

## Projeção da vida útil de estações de tratamento de esgoto conforme o crescimento populacional em uma cidade do interior do Estado de São Paulo

### *Projection of the lifespan of sewage treatment plants based on population growth in a city in the interior of são paulo state*

Luísa Traversa Cesarin<sup>1\*</sup>, Edvaldo José Scoton<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO) lutcesarin@gmail.com

\*Autor para correspondência, E-mail: lutcesarin@gmail.com (autor principal)

## RESUMO

O sistema de saneamento básico é de grande importância para a humanidade, pois é essencial para o desenvolvimento do país e indispensável para a eficácia da saúde pública. Embora o saneamento básico seja um direito assegurado a população brasileira, as taxas de esgotamento sanitário no Brasil não passam de 55% da população atendida, além de apenas 50,8% de esgoto tratado. Corroborando para que essa realidade seja mudada, instituiu-se o novo marco legal do saneamento básico, que visa proporcionar 99% de água potável e 90% de coleta e tratamento de esgoto até dezembro de 2033. Nesse âmbito, por meio da revisão bibliográfica, propôs-se determinar se o município de estudo em questão, localizado no interior de São Paulo, atende com as exigências do novo marco legal do saneamento básico, além de analisar, por meio de cálculos de projeção, se o município seria capaz de atender as futuras demandas até o ano de 2033. Além disso, foi proposto algumas melhorias para que essa demanda de tratamento de esgoto fosse atendida com eficácia, apresentando tecnologias na área de tratamento de esgoto, como o BioBob, sem que fosse necessário desprender grandes investimentos financeiros para a expansão física das ETEs e grandes áreas territoriais para implementar uma ampla infraestrutura das mesmas.

**Palavras-chave:** Saneamento básico. Saúde Pública. Tratamento de Esgoto. Novo Marco Legal do Saneamento Básico.

## ABSTRACT

*The basic sanitation system is of great importance to humanity, as it is essential for the development of the country and indispensable for the effectiveness of public health. Although basic sanitation is a guaranteed right for the Brazilian population, sewage rates in Brazil do not exceed 55% of the population served, in addition to only 50.8% of treated sewage. Corroborating that this reality is changed, the new legal framework for basic sanitation was instituted, which aims to provide 99% of potable water and 90% of sewage collection and treatment by December 2033. In this context, through a bibliographic review, it was proposed to determine whether the municipality of study in question, located in the interior of São Paulo, meets the requirements of the new legal framework for basic sanitation, in addition to analyzing, through projection calculations, whether the municipality would be able to meet future demands by the year 2033. In addition, some improvements were proposed so that this demand for sewage treatment could be effectively met, presenting technologies in the area of sewage treatment, such as BioBob, without having to make large financial investments for the physical expansion of ETEs and large areas. territories to implement a wide infrastructure of the same.*

**Keywords:** Sanitation. Public health. Sewage treatment. New Legal Framework for Basic Sanitation.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de serviço público sanitário limitado exerce uma conexão com a natureza da saúde pública e o desenvolvimento do país, onde a causa da morbidade e mortalidade persistem em doenças infecciosas, fruto da vulnerabilidade do sistema público de saneamento (DANIEL et al., 2001).

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado e definido pela Lei nº 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, tratamento e distribuição de água potável, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana de águas pluviais e coleta e distribuição correta dos resíduos sólidos (Instituto Trata Brasil, 2021).

O esgotamento sanitário no Brasil, tem em média 55,0% de população atendida, 362,4 mil km de extensão de rede, 36 milhões de ligações de esgoto e 50,8% de esgoto tratado (SNIS, 2020). Atualmente a concessionária de saneamento básico do município localizado no interior de São Paulo com aproximadamente 131.040 habitantes (SEADE, 2021) e população estimada em 151.881 (SEADE, 2021) conta com três Estações de Tratamento de Esgoto, que são denominada como: ETE 1 (tratando um total de 138.431 habitantes), ETE 2 (tratando um total de 12.500 habitantes) e ETE 3 (tratando um total de 950 habitantes), tratando 99,8% de todo o esgoto gerado no município, e suas bacias hidrográficas totalmente despoluídas (Grupo Águas do Brasil, 2020).

Objetiva-se, neste trabalho estimar a capacidade de coleta e tratamento de esgoto futuro baseado no aumento populacional do município em questão.

Justifica-se a escolha do presente estudo, tendo em vista o novo marco legal do saneamento básico conforme Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020) que dentre os propósitos de desempenho e universalização que necessitam certificar “o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento” (art. 11-B, da Lei 11.445/2007).

Desta forma, será realizado o cálculo de projeção do aumento populacional correlacionado com a vida útil das Estações de Tratamento de Esgoto até o ano de 2033 o qual encerra o marco legal do saneamento básico.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

*A necessidade de criar um sistema de esgoto e água ocorreu no final do século XVIII com a Revolução Industrial. O aumento populacional ocasionou um maior acúmulo de lixo e dejetos nas ruas. (Trata Brasil, 2021)*

*Em 1829, a primeira Estação de Tratamento de Água (ETA) foi criada em Londres, a forma como operava era por meio de filtros de areia. Em 1874 na cidade de Windsor, Inglaterra foi testado pela primeira vez a ideia de tratar o esgoto antes de disparar no meio ambiente, no entanto, foi descoberto que as doenças letais da época como, cólera e febre tifoide eram transmitidas pela água, por conseguinte, as técnicas foram estudadas e empregadas semelhante ao que vemos atualmente (Trata Brasil, 2021).*

