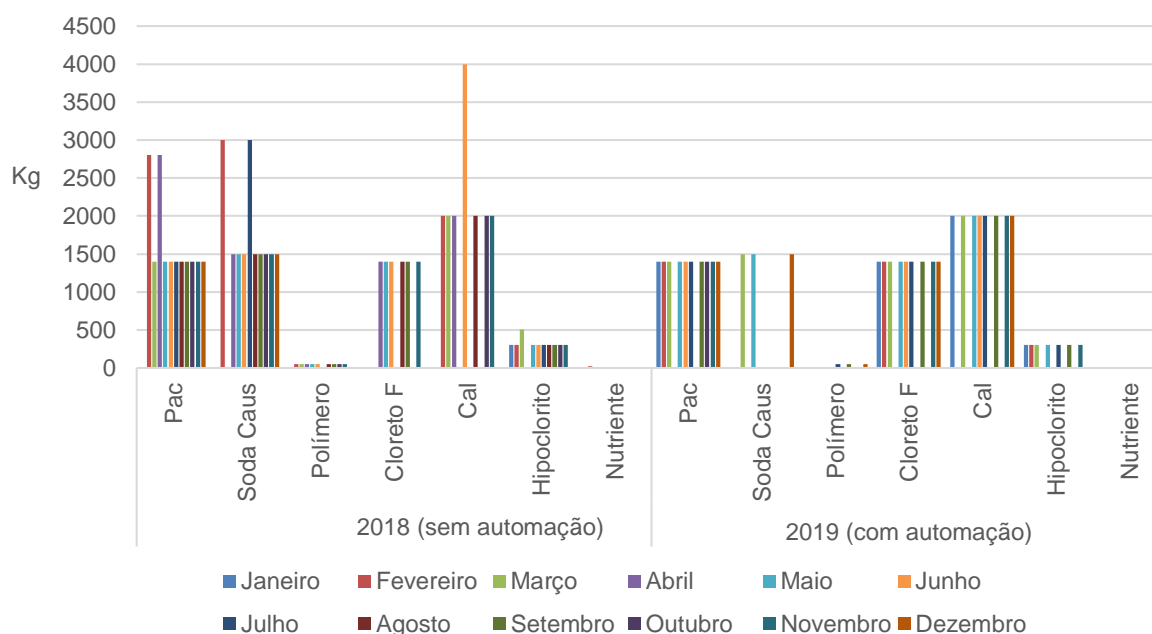
Figura 35 - Armazenamento dos produtos químicos



Fonte: autoria própria.

A dosagem de produtos químicos de forma manual pode ser feita com o auxílio de um balde para o despejo, expondo o trabalhador a riscos de contaminação e possíveis danos ergométricos por esforços repetitivos. Esta técnica foi utilizada durante o ano de 2018 pela empresa, contudo as análises dos investimentos previram que automatizar o sistema garantiria melhores condições ao tratamento do efluente, o que resultou em uma grande economia, passando a ser os investimentos totais em produtos químicos de R\$ 137.372,00 para R\$ 90.098,00 por ano, conforme é demonstrado no gráfico da Figura 36.

Figura 36 - Gráfico de consumo de produtos químicos no tratamento de efluentes



Fonte: autoria própria.

Assim, é possível identificar uma considerável redução de gastos principalmente em cal, PAC e soda caustica durante o tratamento.

Tanque de armazenamento de efluente tratado

Há dois tanques de concreto (Figura 37), onde ocorre o armazenamento do efluente tratado que é despejado diretamente no Ribeirão Marmeleiro. Contudo, há instalações na edificação já adaptadas para realizar o reuso do efluente tratado, que ainda não está sendo realizado devido à necessidade de outorga de reuso por parte do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Figura 37 - Tanques de armazenamento de água tratada.



Fonte: autoria própria.

Eventualmente peixes são colocados nos tanques de armazenamento do efluente tratado, os animais sobrevivem bem no ambiente, mas devido à necessidade de esvaziar os tanques para limpeza e manutenção, a prática não tem ocorrido com alta frequência.

Lodo

Outro ponto de coleta de amostra para caracterização por parte da empresa deve ser feito da torta do lodo, que é o resultado do desaguamento mecânico através de um equipamento popularmente chamado de “prensa” (Figura 38), ainda contendo uma quantidade significativa de água – muitas vezes até 70 a 80 % – mas, mesmo com esse teor de umidade já não se comportam como um líquido e podem ser manuseadas como um material sólido.

Figura 38 - Filtro prensa.



Fonte: autoria própria.

O descarte do lodo é feito para uma empresa que realiza a compostagem em Jundiaí, gerando um fertilizante de classe D que possui grande potencial em virtude das concentrações de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes e também pela capacidade de supressão de fitopatógenos presentes no solo (Efetividade do fertilizante orgânico classe D, 2013).

Figura 39 - Leiras em Jundiaí (SP) onde é destinado o lodo da ETE para compostagem.



Fonte: autoria própria.

Na Figura 39 é possível identificar que há uma impermeabilização do solo, para que não haja a contaminação do lençol freático pelo lodo. Há dois tipos de leiras para a compostagem: as aeróbicas e as anaeróbicas. Durante a visita técnica em Jundiaí também foi possível verificar o uso de cavacos de madeira (resultado do descarte de pallets pela mesma indústria estudada por esta pesquisa) para a aceleração do processo de decomposição nas leiras

anaeróbicas, enquanto as leiras aeróbicas recebem a ventilação através de dutos de ar comprimido instalados em sua parte superior.

5.2 Propostas implementadas na ETE

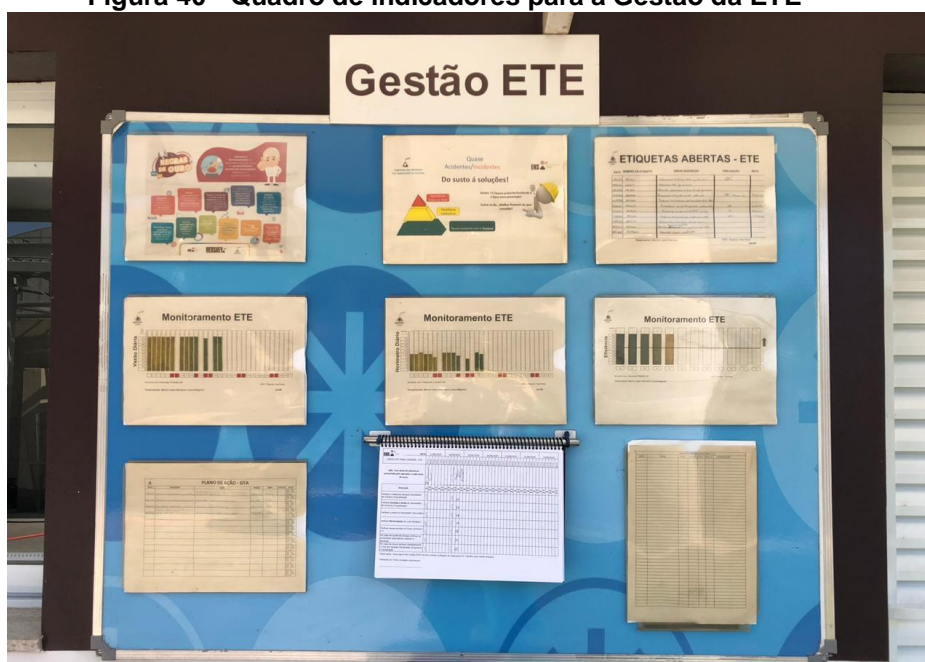
Gestão e monitoramento

Para gerenciar a operação da estação de forma fácil de ser aplicada e visivelmente nítida, foi criado um quadro de gestão da ETE, com os principais parâmetros a serem preenchidos diariamente, na cor verde se estiverem de acordo com a legislação vigente e em vermelho caso ocorra alguma interferência que não permita estar dentro do previsto.

O quadro metálico (Figura 40) permite que sejam utilizados sacos plásticos anexados a ímãs, o que facilita ainda mais a praticidade em se manusear no dia-a-dia, apresentar para um fiscal ou auditor em uma visita não agendada, ou ainda levar em uma reunião de gerenciamento.

Como é sabido, os indicadores de gestão são de grande importância para que sejam identificados pontos de possíveis melhoras ou aprimoramento, garantindo o aumento da eficiência do tratamento e reduzindo impactos negativos ocasionado pelo despejo do efluente tratado.

Figura 40 - Quadro de indicadores para a Gestão da ETE



Fonte: autoria própria.

Educação Ambiental

Para promover as boas-práticas ambientais realizadas pela empresa, frequentemente há eventos de educação ambiental, com atividades como a doação de fertilizantes (oriundos do lodo da ETE) para os funcionários e para a população local, acredita-se que seja uma forma de conscientizar acerca do potencial dos resíduos gerados por um tratamento de efluentes.

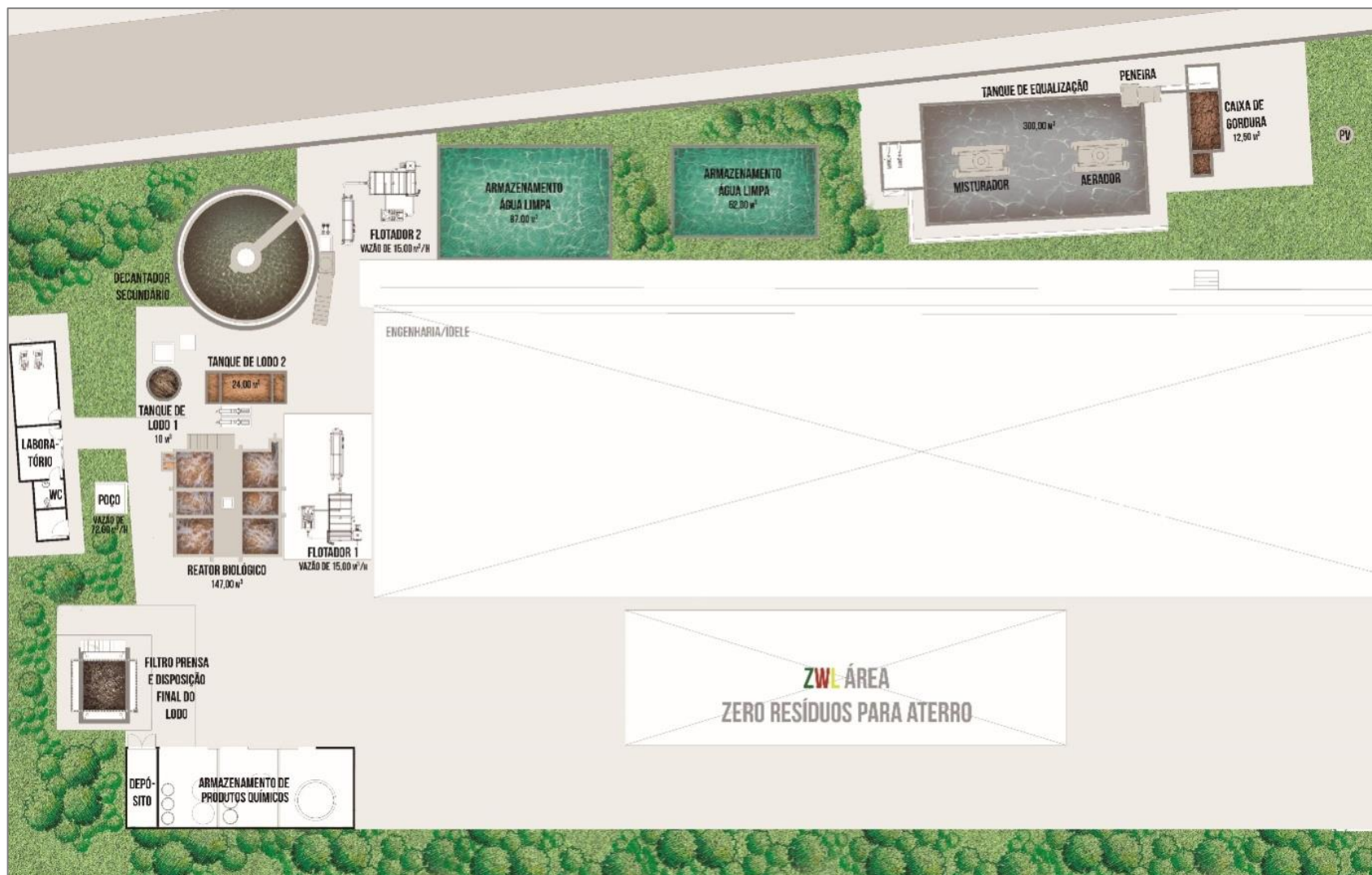
Como a empresa também abre a ETE a visitas técnicas guiadas para os funcionários e para a comunidade, foi elaborada a planta baixa de forma humanizada e ilustrativa, conforme se apresenta na Figura 41, afim de se ter melhor compreensão das instalações por estudantes visitantes ou colaboradores que não sejam exatamente da área de tratamento de efluentes e assim tenham dificuldades de compreensão de desenhos técnicos.

