

**Estação de tratamento de esgoto compacta para tratamento de efluentes de banheiros químicos: Um estudo de caso sobre eficiência do sistema, em uma obra executada em Bom Jesus das Selvas - MA**

**Compact waste water treatment plant for treating chemical bathroom effluents: A case study on system efficiency, in a work performed in Bom Jesus das Selvas - MA**

**Planta compacta de tratamiento de aguas residuales para efluentes químicos de baño: Un estudio de caso sobre la eficiencia del sistema, en un trabajo realizado en Bom Jesus das Selvas - MA**

Recebido: 26/08/2020 | Revisado: 02/09/2020 | Aceito: 05/09/2020 | Publicado: 07/09/2020

**José Marinho Mendes da Silva Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9970-2819>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: [marinhoeng@hotmail.com](mailto:marinhoeng@hotmail.com)

**Francisco Carlos Lira Pessoa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6496-9043>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: [fclpessoa@ufpa.br](mailto:fclpessoa@ufpa.br)

**Resumo**

O processo de tratamento de efluentes sanitários é um mecanismo que depende da análise de variáveis técnicas e demográficas para a especificação do sistema de tratamento mais adequado à demanda atrelada à eficiência de remoção de carga orgânica requerida e o uso que se pretende dar ao efluente tratado. Dessa forma o objetivo do presente estudo de caso, é avaliar a eficiência de um sistema compacto de tratamento de efluentes sanitários, especificado e implantado, para atender uma demanda bruta com contribuição de 71% dos efluentes gerados em frentes de obras por banheiros químicos, tendo como premissas a implantação de equipamento com característica de tratamento aeróbio, com sistema de lodo ativado. A metodologia utilizada baseou-se no levantamento bibliográfico de referência, com a compilação de dados técnicos dos projetos de engenharia executados e normas associadas, realizando análise das taxas de tratabilidade do sistema, através dos resultados obtidos por laudos de monitoramentos realizados durante o ano de 2015. Como resultados, conseguiu-se

observar o enquadramento dos parâmetros pH, temperatura, materiais sedimentáveis, materiais flutuantes, óleos e graxas (minerais e vegetais) dentro dos limites da Resolução CONAMA 430/11, além de atestar a taxa média de redução de 75% para DBO5, ou seja, superior ao valor de 60% estabelecido como referência na supracitada resolução, atestando a eficiência do sistema para tratamento dos efluentes com as características previstas.

**Palavras-chave:** Efluentes; Tratamento aeróbio; Lodo ativado; DBO.

### **Abstract**

The sanitary effluent treatment process is a mechanism that depends on the analysis of technical and demographic variables to specify the treatment system most suited to the demand linked to the efficiency of removing the required organic load and the intended use of the treated effluent. Thus, the objective of the present case study is to evaluate the efficiency of a compact sanitary effluent treatment system, specified and implemented, to meet a gross demand with a contribution of 71% of the effluents generated on construction fronts by chemical toilets, taking into account as premises the implantation of equipment with aerobic treatment characteristic, with activated sludge system. The methodology used was based on a bibliographic reference survey, with the compilation of technical data of the executed engineering projects and associated standards, performing analysis of the system's treatability rates, through the results obtained by monitoring reports carried out during 2015. As a result, it was possible to observe the framework of the parameters pH, temperature, sedimentable materials, floating materials, oils and greases (minerals and vegetables) within the limits of CONAMA Resolution 430/11, in addition to certifying the average reduction rate of 75 % for BOD5, that is, higher than the value of 60% established as a reference in the aforementioned resolution, attesting the efficiency of the system for treating effluents with the expected characteristics.