*No Brasil, o primeiro registro de saneamento aconteceu em 1561 pelo fundador Estácio de Sá que ordenou a escavação do primeiro poço para abastecer o Rio de Janeiro. Em 1723 as obras do aqueduto do Rio Carioca foram entregues a população sendo o primeiro sistema de abastecimento de água no país e em 1940 iniciou-se o comércio dos serviços de saneamento no Brasil (Trata Brasil, 2021).*

### 2.1 COMPONENTES DO SANEAMENTO BÁSICO

*O saneamento básico é composto pelo tratamento de água, tratamento de esgoto, escoamento de águas pluviais e resíduos sólidos. Esse composto resume-se a medidas preventivas para a saúde populacional e conseqüentemente a redução dos gastos públicos voltados para o tratamento de doenças (SANTOS et al.,2018).*

*Segundo o Ministério da Saúde, para cada real voltado para o investimento na esfera do saneamento, a economia é de nove reais na área da medicina curativa (FUNASA, 2017).*

#### 2.1.1 Escoamento de águas pluviais

*As águas pluviais são águas provenientes das chuvas captadas pelo sistema urbano de saneamento básico nas denominadas galerias pluviais, a coleta desta água é realizada individualmente, não podendo se misturar ao esgoto.*

*Houve um crescimento populacional significativo nos últimos anos em nosso país, com isso o processo de urbanização frequentemente desarmônico, conduziu a cenários problemáticos com relação aos processos hidrológicos e ao escoamento superficial das águas pluviais (TASSI, et al., 2016).*

*Um dos problemas do aumento de áreas iminentemente alagáveis é a mudança de solo resultante de construções de edificações, ruas e calçadas, pois a água que infiltrava ou evaporava começa a escoar superficialmente (GEIGER, 1993; GENZ, 1994; CANHOLI, 1995; TUCCI, 2001, apud TASSI et al., 2016).*

*Para solucionar esse problema a maioria dos municípios empregam a drenagem do escoamento superficial (drenagem urbana), que consiste em uma rede projetada até um coletor principal ou um rio, desta forma a água que ficava armazenada no solo natural do terreno passa a escoar por canalizações de alta eficiência hidráulica, evitando assim o alagamento dessas áreas (TASSI, et al., 2016).*

*Com o aumento populacional e o aumento das atividades agrícolas, em diversos países pesquisadores e técnicos examinam a viabilidade da utilização de fontes alternativas, entre elas, o aproveitamento da água pluvial, para que reduza grandes problemas de escassez de água doce devido a demanda qualitativa e quantitativa para estes fins (GAITÁN; TEIXEIRA, 2020).*

### **2.1.2 Resíduos Sólidos**

*Resíduos sólidos é definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) como “todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade”. Os resíduos sólidos, chamado usualmente de lixo, não é totalmente inútil para algumas pessoas, pois, ele pode ser reutilizado em sua forma original ou transformado (BRASIL, 2021).*

*O ciclo correto formado de processos díspares conta com a coleta seletiva, processos de compostagem e tratamento térmico, grande parte dos municípios realizam apenas a coleta dos resíduos sólidos e posteriormente o descartam a céu aberto devido a disponibilidade de áreas, as consequências da forma como tratam os resíduos afetam a saúde pública com a transmissão de doenças, contaminação do ar, do solo, das águas superficiais e subterrâneas e com a criação de focos de organismos patogênicos (SCHALCH, et al., 2002).*

*Em municípios com a população inferior a 10.000 habitantes, a destinação mais usada ainda é o depósito de resíduos a céu aberto, isso pode ser explicado pela falta de capacitação técnico-administrativa, baixa quantia orçamentária, falta de conscientização da população referente aos problemas ambientais causados pelo descarte incorreto. Uma forma de transformar a situação são as alternativas tecnológicas de disposição final sustentável, ou seja, para cidades de pequeno porte o plano de GIRSU se insere a aterro sustentável (ZANTA; FERREIRA, 2016).*

### 2.1.3 Tratamento de água

*Um dos recursos essenciais à sobrevivência de todos os seres vivos é a água, quando designada ao consumo deve ser tratada, limpa e livre de contaminação (microbiológica, química, física ou radioativa) (MICHELAN et al.,2019).*

*O Sistema de Abastecimento de Água conta com as Estações de Tratamento de Água (ETA), que tem como função realizar o tratamento de água adequando-a para distribuição a população, o tratamento consiste em processos químicos e físicos, tornando a água bruta (AB) em água potável, dentro dos padrões de qualidade para consumo humano (MICHELAN et al.,2019).*

*No Brasil, o processo mais utilizado é o convencional, de mistura rápida, floculação, decantação, filtração e desinfecção, são observadas individualmente assegurando conformidade da água aos padrões de potabilidade (LOPES, 2005).*

*No âmbito do abastecimento de água tratada, 84% da população brasileira é atendida, 35 milhões de brasileiros não tem acesso a este serviço, 14,3% das crianças e dos adolescentes não tem acesso à água. O consumo médio de água é de 152,1 litros por habitante ao dia, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) 110 litros por dia é o suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa (Trata Brasil, 2020).*