No canto superior direito da figura é possível identificar um pequeno círculo cinza, onde se encontra o poço de visita, ao lado está o tanque de equalização, vizinho aos dois tanques de armazenamento de água potável, sendo o tanque maior instalado junto ao lado do flotador 2.

Já na parte esquerda da imagem está bem no limite do lote as instalações do laboratório, próximo em forma circular um grande decantador, abaixo há dois tanques de lodo (um redondo e um retangular), e mais abaixo o reator biológico com seis compartimentos, ao lado do flotador 1.

No canto inferior esquerdo encontra-se o filtro prensa e a caçamba de armazenamento do lodo descartado, próximo à área de armazenamento de produtos químicos.

Figura 41 - Planta de Implantação da ETE.



Fonte: autoria própria.

5.3 Eficiência do tratamento e o despejo no Ribeirão Marmeleiro

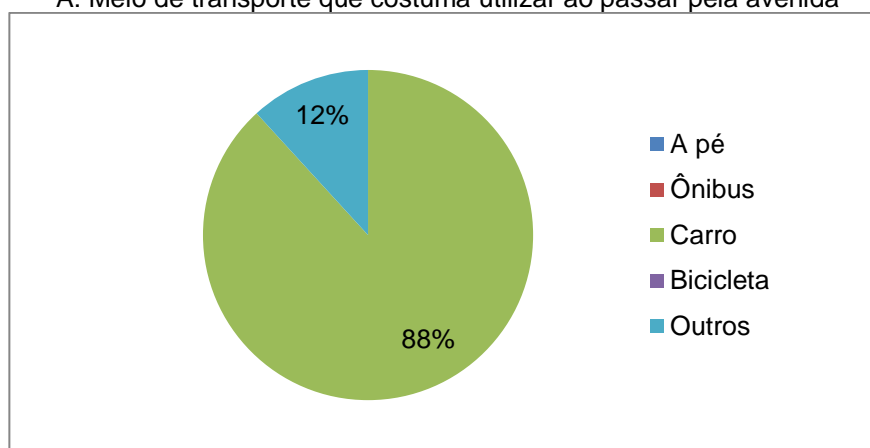
A tabulação de dados é fundamental para a compreensão do quanto da qualidade das águas que é comprometida com a descarga do efluente industrial tratado, afim de evidenciar efeitos do atual modelo de tratamento e possíveis intervenções para que ocorra uma melhora no ecossistema em que se interfere. Os parâmetros podem ser divididos em três grupos: físicos, químicos e biológicos. Este trabalho trata de analisar principalmente os parâmetros físicos e químicos.

5.3.1 Parâmetros físicos

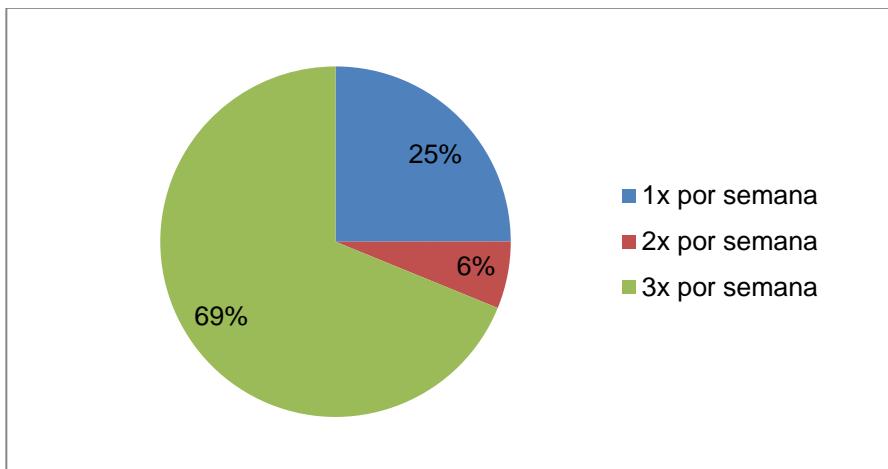
Um primeiro parâmetro a ser analisado é o odor. A ferramenta utilizada para quantificar esta característica foi um questionário com perguntas fechadas, distribuído em plataforma online para trabalhadores da indústria e moradores dos bairros limítrofes, obtendo um total de 17 respostas durante o período de 30 de Abril a 07 de Maio de 2020. Os resultados podem ser identificados nos gráficos abaixo (Figura 42 de A a E).

Figura 42 - Gráficos questionário sobre odor no Ribeirão Marmeleiro.

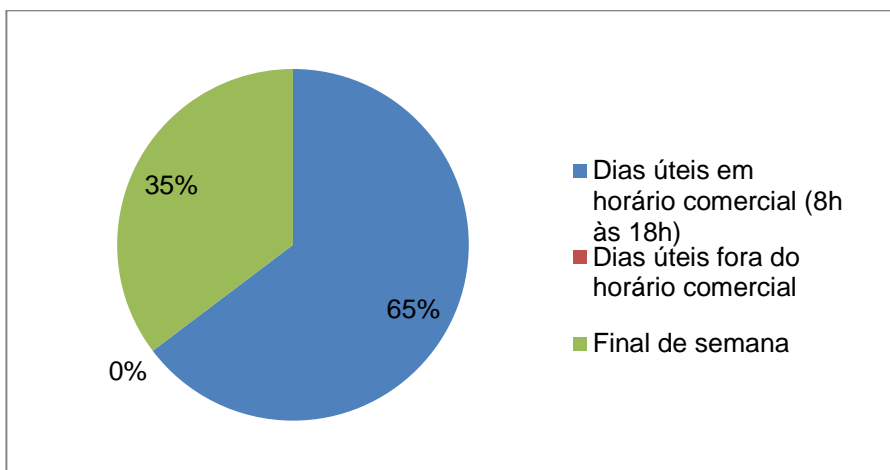
A: Meio de transporte que costuma utilizar ao passar pela avenida



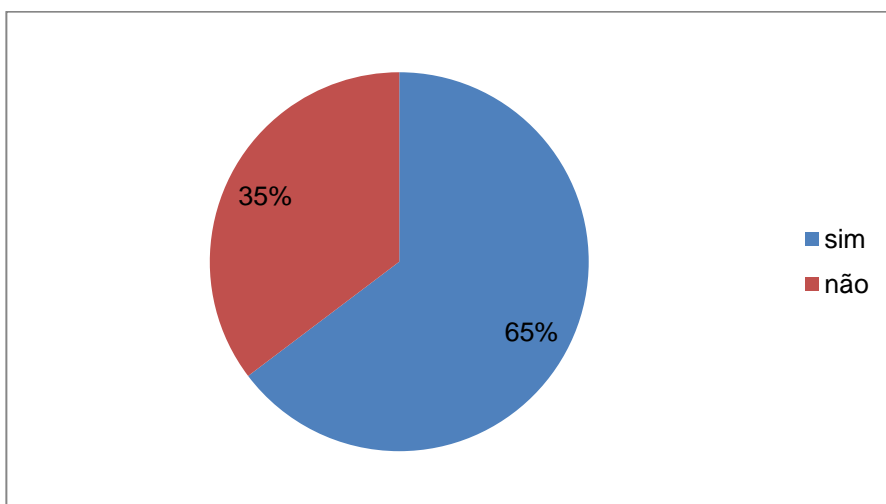
B: Frequência com que p assa na Avenida Prefeito Bernardino de Lucca



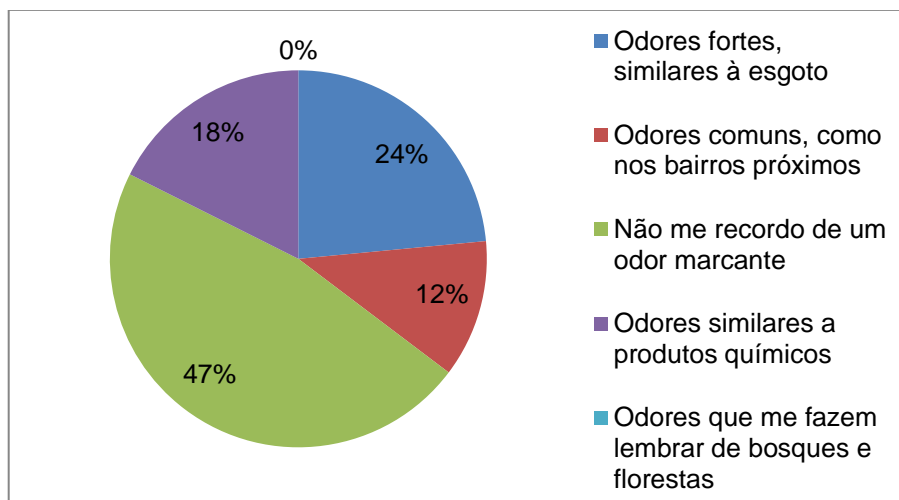
C: Horário com que passa na Avenida Prefeito Bernardino de Lucca



D: Existência de incômodos com odores na avenida



E: Memória afetiva em relação aos odores do Ribeirão Marmeleiro (em proximidade às indústrias)