**Keywords:** Effluents; Aerobic treatment; Activated sludge; BOD.

### **Resumen**

El proceso de tratamiento de efluentes sanitarios es un mecanismo que depende del análisis de variables técnicas y demográficas para precisar el sistema de tratamiento más adecuado a la demanda vinculada a la eficiencia de remoción de la carga orgánica requerida y el uso previsto del efluente tratado. Así, el objetivo del presente caso de estudio es evaluar la eficiencia de un sistema compacto de tratamiento de efluentes sanitarios, especificado e implementado, para atender una demanda bruta con un aporte del 71% de los efluentes

generados en frentes de construcción por baños químicos, tomando en cuenta como premisa la implantación de equipos con característica de tratamiento aeróbico, con sistema de lodos activados. La metodología utilizada se basó en un levantamiento de referencia bibliográfica, con la recopilación de datos técnicos de los proyectos de ingeniería ejecutados y estándares asociados, realizando análisis de las tasas de tratabilidad del sistema, a través de los resultados obtenidos por los informes de seguimiento realizados durante 2015. Como resultado, fue posible observar el marco de los parámetros pH, temperatura, materiales sedimentables, materiales flotantes, aceites y grasas (minerales y vegetales) dentro de los límites de la Resolución CONAMA 430/11, además de certificar la tasa de reducción promedio de 75 % para DBO5, es decir, superior al valor del 60% establecido como referencia en la resolución mencionada, lo que acredita la eficiencia del sistema de tratamiento de efluentes con las características esperadas.

**Palabras clave:** Efluentes; Tratamiento aeróbico; Lodo activado; DOB.

## 1. Introdução

As águas residuárias ou efluentes líquidos são definidas por aquelas que são modificadas por diversos usos como: atividades domésticas, industriais e comunitárias (composta por dejetos do corpo humano), resultando na combinação de líquidos e resíduos sólidos transportados pela água, ou seja, alterando sua qualidade e se tornando um resíduo líquido (Mara, 2004; Mendonça & Mendonça, 2017; Von Sperling & Chernicharo, 2005).

Mara (2004), reforça que em todo o mundo há uma enorme necessidade de água, e a água para atender a essas necessidades está ficando cada vez mais escassa, devido à crescente demanda para satisfazer as necessidades das populações (De Paula & Fernandes, 2018). O Relatório das Nações Unidas sobre o desenvolvimento de recursos hídricos (UNESCO, 2015), afirma que a poluição devida ao não tratamento dos efluentes domésticos e industriais, enfraquece a capacidade dos ecossistemas suprir os serviços relacionados aos recursos hídricos.

Dessa forma o tratamento dos efluentes torna-se mecanismo *si ne qua non* à manutenção da qualidade ambiental, controle da poluição e conseqüentemente tem reflexos sobre a saúde das populações. Tais tratamentos almejam remover compostos orgânicos e inorgânicos dos efluentes líquidos, enquadrando-os em padrões definidos pelos órgãos ambientais ou presentes em normas técnicas de referência que direcionam sua reutilização, lançamento na rede pública de esgotos ou ainda no meio ambiente.

Sendo assim, as estações de tratamento de efluentes ou esgotos (ETE), são equipamentos importantes para o controle da poluição, pois têm como objetivo a remoção dos poluentes, nutrientes e matéria orgânica presentes nas águas residuárias antes que retornem ao meio ambiente (Pereira & Garcia, 2017).