### 2.1.4 Tratamento de esgoto

*No decorrer dos anos e com o aumento populacional, o consumo de água e a quantidade utilizada para demais tarefas aumentou significativamente e a água para consumo e para outras finalidades não aumentou, diante deste cenário, uma solução cabível para a conservação dessas águas é o investimento em saneamento básico e tratamento do esgoto sanitário, feito através da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), as águas restauradas se dividem em várias aplicações, podemos utiliza-las para fazer tarefas que não necessitam exclusivamente da água potável, como por exemplo o combate a incêndio, lavagem de automóveis, entre outros (PROSAB, 2006 apud LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2010).*

*Ocorreram evoluções no setor nos últimos anos, porém quando comparado com o cenário internacional o Brasil encontra-se atrasado e longe da universalização dos serviços de saneamento, com o precário sistema de saneamento básico a saúde pública é degradada e a meio ambiente devastado, colaborando com a incidência de infecções gastrointestinais de origem infecciosa presumível (GARCIA; FERREIRA, 2017).*

*Segundo o Trata Brasil (2021), 55% da população tem rede de esgoto, quase 100 milhões de brasileiros não têm acesso à coleta de esgoto, 3,1% das crianças e adolescentes não possuem banheiro em casa, 50,8% dos esgotos do país são tratados, em 2020 o percentual de esgoto não tratado representava 5,3 milhões de piscinas despejadas na natureza.*

*Segundo Cornelli et al. (2015), os tipos de tratamento de esgoto sanitário mais utilizados são:*

- **Lodos ativados:** composto por reatores e decantadores primário e secundário, o decantador primário é responsável por retirar a matéria orgânica em suspensão sedimentável antes do tanque de aeração, proporcionando economia no consumo de energia.
- **Wetlands:** são banhados artificiais ou terras úmidas elaborados para proporcionar a retirada de poluentes através da filtração e da depuração da matéria orgânica por meio de microrganismos formadores do biofilme.
- **Processos anaeróbios:** transforma parte da matéria orgânica em gás carbônico e metano, portanto é indicado a presença de queimadores de gases, entre os métodos de tratamento anaeróbio existem lagoas anaeróbias, tanques sépticos, filtros anaeróbios e os reatores de alta taxa aptos a receber grande quantidade de carga orgânica.
- **UASB:** baseada na decomposição anaeróbia da matéria orgânica, constitui-se em uma coluna de escoamento ascendente formada por uma zona de digestão e sedimentação e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido.
- **MBR:** o biorreator de membrana contém em seu sistema as membranas micro porosas que desempenham um processo de ultra filtração, possibilitando apenas a passagem de água, alguns íons e moléculas de baixo peso molecular, barrando os sólidos e bactérias.
- **Tanque séptico:** o processo baseia-se em uma unidade onde é realizado ao mesmo tempo várias funções, decantação, flotação, desagregação e digestão parcial dos sólidos sedimentáveis (lodo) e da crosta constituída pelo material em espuma.
- **Lagoas de estabilização:** método de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é feita pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) ou diminuição fotossintética das algas. Conforme o método predominante onde a estabilização da matéria orgânica ocorre, as lagoas são classificadas em: facultativas, anaeróbias, aeradas e de maturação.
- **Biofilmes:** a matéria orgânica é segurada por bactérias que crescem apoiadas a um meio suporte (normalmente pedras ou material plástico).

Segundo Araújo Júnior et al (2017), outro método utilizado é o reator anaeróbio híbrido com leito fixo e a configuração Biorreator combinado, conhecido como BRC, o qual utiliza, no mesmo reator, uma região anaeróbia sobreposta por uma região aeróbia, com o uso de leito fixo de Biobob® nas duas regiões do reator.

#### 2.1.4.1 Principais métodos utilizados no município de estudo

Dentre os métodos apresentados, será abordado os métodos utilizados no município de estudo deste presente artigo, sendo eles: Método de tratamento por Batelada (SBR) e o Biobob®, produzido pela empresa Bioproj, o qual é capaz de potencializar as etapas do tratamento de esgoto.

#### 2.1.4.1.1 Método por batelada

A Estação de Tratamento de Efluentes por Batelada tem sua operação muito simplificada, com manuseio e dosagem de produtos químicos de forma manual; desta forma, é um método bastante aplicado em situações em que a geração de efluentes é intermitente e/ou com vazões muito baixas (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, 2021).

Na estação de tratamento de efluentes por batelada os efluentes líquidos descartados seguem por gravidade para um sistema de retenção dos sólidos grosseiros, essa etapa é de grande importância para assegurar a eficiência do sistema; logo após os efluentes passam por uma estação elevatória e é bombeado para a estação de tratamento por batelada (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, 2021).

O Reator Sequencial em bateladas (SBR), é um processo de lodo ativado onde diversas etapas do tratamento ocorrem em um único tanque. Os processos de tratamento são divididos em períodos, tornando todo o processo mais fácil para os operadores alterarem a programação ou o cronograma de cada processo do tratamento (INTEGRARE, 2019).