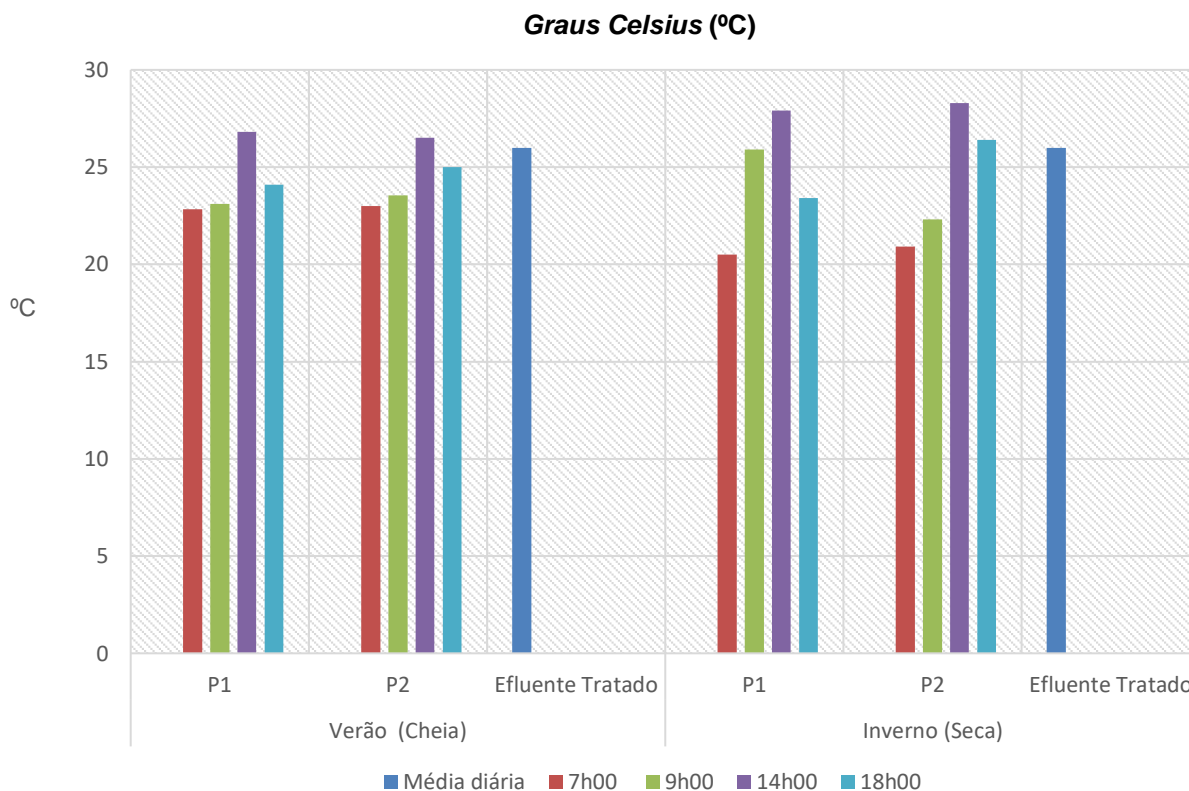


Fonte: autoria própria.

Assim, foram obtidas 17 respostas, sendo um bom número de amostragem que possibilita a identificação, através do gráfico, de que quase metade da população não possui uma memória afetiva de um odor marcante, contudo 23,5% declararam que se recordam de odores fortes, similares à esgoto. Também é interessante destacar que 35,3% se sentem incomodados com os odores na região, mesmo sendo a maioria (88,2%) passando de carro no trajeto.

Outro parâmetro analisado foi a variação de temperatura da água, esta é consequência tanto do regime climático natural, quanto das variações sazonais e diurnas (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). Como as medidas de temperatura em geral são tomadas na superfície do recurso hídrico, estas acabam por ser influenciadas por fatores como latitude, altitude, a estação do ano, período do dia, fluxo da água e profundidade. (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). Na figura 36 é possível ver o comportamento do Ribeirão Marmeleiro ao longo de um dia onde é realizado o lançamento do efluente tratado, e na Figura 43 também é possível identificar a variação de temperatura durante o processo de tratamento do efluente ao longo do ano de 2019.

Figura 43 – Gráfico de análise de temperatura ao longo do dia no Ribeirão Marmeleiro em



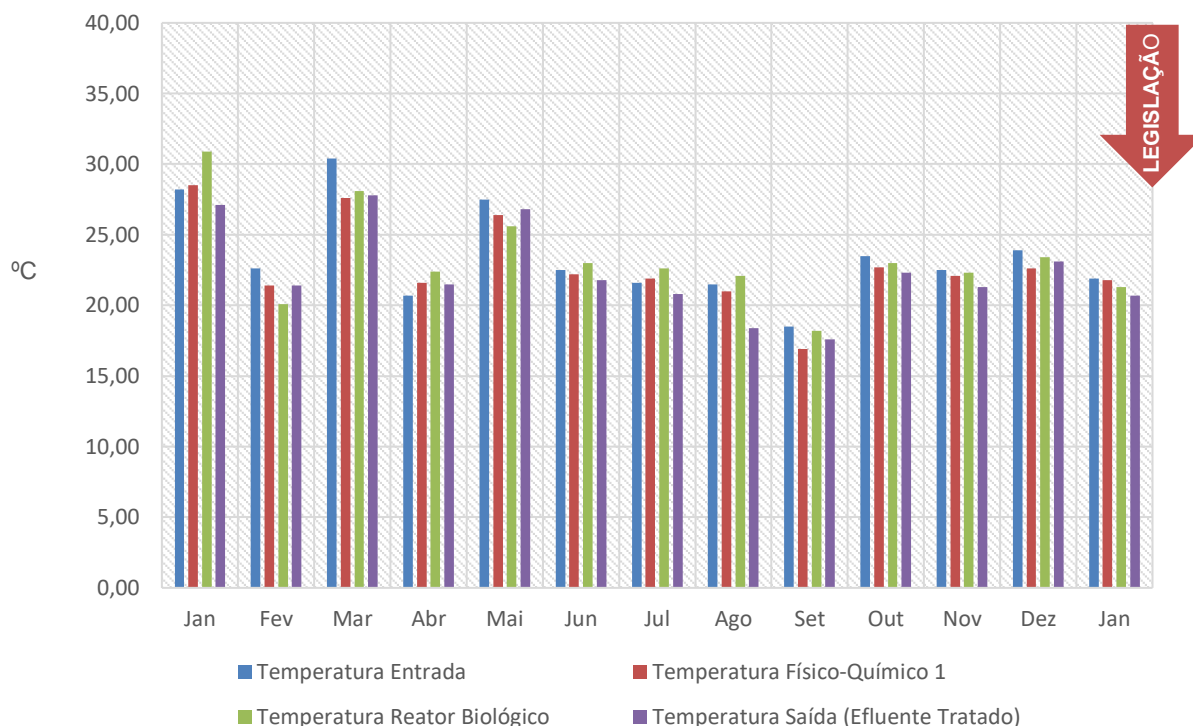
Fonte: autoria própria.

De acordo com o gráfico acima é possível concluir que o curso d'água em questão se comporta de maneira semelhante tanto no verão quanto no inverno, tendo momentos de temperaturas mais baixas no período da manhã, e de temperaturas mais elevadas no período da tarde, quando a incidência solar é maior. Há uma tendência de se ter uma água mais fria durante o inverno devido ao clima, principalmente por São Roque se tratar de um município de inverno ameno, contudo observa-se que o ponto onde houve registro das maiores temperaturas foi após o lançamento do efluente tratado no período do inverno.

Portanto, como ocorrem menos chuvas no inverno, há uma menor vazão no curso d'água e assim uma maior concentração dos poluentes, o que ocasiona elevadas temperaturas no ponto P2 – após o ponto de lançamento do efluente industrial tratado – mesmo em dias mais frios.

Em relação à temperatura ao longo do ano de 2019 (Figura 44), percebe-se uma tendência ao lançamento do efluente tratado com temperaturas mais baixas durante os meses de agosto e setembro, uma possível justificativa é o fato da produção ser menor nesses meses, gerando menor carga poluente a ser despejada.

Figura 44 - Gráfico de temperatura de Janeiro 2019 a Janeiro 2020 em Graus Celsius (°C)



Fonte: autoria própria.

Apesar de se mostrar dentro dos padrões impostos pela legislação vigente, o problema do lançamento de um efluente com temperaturas elevadas se dá devido ao fato da temperatura da água ser um dos fatores ecológicos mais importantes para os peixes, sendo que a tolerância a temperaturas extremas depende da espécie, do estágio de desenvolvimento e do período de aclimação a que foram submetidos os organismos (CETESB, 2020). Em estudos observacionais durante a coleta, não foi possível identificar nenhuma fauna no curso d'água (como aves, peixes ou pequenos anfíbios), destacando ainda mais a necessidade de requalificação ambiental do Ribeirão Marmeleiro.

O último parâmetro físico analisado foi a turbidez, que pode ser traduzida como a redução da transparência de um fluido em decorrência da presença de materiais em suspensão que interferem com a passagem da luz através do líquido, contudo alguns fatores podem influenciar nos valores da turbidez, como fortes chuvas tropicais que carregam sedimentos (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

“Em relação a esse parâmetro, é preciso considerar que as águas da maioria dos rios brasileiros são naturalmente turbas em decorrência da natureza geológica de sua bacia de drenagem” (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003, p. 57).

É importante se analisar valores de turbidez pois podem indicar lançamento de esgotos domésticos e efluentes de atividades industriais (CETESB, 2020). “A turbidez quando é alta afeta a qualidade da água, reduzindo a transparência e diminuindo a capacidade das plantas aquáticas de realizar a fotossíntese” também provocando a obstrução de guelras em peixes, danificando ovos e impactando na população de micro invertebrados (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003, p. 57).

Na Tabela 2 é possível identificar os valores de turbidez obtidos através da média anual das análises realizadas diariamente.

Tabela 2 – Média anual de turbidez no decorrer do tratamento do efluente

	Turbidez
Poço 1	0,49 NTU
Poço 2	0,30 NTU
Entrada ETE	818,21 NTU
Efluente Tratado	0,67 NTU
Limite para lançamento em cursos d'água*	1,00 NTU

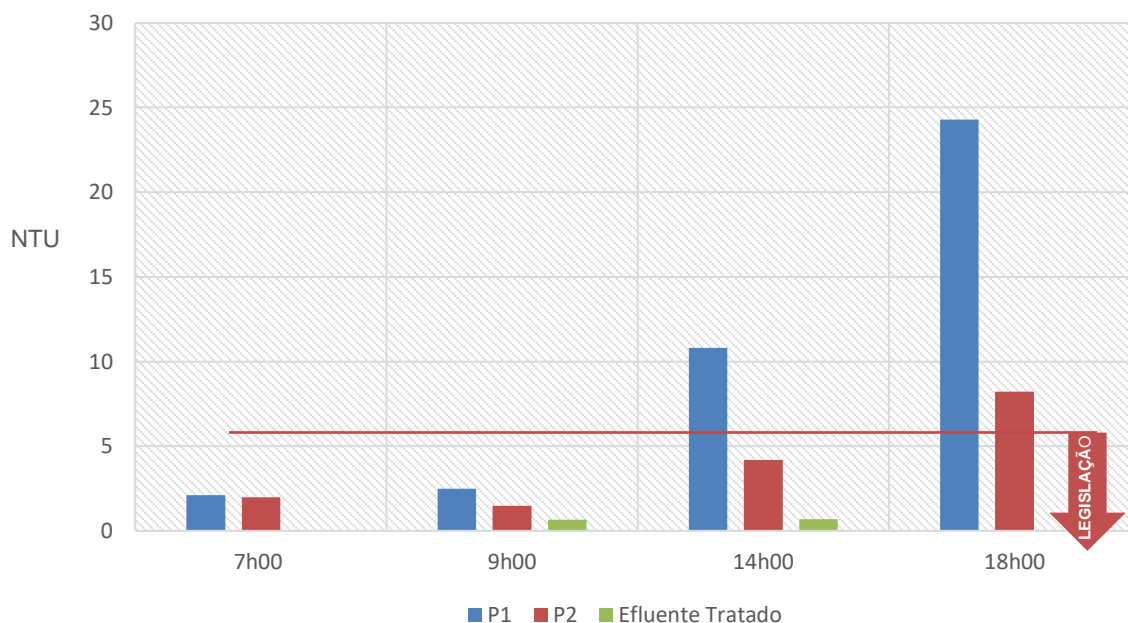
*Resolução CONAMA 430/2011

Fonte: autoria própria.