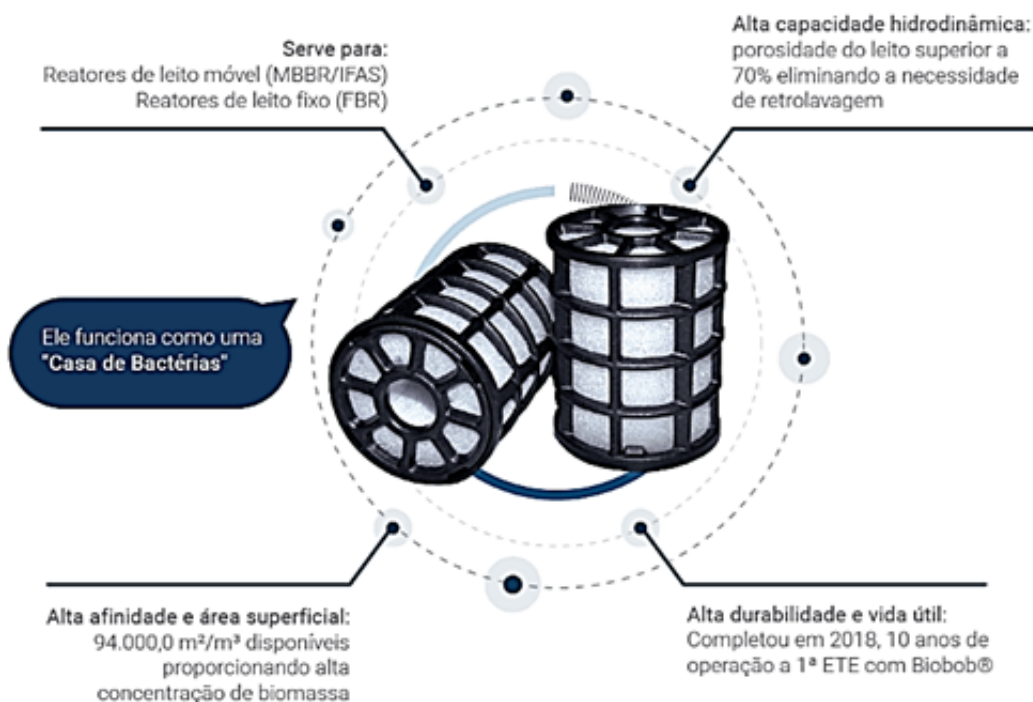
Ainda segundo Integrare (2019), o tratamento é dividido em 4 ciclos de tratamento:

- **Carga (enchimento do reator):** o esgoto bruto é estocado em um primeiro tanque, chamado de tanque séptico, onde parte da carga orgânica total é removida. Após isso, o efluente é conduzido para o segundo tanque, chamado Reator SBR, através do sistema de elevação hidráulica;
- **Aeração:** no reator SBR ocorre o processo de tratamento aeróbio. Nesta fase sucedem períodos alternados de aeração, seguidos de um período de ausência de oxigênio, proporcionando condições ideais para a degradação da matéria orgânica. O lodo ativado é formado nessa fase do tratamento.
- **Sedimentação (Decantação):** durante a fase de sedimentação é interrompida a aeração e o lodo biologicamente ativo se deposita no fundo do tanque. Devido a isso, forma-se uma zona de efluente tratado na parte superior do segundo tanque.
- **Descarga:** o efluente tratado é escoado para fora do reator SBR de maneira que qualquer ocorrência de lodo flutuante na camada de água limpa não seja coletada. Por fim, o lodo excedente depositado no reator retorna para o primeiro tanque e o processo se inicia novamente.

#### 2.1.4.1.2 Biobob®

O Biobob® é um suporte para imobilização de biomassa empregada em processos biológicos de tratamento de águas residuárias industriais e municipais (Figura 1), proporcionando o aumento da capacidade de tratamento e qualidade do efluente tratado, com diminuição de custos de investimentos e operação, a tecnologia avançada e inovadora tem baixa intervenção civil, causa menos impacto e oferece mais vantagens ao meio ambiente (BRIOPROJ, s.d.).

Figura 1 – Funcionamento e composição do BioBob®



Fonte: BIOPROJ (s.d.), 2022

## 2.2 PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Como mencionado anteriormente o saneamento básico consiste em serviços como, o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, limpeza urbana, coleta e destinação dos resíduos sólidos e drenagem e manejo da água pluviais. Com o intuito desses serviços serem prestados devidamente e com qualidade à população, existem agências reguladoras infranacionais que editam normas e fiscalizam os serviços prestados, além de revisar e reajustar tarifas. (BRASIL, 2021)

No Brasil, cerca de 83,6% dos brasileiros possuem abastecimento de água, 53,2% da população é atendida com coleta de esgoto e 46,3% possuem tratamento de esgoto. Cerca de 38,6% dos esgotos produzidos em nosso país não são coletados e nem tratados, 18,8% dos esgotos que são coletados são descartados sem tratamento e os 42,6% restantes são coletados e tratados antes de retornarem aos mananciais (BRASIL, 2021).

Fundamentado no planejamento de 2035, segundo o Atlas Esgoto é necessário R\$149,5 bilhões de investimento, onde, R\$101,9 bilhões sejam designados a coleta de esgoto e os R\$47,6 bilhões ao tratamento do mesmo (BRASIL, 2021).

Segundo o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos existe 1.037 lixões, 540 aterros controlados, 607 aterros sanitários e 1.030 unidades de triagem. Dados obtidos do SNIS (2018) aponta em uma pesquisa com 3.603 municípios integrantes, que 566 municípios



têm solução de drenagem convencional, 370 possuem parques lineares ao longo de rios, 150 utiliza reservatórios de amortecimento de vazão de cheias e inundações e 719 contam com o Plano Diretor de Drenagem Urbana (BRASIL, 2021).