Assim, a partir desta tabela é possível ver que os valores de turbidez estão dentro dos limites impostos pela legislação vigente (Resolução CONAMA 430, de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes), não impactando negativamente no curso d'água em relação ao parâmetro de turbidez.

Para analisar se os padrões de turbidez do efluente tratado têm contribuído para a diluição das partículas no curso d'água, foram analisadas ao longo de um dia, em época de cheia, amostras do Ribeirão Marmeleiro (Figura 45).

Figura 45 - Gráfico de análise de turbidez do Ribeirão Marmeleiro ao longo do dia.



Fonte: autoria própria.

Na Figura 45, é possível verificar que, nos horários em que ocorre o lançamento do efluente tratado, há uma redução de cerca de 40% a 60% nos valores de turbidez entre o ponto de coleta antes do lançamento (P1) e o ponto depois da descarga (P2).

Entende-se por autodepuração o fenômeno de sucessão ecológica quando ocorre a reconstituição de um equilíbrio no meio aquático de forma natural, ou seja, o curso d'água tendendo a voltar a seu estado "normal" (VON SPERLING, 1996). É neste contexto que se têm uma interessante análise sobre a capacidade de autodepuração do Ribeirão Marmeleiro, pois antes do horário de início das atividades da ETE é possível ver uma redução de cerca de apenas 1,5% nas taxas de turbidez, já em outro horário após o encerramento das atividades da ETE as taxas são reduzidas em cerca de 70%, passando de 24,3NTU no ponto P1 para 8,22NTU no ponto P2.

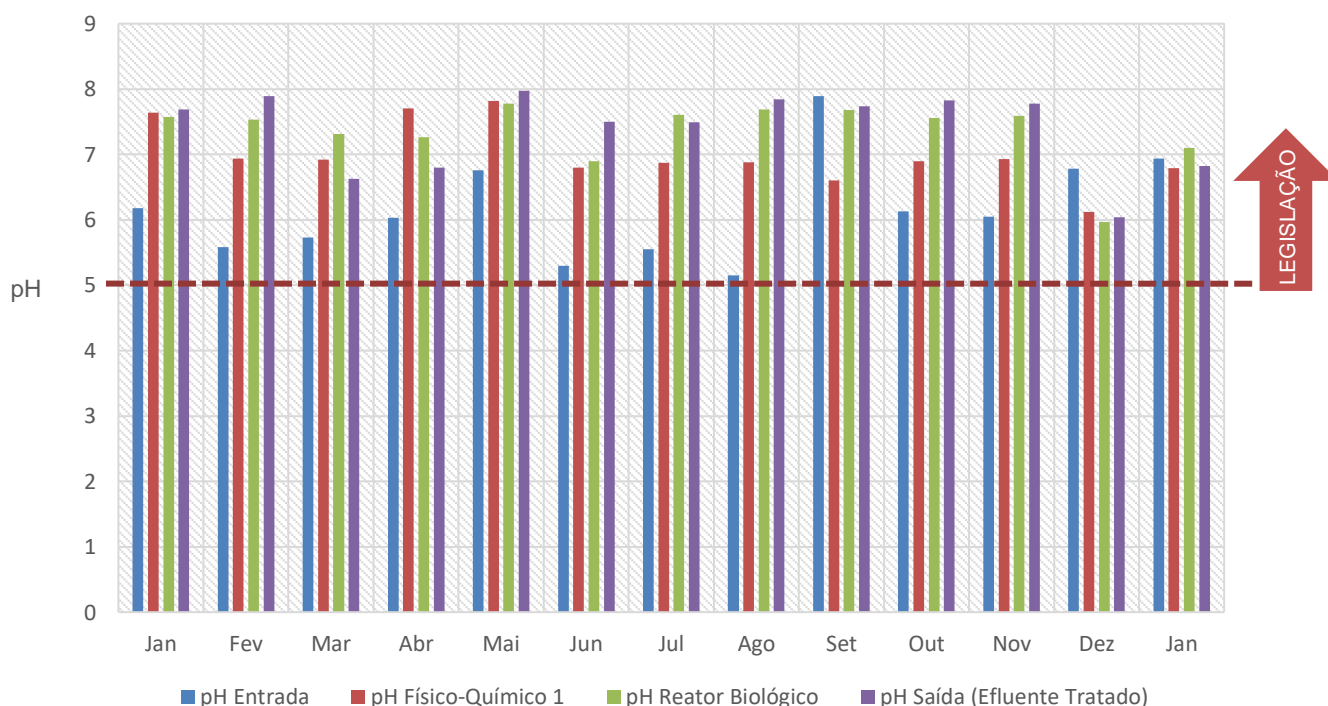
Uma possível hipótese é a de que após o horário comercial há um maior índice de pessoas usufruindo de suas residências, o que gera maior carga de efluente doméstico, supondo que o mesmo está sendo lançado no curso d'água, há o carregamento de partículas que comprometem a qualidade da água, aumentando inclusive a turbidez.

5.3.2 Parâmetros químicos

Os parâmetros químicos são necessários para a análise de qual tipo de poluição está presente na água (principalmente a poluição orgânica), sendo os mais utilizados o potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica por oxigênio (DBO) e demanda química por oxigênio (DQO) (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

O pH é uma escala que mede o grau de acidez ou alcalinidade de uma substância, podendo variar de 0 a 14, sua determinação se dá pela concentração de íons de Hidrogênio (H⁺). Quanto menor o pH, mais ácida a substância, pois maior é a concentração de íons H⁺ e menor a concentração de íons OH⁻, sendo o inverso disso denominado de substância alcalina (VON SPERLING, 1996). No gráfico apresentado na Figura 46 é possível verificar a variação dos valores de pH obtidos ao longo do processo de tratamento de efluentes da indústria estudada.

Figura 46 - Gráfico de análise de pH de Janeiro de 2019 a Janeiro de 2020



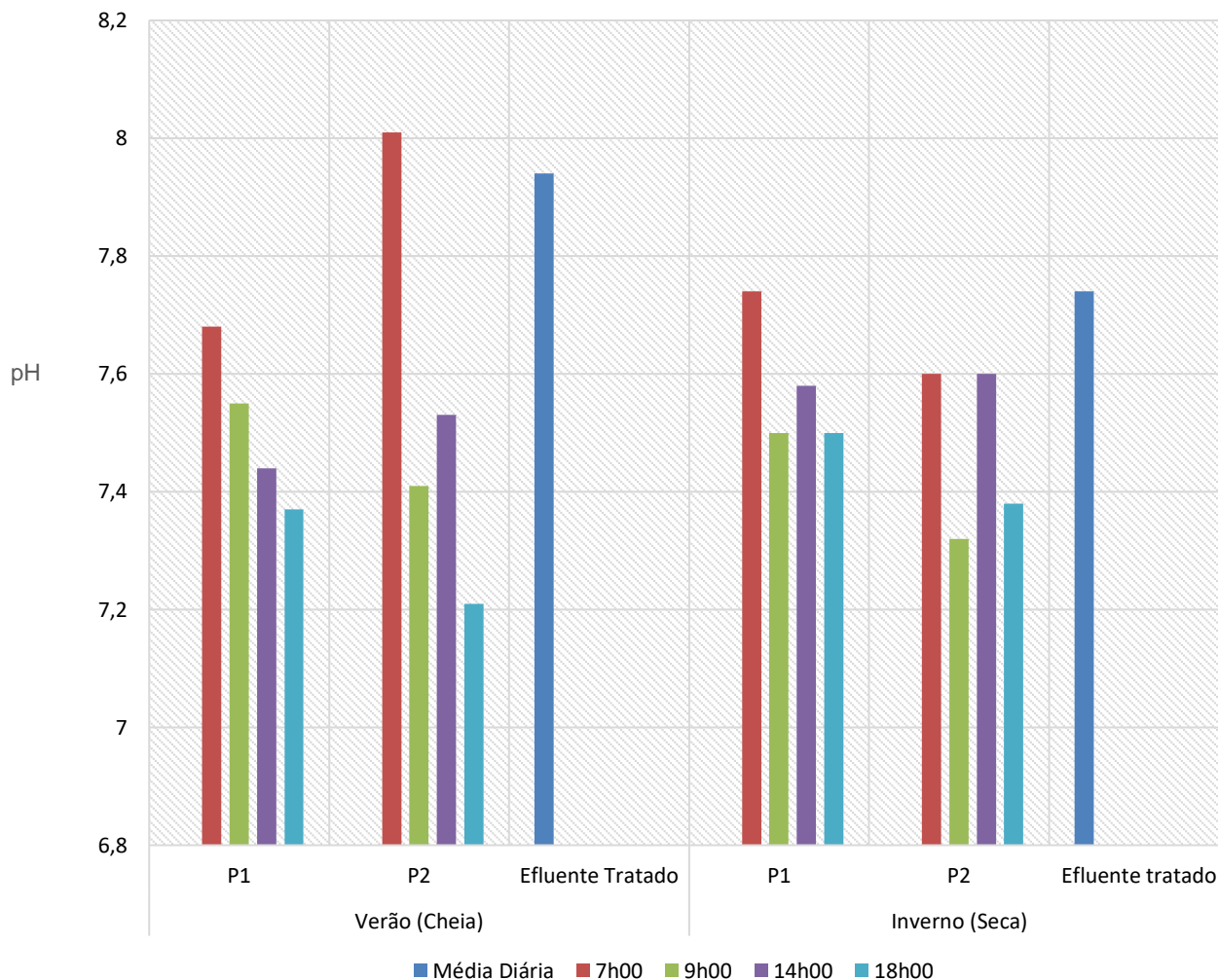
Fonte: autoria própria.

Através da leitura do gráfico é possível perceber que na maior parte do ano os valores de pH ficam próximos a 7, o que é considerado um pH neutro, estando dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente e sem impactos extremos ao meio ambiente. Destaca-se ainda que o pH de entrada no sistema

de tratamento de efluentes costuma ser mais ácido (valores menores), e que ao longo do tratamento, com a dosagem química e as reações biológicas, é neutralizado até ficar com valores entre 6 e 8.

Na Figura 46 é possível identificar que há também variações ao longo do dia, antes e depois do ponto de coleta.