## 2.3 PANORAMA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MUNICÍPIO EM ESTUDO

De acordo com dados da Prefeitura Municipal, o município localizado no interior de São Paulo, conta com 100% do esgoto coletado, 95,7% de esgoto tratado e 100% de abastecimento de água (JAHU, 2019).

Atualmente a cidade conta com três Estações de Tratamento de Esgoto, ETE 1, com capacidade de tratamento de 300L/s, 135 mil habitantes atendidos e usando como tipo de tratamento lodos ativados aeróbio por batelada, ETE 2 com capacidade média de tratamento 30L/s composto por Tratamento Preliminar Integrado Mecanizado Biorreator Combinado Anaeróbio-Aeróbio de Leito Fixo (BRC), ETE 3 com capacidade média de tratamento de 3L/s e com o sistema de tratamento convencional, com os processos de tratamento anaeróbio e aeróbio, seguido de decantadores e desinfecção (GRUPO ÁGUAS DO BRASIL, 2020).

## 3 METODOLOGIA

O objeto de estudo são Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) localizadas no interior de São Paulo. O método priorizado nesta pesquisa é um estudo de caso pois realiza um ensaio detalhado com fatos, utilizando inúmeras ferramentas para a coleta de dados e o diálogo entre o pesquisador e o conteúdo da pesquisa, de caráter qualitativo uma vez que se empenha em unir a teoria aos acontecimentos, incluindo uma visão de desenvolvimento ao longo do tempo (BERTO; NAKANO, 2000).

Inicialmente foi realizado uma coleta de dados para o levantamento bibliográfico, utilizando materiais virtuais como anais, periódicos, homepages institucionais e especializadas e plataformas digitais do banco de dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento.

Em seguida, foram feitas visitas a todas as Estações de Tratamento de Esgoto do município do interior paulista, com o intuito de coletar dados sobre a capacidade de tratamento de cada uma delas com a população atual.

Posteriormente reuniu-se dados do IBGE sobre o crescimento populacional da cidade em questão a fim de calcular uma média deste crescimento para cálculo da vida útil das Estações de Tratamento de Esgoto.

Por fim, diante dos dados coletados foi elaborado uma estimativa de quanto tempo as Estações de Tratamento de Esgoto serão capazes de sustentar a sociedade com o aumento populacional e conseqüentemente o aumento dos efluentes no decorrer dos anos e com isso apresentar uma projeção para futuras construções de ETEs.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO

Localizado no Centro Oeste do Estado de São Paulo, é um município com área total de 688,34 Km<sup>2</sup> sendo 81,12 Km<sup>2</sup> de área urbana com 126.943 habitantes e 607,22 Km<sup>2</sup> de área rural com 4.097 habitantes, totalizando 131.040 habitantes. O município segundo sua hidrografia é banhado pelo Rio Tietê e seus afluentes Rios Ave Maria e Jahu.

Tabela 1 – Dados dos últimos censos demográficos

	População de 2020 - p2 (hab)	População de 2010 - p0 (hab)
<b>ETE 1</b>	138431	120852
<b>ETE 2</b>	12500	9825
<b>ETE 3</b>	950	363
<b>TOTAL</b>	<b>151881</b>	<b>131040</b>

Fonte: IBGE, 2022

### 4.2 ATRIBUTOS DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

#### 4.2.1 Estação de tratamento de esgoto 1

A Estação de Tratamento de Esgoto 1 é composta por processos físico-químicos e biológicos com lodos ativados aeróbio cíclico por batelada, utilizando reatores biológicos e operando de forme sequencial, usando o processo de lodos ativados em sua essência contemplando também a recirculação de lodo, a ETE atende a uma população estimada de 152.100 habitantes, a mesma opera desde 2003, atualmente em média 280L/s são tratados com um pico de 400L/s de esgoto sanitário proveniente da área urbana do município.

Figura 2 – ETE 1.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Figura 3 – ETE 1 – Foto aérea



Fonte: Concessionária de Água e Esgoto do município, 2022.

#### 4.2.2 Estação de tratamento de esgoto 2

A Estação de Tratamento de Esgoto 2 é composta por processos físico-químicos e biológicos seu processo de tratamento é composto por reator de leito fixo com fluxo ascendente contendo uma etapa anaeróbia de tratamento seguido por uma etapa aeróbia, o sistema conta com dispositivos imobilizadores de biomassa (BioBob®) promovendo o aumento da concentração de biomassa nos reatores. Ela atende atualmente a uma população estimada de 12.500 habitantes operando desde setembro de 2019, tratando em média atualmente cerca de 20L/s com 30L/s de pico de esgoto sanitário proveniente da área onde a ETE se encontra.

Figura 4 – ETE 2



Fonte: Concessionária de Água e Esgoto do município, 2022.

### 4.2.3 Estação de tratamento de esgoto 3

A Estação de Tratamento 3 também conta com os processos físico-químicos e biológicos com o sistema de tratamento convencional anaeróbio e aeróbio seguido de decantadores e desinfecção, atualmente atende uma população estimada de 950 habitantes e está em operação desde dezembro de 2019, a ETE 3 trata em média 3,0L/s com 6L/s de pico de esgoto sanitário proveniente da área do bairro onde ela se encontra.

Figura 5 – ETE 3



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

## 4.3 PREVISÃO DE VIDA ÚTIL DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO

### 4.3.1 Cálculo da projeção populacional do município

Realizou-se o cálculo da estimativa do crescimento populacional do município em estudo, utilizando o método de projeção aritmética, descrito por Qasim (1985) apud Von Sperling (2014) como um crescimento populacional conforme uma taxa constante, é um método aplicado para estimativas de curto prazo, além disso a moldagem da curva pode ser feita por análise de regressão.

Os cálculos foram realizados a partir da fórmula da projeção:

$$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0) \quad (1)$$

Onde,  $P_t$  é a população estimada,  $P_0$  é a população no ano  $t_0$ ,  $Ka$  é o coeficiente,  $t$  é o ano da projeção populacional e  $t_0$  o ano do último censo populacional.

Como não foi realizado uma análise da regressão, utilizou-se a seguinte fórmula:

12

$$Ka = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0} \quad (2)$$

Onde,  $Ka$  é o coeficiente,  $P_2$  é a população do ano  $t_2$ ,  $P_0$  é a população do ano  $t_0$ ,  $t$  é o ano da projeção populacional e  $t_0$  o ano do último censo populacional.

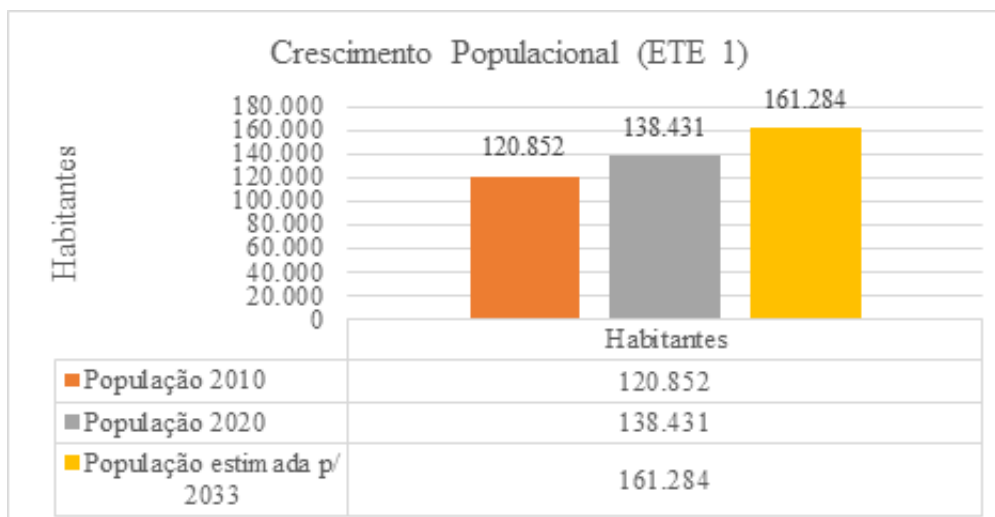
Utilizando-se a fórmula (1) e (2) e a tabela 1 obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 2 – Estimativa populacional

Variável	Estimativa Populacional para 2033 (hab)	População de 2020 - p2 (hab)	População de 2010 - p0 (hab)
	P	p2	p0
ETE 1	161284	138431	120852
ETE 2	15978	12500	9825
ETE 3	1713	950	363
TOTAL	178975	151881	131040

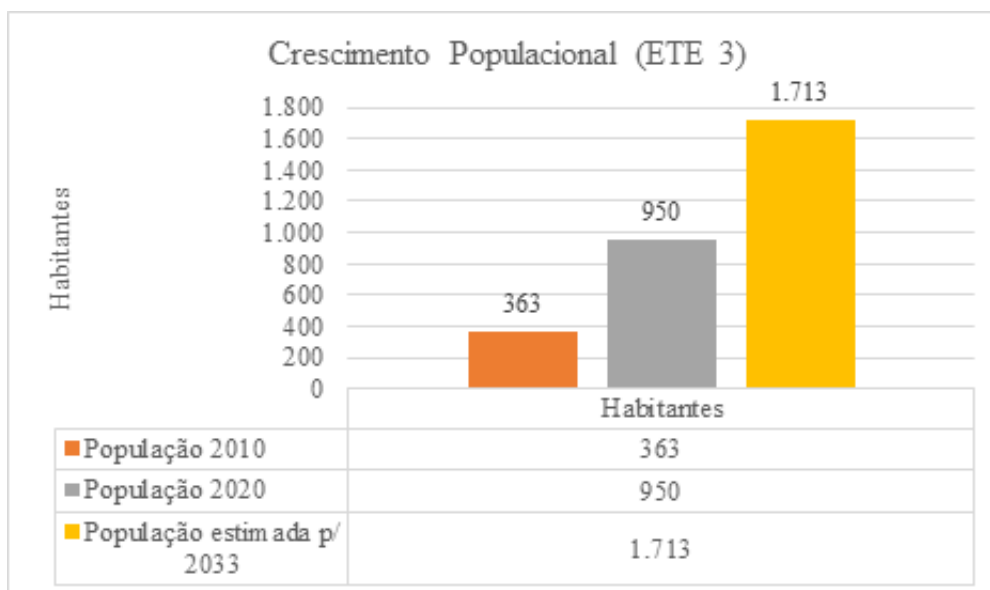
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Gráfico 1 – Crescimento populacional (ETE 1)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Gráfico 3 – Crescimento populacional (ETE 3)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