Figura 47 – Gráfico de análise de pH ao longo do dia no Ribeirão Marmeleiro

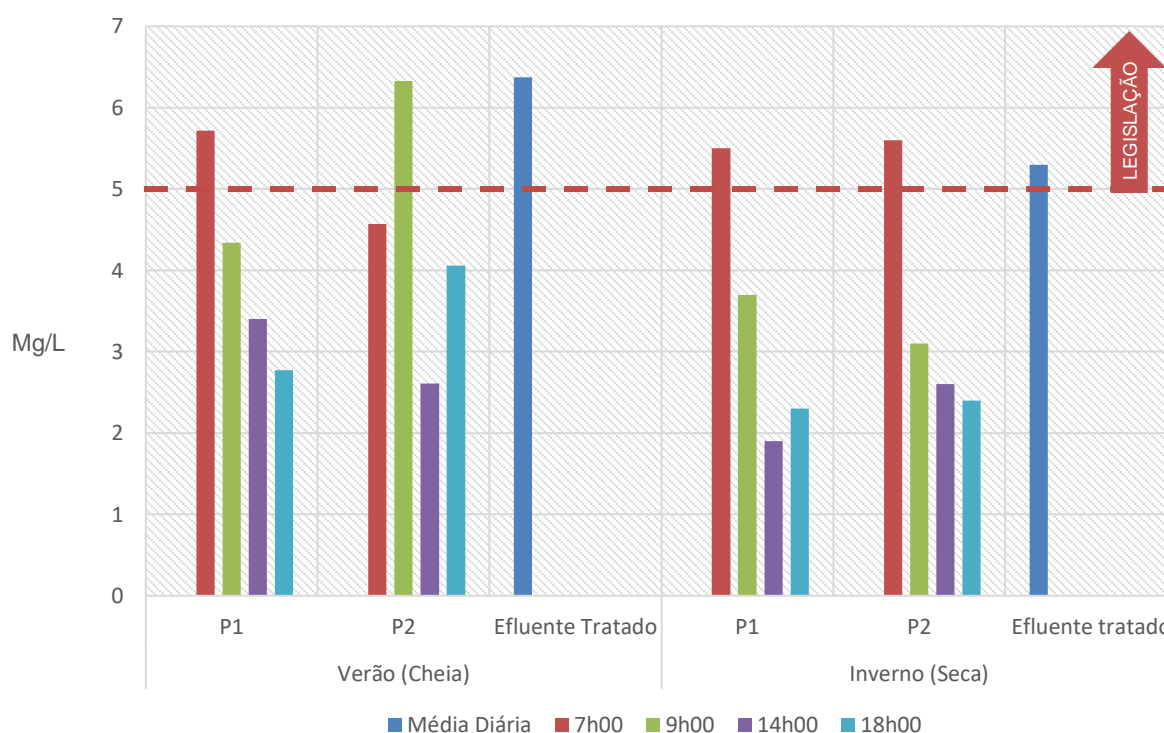


Fonte: autoria própria.

Percebe-se que os valores do efluente são maiores do que aqueles identificados no curso d'água, contudo os valores do ponto de coleta após o lançamento do efluente, em relação ao ponto de coleta antes do despejo, são menores, o que indica que a fonte de maior poluição certamente está antes da indústria estudada. Também é possível concluir a boa capacidade de resiliência do ribeirão em relação ao parâmetro de pH.

Há ainda um parâmetro tradicionalmente utilizado na determinação do grau de poluição e de autodepuração dos rios: o oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996). Em seu teor, expresso em concentrações de miligramas por litro (mg/L), é possível quantificar e prever déficits na disponibilidade de oxigênio ocasionadas pela descarga de águas residuais (SARDINHA et al., 2008). Com relação ao oxigênio dissolvido, foram obtidos os valores identificados no gráfico apresentado como a Figura 48.

Figura 48 – Gráfico de análise de Oxigênio Dissolvido ao longo do dia no Ribeirão Marmeleiro em mg/L.



Fonte: autoria própria.

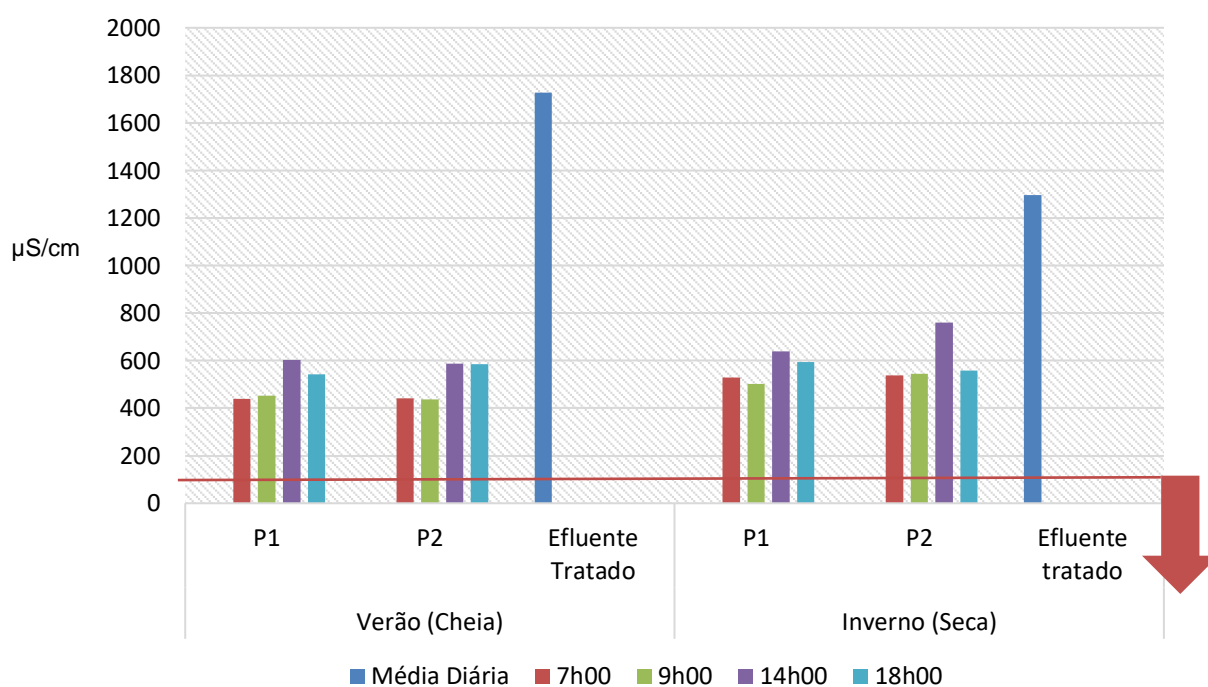
Desta forma, é possível concluir a partir do gráfico que os níveis de oxigênio dissolvido (OD) do efluente tratado são maiores do que aqueles encontrados na maior parte do dia no rio. Em época de cheia, no horário de funcionamento da ETE, primeiramente os níveis de OD aumentaram de P1 para P2 no período da manhã, mas diminuíram no período da tarde. Já em época de seca, primeiramente diminuíram no período da manhã e depois aumentaram no período da tarde.

Assim, sugere-se que há muitas cargas poluidoras sendo descarregadas no Ribeirão Marmeleiro, sendo insuficiente a vazão de lançamento de efluente

tratado da indústria estudada para que ocorra grandes modificações nesse parâmetro.

Um último parâmetro químico constatado *in loco* foi o de condutividade elétrica da água. “Em geral, considera-se que, quanto mais poluída estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral” (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003, p.56). Para águas naturais o limite estabelecido pela legislação é de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, contudo é possível identificar na Figura 49 que não há momento que o curso d’água esteja dentro desta legislação.

Figura 49 - Gráfico de análise de Condutividade ao longo do dia no Ribeirão Marmeleiro em $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Fonte: autoria própria.

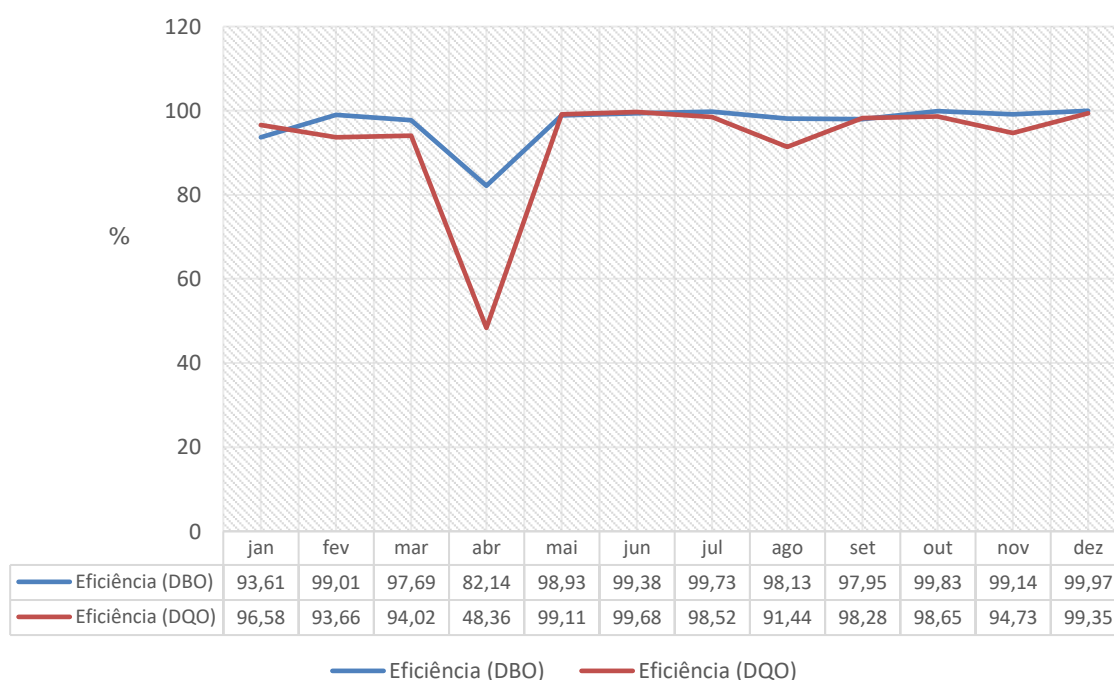
Portanto, identifica-se que, apesar dos números de condutividade elétrica do efluente tratado estarem dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA, a taxas ainda são muito elevadas, principalmente devido aos íons presentes nos produtos químicos utilizados no tratamento, e seu lançamento no curso d’água pode comprometer toda a qualidade do ecossistema. Uma interessante solução é diminuir a quantidade de produtos químicos, sendo benéfico tanto para a indústria que reduz os gastos, quanto para o meio ambiente.

Além dos parâmetros já citados, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO) também são necessárias para realização de uma análise sobre a poluição orgânica da água, portanto “as medidas de DBO

e DQO são utilizadas para medir o conteúdo de matéria orgânica na água através da medição do consumo de oxigênio” (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003, p.75).

A CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) utiliza valores de DBO como forma de classificar se as águas são limpas ou poluídas, sendo as águas com teores de DBO inferiores a 4mg/L mais limpas e as águas com teores maiores que 10mg/L definidas como poluídas (CETESB, 1995). Desta forma, considera-se a DBO um excelente índice para indicar a eficiência de uma ETE, ao se comparar a DBO do esgoto bruto com a do efluente final, como é possível identificar na Figura 50.

Figura 50 – Gráfico de eficiência (%) DBO e DQO da ETE durante o ano de 2019.



Fonte: autoria própria.

Os resultados mostraram que há uma tendência de se manter altos índices de eficiência por parte da empresa, sendo predominantemente maior que 90% na maior parte do ano, havendo apenas uma divergência - no mês de abril – certamente em decorrência de alguma falha técnica ou evento adverso isolado no dia da coleta.

Portanto, é possível concluir que os índices detectados se encontram sempre dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, a Resolução CONAMA 357/2005. Destaca-se ainda que mesmo em épocas em que ocorreram

imprevistos na operação da ETE, o detectado ainda estava adequado, mostrando a boa eficiência dos operadores e dos equipamentos na resolução de problemas.

Cromatografia

A cromatografia líquida de alta eficiência é uma técnica analítica que auxilia na detecção de cátions e ânions em uma amostra, é uma tecnologia considerada bem recente por ter sido iniciada em 1950 e aprimorada no século XXI, atendendo à demanda de análises mais rápidas sem comprometer a qualidade das informações adquiridas (MALDANER; JARDIM, 2009).

Os dados obtidos para análises de íons nas amostras coletadas no período de seca (inverno) podem ser encontrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração de íons (mg/L) - Coleta período de seca

	ETE		P1				P2				
	Entrada	Saída	7h	9h	14h	18h	7h	9h	14h	18h	
Ânions	Fluoreto	1,87	41,70	0,08	1,01	0,98	1,02	1,21	0,19	0,99	1,02
	Cloreto	2183,47	228,60	22,58	25,67	25,94	27,02	26,93	4,96	50,21	30,11
	Brometo	0,89	0,17	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	ND	0,11	0,36
	Nitrato	0,86	0,02	77,02	1,16	0,42	0,08	48,63	2,40	0,74	ND
	Sulfato	13,42	30,00	7,43	11,37	18,10	19,74	12,19	1,61	14,51	15,67
	Fosfato	69,96	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9,29	ND
Cátions	Lítio	ND	0,03	ND	0,03	ND	ND	0,04	0,02	ND	ND
	Sódio	953,00	458,46	30,87	22,36	7,35	7,16	4,30	24,97	10,76	1,12
	Potássio	33,40	45,98	14,61	12,13	2,27	3,41	1,26	7,12	2,21	0,27
	Cálcio	308,10	175,26	71,22	45,76	9,22	8,68	9,09	50,75	11,48	1,68
	Magnésio	43,60	51,64	14,41	4,50	1,14	2,35	2,05	11,64	3,05	0,35

ND = Não detectável.

Fonte: autoria própria.

Em relação aos ânions no período de seca, constata-se que em todos os casos há uma redução significativa entre os valores de entrada e saída da ETE, com exceção dos Sulfatos, principal responsável por comprometer os odores e sabores da água (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). A justificativa é o uso da soda caustica no tratamento do efluente, servindo para controlar o pH e como alcalinizante para que ocorra a formação dos flocos (sendo usada em conjunto com o PAC), podendo elevar as concentrações de sulfatos constatadas.

O fluoreto é um dos ânions com maior taxa de concentração no efluente tratado, contudo não está presente em altas concentrações no ribeirão, o que indica o alto poder de diluição e resiliência do curso da água em relação à este

íon. Sabe-se que é importante a presença de flúor em água potável, contudo alto teor pode ocasionar problemas de saúde, principalmente na população mais jovem, como crianças, afetando a qualidade dentária (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

Já nos pontos de coleta do Ribeirão Marmeleiro, é possível identificar altos teores de cloreto e nitrato no período anterior ao funcionamento da ETE, e em áreas tanto antes quanto depois do ponto de lançamento do efluente tratado. Assim, as presenças destes íons podem indicar a presença da poluição doméstica por falta de adequada rede de saneamento aos bairros limítrofes.

Em relação ao cloreto, é importante realizar o seu monitoramento, pois este influencia sobre as características dos ecossistemas aquáticos, ao ocasionar alterações na pressão osmótica das células dos microrganismos (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). Ressalta-se ainda que o há o uso do cloreto férrico no tratamento utilizado na indústria, afim de agir como coagulante do lodo, mas não sendo justificativa aos altos índices constatados no curso da água em horários divergentes do período de funcionamento da ETE.

Já o nitrato geralmente está associado a fontes pontuais de poluição por efluentes industriais (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003), contudo a constatação dos maiores índices de concentração deste ânion se dá em períodos que não ocorrem o despejo do efluente tratado por parte da indústria, e desde pontos anteriores ao lançamento. Outra possível origem para esta poluição é a seu uso em atividades agrícolas, graças ao seu alto poder de lixiviação, e sua presença em esgoto doméstico, devido a sua presença nos dejetos humanos (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

Outro íon constatado ainda foi o brometo, cuja concentração não se apresenta com altos teores, mas que trazem preocupações à Organização Mundial de Saúde (OMS), em decorrência de seu carácter cancerígeno, mesmo a poucos níveis (GONÇALVES et al., 2004). Considerando que os índices de brometo constatados no efluente tratado (saída ETE) é relativamente baixo, e que no curso d'água se mantém valores médios constantes, a mais provável hipótese da origem deste ânion é a ozonização utilizada no tratamento da água que abastece a comunidade.

Por último dos ânions, o fosfato é um importante elemento a ser analisado quando se trata de qualidade de água, pois altos teores podem indicar problemas

de eutrofização do meio aquático (LIMA, 2018). Destaca-se aqui a alta eficiência da ETE em se reduzir os fosfatos constatados no efluente de entrada à um índice ND (não detectável). Sendo assim, o constatado no curso d'água, não é oriundo da empresa, mas sim de outras atividades possivelmente relacionadas ao uso de produtos de limpeza.

Com relação aos cátions identificados na cromatografia, as concentrações de lítio apresentam-se em teores muito baixos, tanto na ETE quanto no curso d'água, sendo o adequado para não ser considerado uma ameaça à qualidade de vida dos seres vivos.

Já o sódio, apresenta-se em concentrações elevadas na ETE devido ao uso da soda cáustica no tratamento, conforme já citado. Contudo os altos teores no ribeirão já são constatados desde períodos anteriores ao despejo do efluente tratado, sendo potenciais indicadores de outras fontes de poluição pelo despejo de produtos químicos.

O potássio apresentou-se de modo relativamente constante no curso d'água, sendo diminuída a sua concentração de P1 para P2 em todos os períodos do dia. Este elemento é um interessante indicador da tendência da salinização de rios e córregos, influenciando sobre o crescimento e capacidade de absorção de nutrientes por parte dos seres vivos presentes (SANTOS et al., 2009).

O cálcio é utilizado no sistema de tratamento com a finalidade de auxiliar na coagulação, ao elevar a dureza das tortas do lodo e aumentar o pH, também facilita a liberação de água contida no lodo (VON SPERLING, 1996). É devido a este fato que este elemento se encontra em altas concentrações no efluente tratado. Por outro lado, no P1 às 7h foi constatada a maior concentração de cálcio no Ribeirão Marmeleiro, indicando fontes poluidoras antes mesmo do início das atividades da ETE.

Níveis altos de magnésio foram constatados na ETE, e este esteve presente na água com valores mais expressivos em P1 às 7h e P2 às 9h. Não tendo então nenhuma garantia da concentração estar relacionada ao lançamento feito pela fábrica. É válido ressaltar que o CONAMA não estabelece limites para esse material na água.

Por outro lado, é importante também realizar análises em períodos que os índices pluviométricos estão mais elevados, pois podem apresentar as concentrações de modo mais diluído do que em épocas de seca. Os dados

obtidos para análises de íons nas amostras coletadas no período de cheia (verão) podem ser encontrados na Tabela 4.

Destaca-se que os íons de nitrato e lítio, que foram constatados no período de seca, não aparecem em níveis capazes de serem detectados pelo equipamento, sendo portanto representados na tabela como ND, ou seja, não detectável.

Já os cátions de amônio, que não apareceram nas amostras das coletas feitas no inverno, puderam ser constatados no período de cheia em todos os pontos de coleta do rio e também na entrada da ETE.

A amônia é um interessante elemento a ser analisado pois seus derivados são muito utilizados como fertilizantes na agricultura e também como componentes de alguns produtos de limpeza (CETESB, 2017). Apesar de ser facilmente biodegradável, já que as plantas podem absorver com facilidade, quando suas concentrações aparecem elevadas pode vir a causar danos no transporte de oxigênio, intoxicando os seres vivos (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

Tabela 4 - Concentração de íons (mg/L) - Coleta período de cheia

	<i>ETE</i>		<i>P1</i>				<i>P2</i>				
	<i>Entrada</i>	<i>Saída</i>	<i>7h</i>	<i>9h</i>	<i>14h</i>	<i>18h</i>	<i>7h</i>	<i>9h</i>	<i>14h</i>	<i>18h</i>	
<i>Ânions</i>	Fluoreto	ND	0,30	0,47	0,46	0,48	0,55	0,50	0,48	0,51	0,52
	Cloreto	118,60	520,20	19,56	21,14	38,66	34,73	47,34	21,66	38,44	45,48
	Brometo	ND	0,12	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Nitrato	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Sulfato	5602,50	1,39	10,37	10,73	22,28	19,58	11,86	10,68	18,00	19,27
	Fosfato	32,40	ND	0,93	1,24	3,84	1,19	1,11	0,65	1,64	1,29
<i>Cátions</i>	Lítio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Sódio	29,20	223,20	17,04	17,92	28,58	29,23	18,95	16,35	31,03	34,03
	Potássio	0,03	7,43	5,63	5,99	13,98	8,72	22,35	5,14	11,43	7,64
	Cálcio	132,20	65,50	46,81	47,11	47,10	46,31	46,86	48,24	48,50	49,92
	Magnésio	9,20	17,00	10,74	10,59	11,66	11,06	11,15	11,36	11,96	12,33
	Amônio	5,40	ND	4,17	5,48	11,55	7,93	3,27	3,62	10,12	7,80

ND = Não detectável

Fonte: autoria própria.

Quando comparado aos dados do período de seca, vê-se que as concentrações de fluoreto se apresentam com teores mais reduzidos, podendo ser justificada pelo aumento da vazão do curso d'água em razão do índice pluviométrico ser maior no verão.

Já os cloretos se apresentam, na maioria dos pontos, com valores superiores aos constatados no inverno. Os dois momentos onde é possível identificar uma constante entre P1 e P2 é justamente no horário em que há o funcionamento da ETE, eliminando então a hipótese de haver o aumento da concentração de P1 para P2 em virtude do lançamento do efluente industrial tratado. Acredita-se que há uma forte descarga de poluição doméstica para justificar as altas taxas observadas no córrego, mas como uma fonte de poluição difusa, já que não foi possível identificar visualmente nenhum ponto de despejo específico na área.

Acerca do íon brometo, assim como no período de inverno, a concentração não se apresenta com altos teores.

As concentrações de sulfato se mantiveram semelhantes ao constatado no período de seca, sendo pouco mais diluídas apenas. Já os fosfatos, que pouco foram constatados no período de seca, aparecem em maiores concentrações, principalmente no ponto de coleta anterior ao ponto de lançamento do efluente tratado, ou seja, P1 às 14h.