#### 4.3.2 Cálculo da projeção da capacidade de tratamento de esgoto

Realizou-se o cálculo de projeção de tratamento de esgoto com o método regra de três, uma fórmula utilizada há séculos como objeto de ensino para diferentes atividades humanas, sendo propostos ao longo da história da aritmética para a resolução de problemas envolvendo grandezas proporcionais, porcentagens, proporcionalidade, entre outros (GUERRA et al., 2008, apud SILVA 2011).

$$\frac{\text{Capacidade de tratamento atual média}}{\text{variável } (x)} = \frac{\text{População atual atendida} - 2022}{\text{População estimada atendida} - 2033} \quad (3)$$

Onde, a variável x é a projeção da capacidade necessária de tratamento médio de esgoto, para atender a população estimada para o ano de 2033.

$$\frac{\text{Capacidade de tratamento atual de pico}}{\text{variável } (y)} = \frac{\text{População atual atendida} - 2022}{\text{População estimada atendida} - 2033} \quad (4)$$

Onde, a variável y é a projeção da capacidade necessária de tratamento de esgoto em horário de pico, para atender a população estimada para o ano de 2033.

Desta forma, utilizando-se as fórmulas (1), (2), (3) e (4) obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 3 – Estimativa da capacidade de tratamento de esgoto

Estações de Tratamento de Esgoto	Estimativa Populacional (hab)	Capacidade de tratamento de esgoto (l/s)	Tratamento médio (l/s)	Pico de tratamento (l/s)	Estimativa de tratamento médio p/2033 (l/s)	Estimativa de pico de tratamento p/2033 (l/s)
ETE 1	161284	340	280	400	326,22	466,03
ETE 2	15978	30	20	30	25,56	38,35
ETE 3	1713	6	3	6	5,41	10,82
TOTAL	178975	376	303	436	357,19	515,2

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após o desenvolvimento do presente estudo, pôde-se observar que o município do interior de São Paulo dispõe de um sistema de tratamento de esgoto eficiente e eficaz para os dias atuais, devido ao fato de que todas as ETEs são capazes de suprir a demanda média de tratamento de esgoto conforme os cálculos apresentados anteriormente.

Entretanto, foi observado que a ETE 1 atualmente dispõe de uma capacidade de tratamento abaixo da demanda necessária para o tratamento nos horários de pico. As demais ETEs são capazes de suprir com a demanda do horário de pico, porém, essa capacidade encontra-se no limite.

Após a realização dos cálculos da capacidade de tratamento de esgoto correlacionado com a estimativa do crescimento populacional para o ano de 2033, foi constatado que:

- **ETE 1:** apresenta atualmente a capacidade de tratamento de 340l/s, tratamento de horário de pico de 400l/s e tratamento médio 280l/s, atendendo a uma população de 138.431 habitantes. Após o cálculo da projeção, a ETE será submetida a um tratamento médio de 326,22l/s e tratamento de pico de 466,03l/s, e irá atender uma população de 161.284 habitantes. Portanto, o tratamento médio ainda estará dentro da capacidade total de tratamento, entretanto, para o horário de pico será necessário a realização de um aprimoramento dos métodos ou expansão da infraestrutura.

- **ETE 2:** apresenta atualmente a capacidade de tratamento de 30l/s, tratamento de horário de pico de 30l/s e tratamento médio 20l/s, atendendo a uma população de 12.500 habitantes. Após o cálculo da projeção, a ETE será submetida a um tratamento médio de 25,56l/s e

tratamento de pico de 38,35l/s, e irá atender uma população de 15.978 habitantes. Portanto, o tratamento médio ainda estará dentro da capacidade total de tratamento, entretanto, para o horário de pico será necessário a realização de um aprimoramento dos métodos ou expansão da infraestrutura.

- **ETE 3:** apresenta atualmente a capacidade de tratamento de 6l/s, tratamento de horário de pico de 6l/s e tratamento médio 3l/s, atendendo a uma população de 950 habitantes. Após o cálculo da projeção, a ETE será submetida a um tratamento médio de 5,41l/s e tratamento de pico de 10,82l/s, e irá atender uma população de 1.713 habitantes. Portanto, o tratamento médio ainda estará dentro da capacidade total de tratamento, entretanto, para o horário de pico será necessário a realização de um aprimoramento dos métodos ou expansão da infraestrutura.

## 6 CONCLUSÃO

Baseando-se no novo marco legal do saneamento básico, conforme Lei nº 14.026/2020, que tem como propósito o desempenho em atender 99% da população com água potável e 90% da população com tratamento de esgoto até 31 de dezembro de 2033 e, de acordo com os resultados obtidos foi possível concluir que as estimativas do crescimento populacional, relacionado com o crescimento da capacidade de tratamento ainda estarão dentro das propostas do marco legal do saneamento básico, quando associado ao tratamento médio de esgoto.

Entretanto, quando relacionado ao tratamento em horário de pico, todas as Estações de Tratamento de Esgoto encontram-se no limite de sua capacidade. Desta forma, uma das soluções seria o aumento da infraestrutura das ETEs para o aumento da capacidade de tratamento de esgoto.

Em contrapartida, o aumento da infraestrutura das ETEs exige a disponibilidade de espaço físico para que seja implantado as novas instalações destinadas ao tratamento. Porém, devido a possibilidade de pouco espaço disponível nos terrenos onde as ETEs encontram-se instaladas, faz-se necessário a implementação de técnicas capazes de aprimorar o sistema de tratamento de esgoto utilizando a infraestrutura já existente, dispensando a expansão física das ETEs.