Em relação ao sódio presente, novamente altos teores foram constatados na saída da ETE, justificados pelos produtos químicos utilizados. Contudo houve um significativo aumento na maioria dos pontos de coleta do ribeirão, tanto antes quanto depois do despejo pela indústria em questão. Sendo portanto impossível de se atribuir o aumento da concentração deste elemento somente em virtude do lançamento do efluente tratado.

O potássio e o cálcio também apresentam grandes divergências em relação aos dados apresentados na Tabela 3, não seguindo uma tendência de acordo com o ponto de coleta ou horário de coleta, podendo, portanto, tanto aumentar quanto reduzir conforme a variação de horário, ponto e época de coleta.

Por fim, o magnésio apresenta-se com valores menos de concentração na maioria dos pontos de coleta do período de cheia, podendo também ser justificado pelo aumento dos índices pluviométricos, diluindo a concentração deste elemento em água.

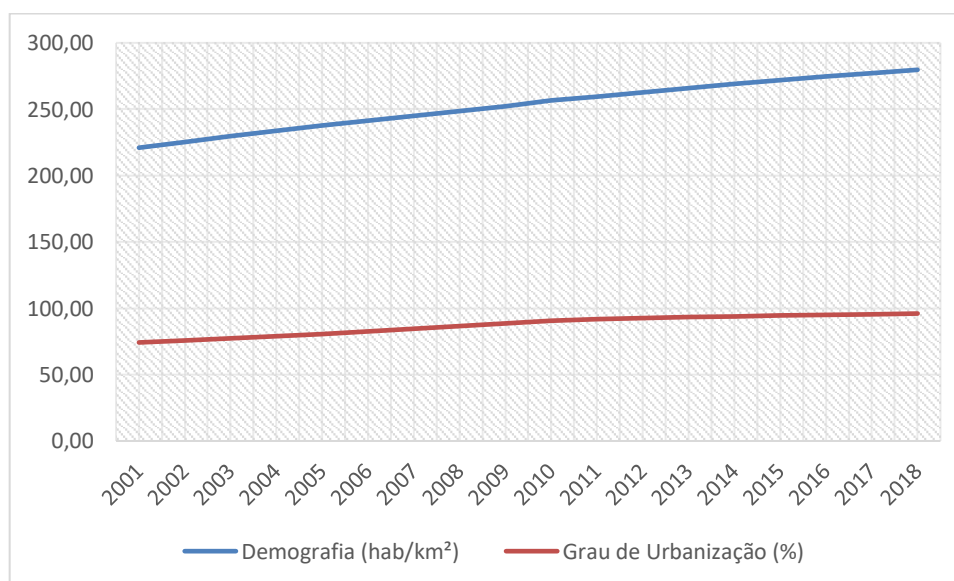
5.4 Perspectivas futuras

Com o êxodo rural e o crescimento populacional dos centros urbanos consolidados, como é o caso do município de São Roque (exemplificado na Figura 51), a demanda por água para o desenvolvimento de atividades humanas tende a aumentar, já que é um recurso essencial para a manutenção da vida, contudo a “quantidade de água potável ou de água que possa ser utilizada para satisfazer esses diversos tipos de finalidades não” (LEONETTI et al., 2011).

No século passado, desde a década de 1950 até o seu final, o investimento em saneamento básico no Brasil ocorreu pontualmente em alguns períodos específicos, com um destaque para as décadas de 1970 e 1980, quando existia um predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade (LEONETTI et al., 2011, p. 333).

Assim, apesar do déficit da coleta e tratamento de esgoto existente no município de São Roque, sabe-se que há instrumentos previstos por políticas públicas para combater a poluição e preservar as águas, tendo grande atenção governamental, com uma possibilidade significativa de recursos a serem investidos (SNIS, 2020).

Figura 51 - Análise de demografia x grau de urbanização no município de São Roque



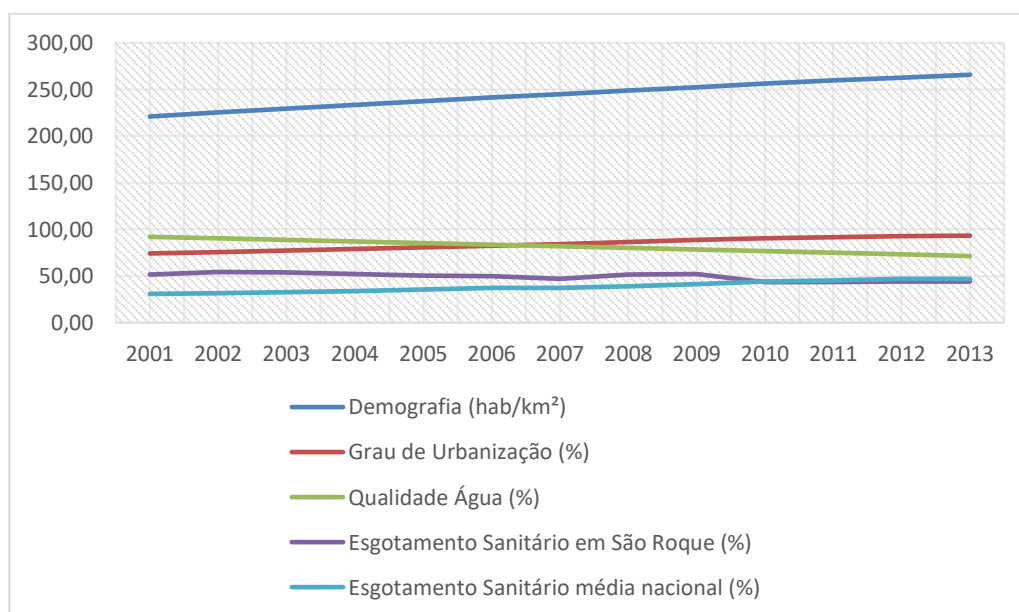
Fonte: Adaptado de Fundação SEADE.

É possível identificar que a linha de crescimento da densidade demográfica, apesar de se apresentar de forma similar ao crescimento do grau de urbanização, é um pouco mais acentuada, o que na prática pode significar uma ocupação do solo urbano com velocidade maior do que o poder público pode se planejar.

Este fato é um evento determinante nos impactos gerados pela antropização desprovida de planejamento urbanístico ambiental às margens dos córregos urbanos, influenciando diretamente na carga poluidora, e ocasionando problemas tanto para os afluentes quanto para os rios principais (de onde há a possibilidade de captação de água para consumo), sendo assim toda a rede de ecossistemas envolvida.

A Figura 52 destaca que a linha de crescimento demográfico (habitante/km²), assim como a linha de grau de urbanização de nossas cidades têm crescido de modo mais acentuado do que a média de aumento do sistema de esgotamento sanitário brasileira. Em contrapartida a linha correspondente à qualidade das águas têm diminuído drasticamente. Quando comparado ao esgotamento sanitário em São Roque, identifica-se ainda que não há uma tendência linear, mas variações demonstrando inconstâncias na execução de obras necessárias à melhoria de saneamentos, sendo coincidentemente em anos ímpares (quando não há processos eleitorais) as maiores quedas na porcentagem de esgotamento sanitário do município.

Figura 52 - Série histórica de saneamento e urbanização



Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

Em suma, questões de âmbito ambiental são relevantes para a distribuição espacial das malhas urbanas, com o intuito de que seja encontrado um equilíbrio entre o viário para a mobilidade da população, instalações de infraestrutura (como rede coletora de esgoto, abastecimento de água, etc) e as áreas necessárias para os fenômenos naturais (JACOBS, 2001).

Observa-se que no que tange ao processo de ocupação territorial, São Roque apresenta impactos negativos, que se intensificaram ao longo dos mais de 360 anos da cidade, pois ao se analisar o relevo da cidade, é nítido que o município apresenta naturalmente altas declividades, contribuindo para o escoamento das águas pluviais.

A inexistência de grandes quantidades de mata ciliar e o entorno impermeabilizado do Ribeirão Marmeleiro encaminham a um sistema de drenagem sobrecarregado, que pode influenciar diretamente no regime hidrológico, com reflexos negativos na qualidade das águas e capacidade de vazão.

Devido à ausência quase completa de planícies aluviais, e apesar de não haver com grande frequência o registro de inundações, a região é propícia a assoreamentos e, em consequência, alagamentos. É de urgência a necessidade da população e o poder público buscarem possíveis soluções, antes que ocorra proliferação de epidemias, riscos de enchentes, ou outros eventos onde um tratamento paliativo pode não ser eficiente ou a solução mais adequada pode não ser economicamente viável.

6. CONCLUSÃO

Estação de Tratamento de Efluentes estudada por este trabalho apresentou-se com boa eficiência e qualidade de operação acerca da eficiência do tratamento da ETE e o despejo no Ribeirão Marmeleiro. Conclui-se que o trecho estudado apresentou variações em todos os parâmetros, mas sempre confirmando indícios de poluição orgânica da água. Desta forma, verificou-se grande variação das concentrações tanto no período de seca como no período de cheias, não havendo uma padronização na tendência apresentada. De fato, constatou-se que existem mais fontes poluidoras com cargas bem maiores do que

o constatado na indústria. Evidencia-se ainda que os íons analisados estão, provavelmente, relacionados às atividades domésticas com uso de produtos químicos de limpeza, esgotos domésticos e às atividades agrícolas.

Destaca-se ainda a necessidade do poder público se atentar ao Ribeirão Marmeleiro, pois, apesar de ser um pequeno córrego, seu comportamento pode ser profundamente conturbado devido à ocupação urbana desordenada de seu entorno e a carga poluidora presente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Mônica Cavalcanti Sá de; RADOS, Gregório Jean Varvakis; FIGUEIREDO JUNIOR, Hugo Santana de. As pressões ambientais da estrutura da indústria. **RAE electron.**, São Paulo , v. 3, n. 2, 2004 .

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 16 de julho de 2020.

ALMEIDA, Paulo Gustavo Sertório de; OLIVEIRA, Sílvia Corrêa; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Operação de filtros biológicos percoladores pós-reactores UASB sem a etapa de decantação secundária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 281-290, set. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522011000300010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 18 de julho de 2020.

BRASIL. **Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5440.htm>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

BRASIL. **Lei nº 1.413, de 31 de julho de 1975**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1413.htm> Acesso em: 13 de julho de 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6803.htm>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

BRASIL. Lei Complementar nº 03 - **Plano Diretor**. Estância Turística de São Roque, 2006. Disponível em: <https://www.saoroque.sp.gov.br/arquivos/48_39.pdf> Acesso em: 21 de Outubro de 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA Nº 020, de 18 de junho de 1986**. Disponível em:
<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=43>>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em:
<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

BRIGANTE, Janete; ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta. **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. [S.l: s.n.], 2003.

BUFF, S. R. Saneamento básico: etiologia e evolução. Vinhedo: [s.n.], 2010.
Disponível em: <<https://bit.ly/35YnSLN>>. Acesso em: 8 de abril de 2020.

BUTLER, D. & PAYNE, J. Septic tanks: problems and practice. ***Building and Environment***, v.30, n.3, p.419-425, 1995.

CANESSA, Stefano; PARRIS, Kirsten M. **Multi-scale, direct and indirect effects of the urban stream syndrome on amphibian communities in streams**. Australia: School of Botany - University of Melbourne, 2013.