Uma das alternativas que possibilitam o aprimoramento no processo de tratamento de esgoto é o uso do Biobob combinado com os reatores anaeróbios e aeróbios de leito fixo, o qual possibilita o aumento da capacidade de tratamento e a qualidade do efluente tratado com redução de custos de investimento e operação.

Desta maneira, faz-se necessário a aplicação de alguma das alternativas apresentadas anteriormente para que a capacidade de tratamento de esgoto do município seja atendida com eficácia até o ano de 2033.



## REFERÊNCIAS

ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA (Santa Catarina). Estação de tratamento de efluentes por batelada. 2021. Disponível em: <https://aguasclarasengenharia.com.br/estacao-de-tratamento-de-efluentes-por-batelada/>. Acesso em: 9 nov. 2022.

ARAÚJO JUNIOR, Moacir Messias de et al. Congresso ABES. In: FENASAN, 2017, São Carlos. Biorreator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo para tratamento de esgoto sanitário. São Carlos: Abes, 2017.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/CX834BnHRMbj4RwmGNJ8Xfk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 set. 2022.

BIOPROJ (São Carlos). BioBob. s.d. Disponível em: <http://bioproj.tecnologia.ws/tecnologia/biobob>. Acesso em: 04 nov. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Dos princípios fundamentais. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2020-2022/2020/lei/l14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2020-2022/2020/lei/l14026.htm). Acesso em: 5 abr. 2022.

BRASIL. Protegeer (org.). O que são resíduos sólidos?. 2021. Disponível em: <http://protegeer.gov.br/rsu/como-gerencia-los>. Acesso em: 10 maio 2022.

CORNELLI, R. et al. Métodos de tratamento de esgotos domésticos: uma revisão sistemática. *Revista de Estudos Ambientais*, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 20-36, jul. 2015. ISSN 1983-1501. Disponível em: <https://bu.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/4423>. Acesso em: 01 nov. 2022.

DANIEL, L. A. et al. Métodos alternativos de desinfecção da água: processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. 2001. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/LuizDaniel.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2022.

FUNASA (org.). Cada real gasto em saneamento economiza nove em saúde. 2017. Disponível em: [https://funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset\\_publisher/lpn-zx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false](https://funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpn-zx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false). Acesso em: 13 set. 2022.

GAITÁN, M. C. P.; TEIXEIRA, B. A. do N. Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP). 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/yWXvmHBgcyWxXJY4NkYStgc/?lang=pt>. Acesso em: 10 maio 2022.

GARCIA, M. S. D.; FERREIRA, M. de P. S. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. 2017. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>. Acesso em: 09 maio 2022.

GRUPO ÁGUAS DO BRASIL. Águas de Jahu. Estação de tratamento de esgoto. 2020. Disponível em: <https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-jahu/agua-e-esgoto/estacao-tratamento-esgoto/>. Acesso em: 5 abr. 2022.

INTEGRARE (Joinville). Método SBR para o tratamento de esgoto – ETE EBIO. 2019. Disponível em: <https://ebio.ind.br/metodo-sbr-para-o-tratamento-de-esgoto-ete-ebio/>. Acesso em: 8 nov. 2022.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/KCkSKLRdQVCm5CwJLY5s9DS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 09 maio 2022.

LOPES, V. C. Proposição de um índice para avaliação do desempenho de estações convencionais de tratamento de água. 2005. Disponível em: <https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/182M.PDF>. Acesso em: 07 jun. 2022.

MICHELAN, D. Co. G. Santos et al. Desempenho das etapas de tratamento de água da estação de tratamento de água Poxim. *Scientia cum Industria*, v. 7, n. 3, p. 7-14, 2019. Disponível em: <http://ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/6315/pdf>. Acesso em: 09 maio 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL (Jahu). Saneamento básico. 2019. Disponível em: <https://www.jau.sp.gov.br/jahu-numeros.php>. Acesso em: 10 maio 2022.

SANTOS, F. F. S. dos; et al. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. 2018. Editado por Revista Brasileira de Meio Ambiente. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/127/113>. Acesso em: 09 maio 2022.

SCHALCH, V. et al. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. 2002. Disponível em: [http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog\\_images/500/GESTAO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-2002.pdf](http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog_images/500/GESTAO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-2002.pdf). Acesso em: 10 maio 2022.

SEADE. População Municipal por Sexo e Idade (2010-2021). 2021. Disponível em: <https://repositorio.seade.gov.br/dataset/populacao-municipal-por-sexo-e-idade-2010-2021/resource/3856f513-20c1-438d-8a2b-127624f8e8be>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SILVA, D. P. da. Regra de três: prática escolar de modelagem matemática. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011. Disponível em: [http://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/2951/1/Dissertacao\\_RegraTresPratica.pdf](http://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/2951/1/Dissertacao_RegraTresPratica.pdf). Acesso em: 11 nov. 2022.

SNIS. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Esgotamento sanitário. 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>. Acesso em: 5 abr. 2022.

SNIS. Instituto Trata Brasil. O que é saneamento?. 2021. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/pt/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em: 5 abr. 2022.

TASSI, R. et al. Preferências da população de diferentes estratos sociais no manejo das águas pluviais urbanas. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/cNKXt93qS79BkGz5Fd-GSDJD/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 maio 2022.

TEIXEIRA, J. C. et al. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n.