CARRILHO, Samara Monayna Alves Vasconcelos; CARVALHO, Eraldo Henriques. Avaliação da disposição de lodos de fossa e tanque sépticos em lagoas de estabilização que tratam lixiviados de aterro sanitário. **Engenharia Sanitária e**

Ambiental, Rio de Janeiro, v.21, n.1, p.183-196, mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000100183&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 18 de julho de 2020.

CARVALHO, J. L. **Governança da água no Estado de São Paulo: um estudo de caso do comitê de bacias hidrográficas dos Rios Sorocaba e Médio Tietê**. 2011, 270f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – PROCAM, Universidade de São Paulo, SP.

CBH-SMT - Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Sorocaba e Médio Tietê Relatório de situação dos recursos hídricos (2017).. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/events//CBH-SMT/6684/3brelatorio-situao-2018.pdf>>. Acesso em: 21 de abril de 2019.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Determinação da distribuição granulométrica**. L6 160: São Paulo, 1995. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes>> Acessado em 10 de janeiro de 2019.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Temperatura da água**. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/temperatura-da-agua/>> Acessado em 30 de abril de 2020.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2017.

CHERNICHARO, Carlos A. L. **Tratamento anaeróbico de esgotos: Situação atual e perspectivas**. Seminário Internacional de tratamento e disposição de esgotos sanitários – Tecnologia e perspectivas para o futuro. Brasília: CAESB, 1996

D'ARC, Hélène Rivière; MEMOLI, Maurizio. **Intervenções urbanas na América latina: viver no centro das cidades**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

EFETIVIDADE do fertilizante orgânico classe D. **Tera Ambiental**, 2013. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/250678/a-efetividade-do-fertilizante-org-nico-classe-d>>. Acesso em 31 de Maio de 2020.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume, 2000.

GONCALVES, Maria Edite Pinto et al. Validação do método de determinação simultânea dos íons brometo e bromato por cromatografia iônica em águas de consumo humano. **Química Nova**, São Paulo, v.27, n.3, p.503-507, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000300024&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

IERVOLINO, Luiz Fernando. Sistema de lodos ativados. **Portal tratamento de água**, 2019. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/sistema-lodos-ativados/>>. Acesso em: 18 de julho de 2020.

IERVOLINO, Luiz Fernando. Lagoas de estabilização. **Portal tratamento de água**, 2019. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/lagoas-estabilizacao/>>. Acesso em: 18 de julho de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2019. Contagem da população – sistema de recuperação de informações municipais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em 14 de abril de 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Saneamento Básico enquanto Direito Fundamental e Direito Humano. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/>> Acesso em: 13 de julho de 2019.

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

KELLNER, Erich; CALIJURI, Maria do Carmo; PIRES, Eduardo Cleto. Aplicação de indicadores de sustentabilidade para lagoas de estabilização. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.14, n.4, p.455-464, dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000400005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 18 de julho de 2020.

KONRAD, C. P.; BOOTH, D. B. Hydrologic trends associated with urban development for selected streams in the Puget Sound Basin, western Washington. **Water-Resources Investigations Report**. Denver, Colorado: US Geological Survey, 2002.

LEMES, João Luiz Villas Boas; SCHIRMER, Waldir Nagel; CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; VAN KAICK, Tamara; ABEL, Osnei; BÁRBARA, Rozenilda Romaniw. Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambiental**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr./jun. 2008. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/07/tratamento-de-esgoto-raizes-rural.pdf>>. Acesso em: 19 de julho de 2020.

LIMA, Sâmia R. M. **Determinação das frações de fósforo no sedimento superficial dos principais rios da cidade de São Roque, SP**. 2018. 88 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

MAC CONNELL, Érika Ferreira de Abreu. **Caracterização da comunidade bacteriana de filtros biológicos percoladores tratando efluente anaeróbio** [manuscrito]. 2014 . Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG.

MACHADO, Mario. Saúde pública municipal: veja quais bairros de São Roque não recebem saneamento básico. **São Roque Notícias**, São Roque, 26 de junho de 2019. Disponível em:<<http://www.saoroquenoticias.com.br/noticia.asp?idnoticia=24880>>. Acesso em: 31 de maio de 2020.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos - Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

MALDANER, Liane; JARDIM, Isabel Cristina Sales Fontes. O estado da arte da cromatografia líquida de ultra eficiência. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 214-222, 2009. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000100036&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 1 de junho de 2020.

MALTA, Tatiana Siqueira. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ**. [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2001. 68 p.

MARICATO, Ermínia. **Para entender a crise urbana**. São Paulo: Editora Expressão Popular, 2015.

MEDEIROS FILHO, Carlos Augusto. Geoquímica Urbana e Síndrome do Rio Urbano. *Ecodebate*, 2016. Disponível em:
<<https://www.ecodebate.com.br/2016/08/16/geoquimica-urbana-e-sindrome-do-rio-urbano-artigo-de-carlos-augusto-de-medeiros-filho/>> Acesso em: 10 de maio de 2021.

MORAIS, J. L. R.; VIANA, M. A., COELHO, R. S. Avaliação dos índices de qualidade das águas dos principais rios do município de São Roque, SP. **Scientia Vitae**. v.2, n.7, ano 2, jan. 2015. p.40-49. Disponível em:
<www.revistafpsr.com/v2n7ano2_2015.htm>. Acesso em: 02 de maio de 2019.

MORAIS, Naassom Wagner Sales; SANTOS, André Bezerra dos. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 215, jan. a mar. 2019. Disponível em:

<<https://www.doi.editoracubo.com.br/10.4322/dae.2019.004>>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

MURPHY, B. M.; NELSON, P. A. Urban stream assessment procedure: An integrative framework for assessing stream condition in the urban environment. In: UIJTTEWAAL, Wim; FRANCA, Mário J.; VALERO, Daniel; CHAVARRIAS, Victor; ARBÓS, Clàudia Ylla; SCHIELEN, Ralph; CROSATO, Alessandra. **River Flow 2020**. Londres: CRC Press, 2020.

NIRAZAWA, Alyni Nomoto; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.52, n.4, p.753-763, ago. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122018000400753&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 de julho de 2020.

OLIVEIRA JÚNIOR, José Lima de. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>> Acesso em: 17 de julho de 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório de progresso sobre água, saneamento e higiene: 2000-2017**. Disponível em: <https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-report-2019/en/> Acesso em: 17 de julho de 2020.

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

caracterizacao.pdf>. Acessado em 10 de abril de 2019.

POZZER, K. M. P. **A Magia na Mesopotâmia**. In: Pedro Paulo A. Funari; Glaydson José da Silva e Adilton Luís Martins. (Org.). **História Antiga, contribuições brasileiras**. São Paulo: Ed. Annablume/FAPESP, 2008, v. , p. 173–187.

REZENDE, A. As Cidades e as Águas: Ocupações Urbanas nas Margens de Rios. **Revista Geografia**. V. 33, No. 2, p. 120 – 122, 2016.

ROCHA, Claudia. **Proposta para o gerenciamento da estação de tratamento de esgotos Jarivatuba – ETE, Joinville, SC**. 2005. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC.

ROGERS, Richard; GUMUCHDJIAN, Philip. **Cidades para um Pequeno Planeta**. Barcelona: Editora Gustavo Gilli, 2000.

ROSA, R. A. **Influência das feições geomorfológicas: Estância Turística de São Roque - SP**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina - PR.

ROY, A. H.; FREEMAN, M. C.; FREEMAN, B. J.; WENGER, S. J.; ENSING, W. E.; MEYER, J. L. **Investigating hydrological alteration as a mechanism of fish assemblage shifts in urbanizing streams**. 2005. Journal of the North American Benthological Society.

SANTOS, José Soares dos; SANTOS, Marcio José Silva dos; SANTOS, Maria Lúcia Pires dos. Parâmetros indicativos do processo de salinização em rios urbanos do semi-árido brasileiro. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n. 6, p.1534-1538, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000600033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

SANTOS, Milton. **Metrópole corporativa fragmentada: o caso de São Paulo**. São Paulo: Editora Edusp, 2009.

SANCHES, Patrícia Mara. **De áreas degradadas a espaços vegetados**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Programa Município Verde Azul (PMVA)**. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/verdeazuldigital/>>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Educação Ambiental. **Recursos Hídricos**. ASSIS, Neusa Maria Marcondes Viana; ROCHA, Geroncio Albuquerque; MACHADO, Rosa Maria de Oliveira. São Paulo: SMA/ CEA 2011. (Cadernos de Educação Ambiental, 14)

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991**. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

SARDINHA, Diego de Souza; CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazzini; SOUZA, Antônio Donizetti Gonçalves; SILVEIRA, Alexandre; JULIO, Marcelo de; GONÇALVES, Júlio César de Souza Inácio (2008) Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 329-338.

SCHERER, Minéia Johann; FAGUNDES, Renata Magalhães; LEMOS, Paulo Rogério. **Tratamento de efluentes com sistema de zona de raízes: estudo de caso em residência rural**. Bento Gonçalves, 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, abr. 2010. Disponível em: <https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=7&ano=_segundo>. Acesso em: 19 de julho de 2020.

SISTEMA NACIONAL INTEGRADO DE SANEAMENTO (SNIS). Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em 17 de julho de 2020.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/>>. Acesso em 17 de julho de 2020.

SMITH, Welber Santeio; MOREIRA, Paula Andréa Pannunzio. **Renaturalização de Riachos**: O caso do córrego da Campininha. Sorocaba: Universidade Paulista, 2018.

SMITH, Welber Santeio. **Conectando peixes, rios e pessoas**: como o homem se relaciona com os rios e com a migração de peixes. Sorocaba: Prefeitura Municipal de Sorocaba, Secretaria do Meio Ambiente, 2014.

USEPA. United States environmental protection agency. **Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) wastewater treatment systems. An introduction to management tools and information for implementing EPA's Management guidelines**. 2005.

VALENTIM, Marcelus Alexander Acorinte. **Desempenho de leitos cultivados ("constructed wetland") para tratamento de esgoto**: contribuições para concepção e operação. Campinas: UNICAMP, 2003. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2003.

VICQ, Raphael de; LEITE, Mariangela Garcia Praça. Avaliação da implantação de fossas sépticas na melhoria na qualidade de águas superficiais em comunidades rurais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 411-416, dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522014000400411&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 jul. 2020.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. - Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996.

VON SPERLING, Marcos. **Lodos ativados**. 4ª ed. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v.01. Minas Gerais: ABES, 1995.

WALSH, Christopher J.; ROY, Alisson H.; FEMINELLA, Jack W.; COTTINGHAM, Peter D.; GROFFMAN, Peter M.; MORGAN II, Raymond P. **The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure**. 2005. The North American Benthological Society.

WEISS, P.; EVEBORN, D.; KARRMAN, E.; GUSTAFSSON, J. P. **Environmental systems analysis of four on-site wastewater treatment options**. Elsevier: Resources, Conservation and Recycling. v. 52. p. 1153- 1161. 2008.

WITHERS, P.J.A.; JARVIE, H.P.; STOATE, C. Quantifying the impact of septic tank systems on eutrophication risk in rural headwaters. *Environment International*, v.37, n.3, p.644-653, 2011.