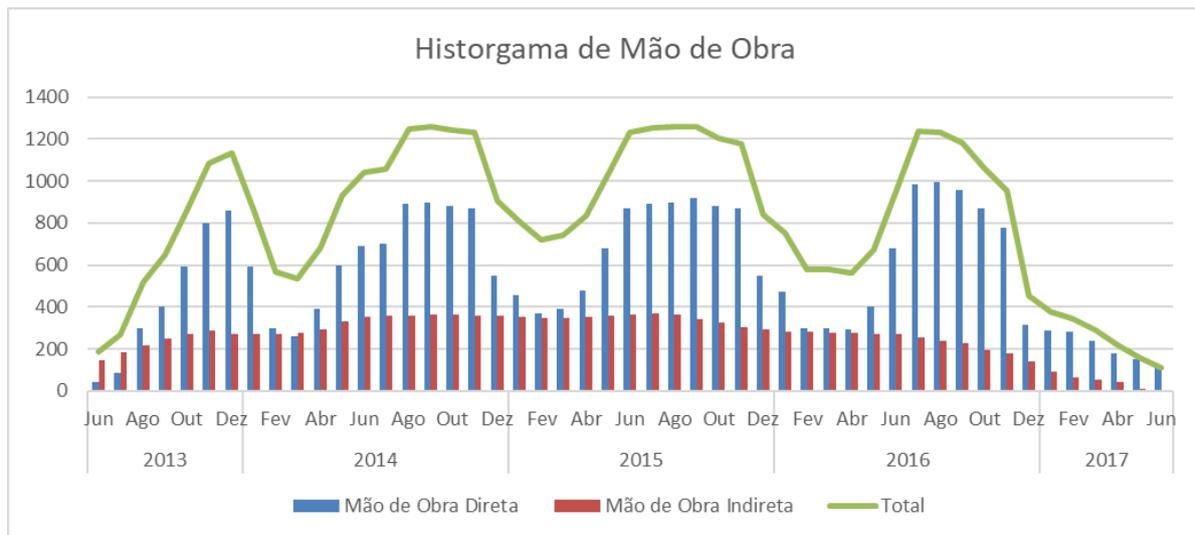
Neste aspecto, Marçal e Silva (2017) reforçam que o estabelecimento de políticas e normas ambientais são necessárias para manutenção de critérios locais de descarga e nível de tratamento exigido para garantir que a qualidade dos recursos hídricos não seja afetada pelo impacto do lançamento destes despejos.

Sob o aspecto legal, diversas normas e legislações brasileiras, regem o tema poluição e poluição hídrica, contudo cita-se predominantemente a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), ou Lei 6.938 de 1981, onde seu Art. 3º inciso III estabelece o que é considerado poluição, e no Art. 8º inciso VII, informa que compete ao Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente (Brasil, 2014). Sendo assim, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução 430 de 13 de maio de 2011, estabeleceu as condições e padrões de lançamento de efluentes e as diretrizes para sua gestão, (Brasil, 2012).

Atrelado ao atendimento aos parâmetros legais, Von Sperling (1996), cita que o tratamento biológico de esgotos ocorre inteiramente por mecanismos biológicos, que realizam o processo de depuração em condições controladas (controle da eficiência) e em taxas mais elevadas, ou seja, é uma solução mais compacta em relação ao processo realizado em um ambiente natural. Com isso compostos que possam inibir a atividade microbológica, como produtos químicos, podem impactar na eficiência do processo biológico de tratamento, ou seja, podem comprometer o atendimento aos requisitos legais de lançamento destes efluentes após tratamento.

Essa é uma problemática a ser trabalhada no presente estudo, uma vez que o sistema compacto de tratamento, visa atender uma demanda básica gerada em banheiros químicos, dispostas em frentes de obras e por esta característica, tem um perfil flutuante de mão de obra, conforme pode ser melhor observado na Figura 1 a seguir.

**Figura 1.** Histograma de mão de obra direta (MOD) e mão de obra indireta (MOI), para o período planejado de obras.



Fonte: Autores (2020).

Conforme histograma acima, o cronograma teve início em junho de 2013 indo até junho de 2017, apresentando uma flutuação maior entre a Mão de Obra Indireta (MOI) no período, com decréscimo do efetivo entre os meses de fevereiro a abril e pico máximos entre os meses de agosto a outubro. Já com relação a Mão de Obra Direta (MOD) apresenta pouca variação no período estimado de 4 anos.

Estes valores apresentam um pico máximo de Mão de Obra (MOD+MOI), com o cenário de uma população estimada de 1.259 pessoas, nos meses de julho e setembro de 2014, e agosto e setembro de 2015. E com uma média estimada de 1.245 pessoas entre os meses de julho a novembro entre os anos de 2014 a 2016.

Esta natureza flutuante de pessoas, durante a execução da obra, infere diretamente a geração sazonal de efluentes, portanto, apresentando picos de máximas e mínimas de geração de esgoto sanitário. Diante desta característica foi direcionado como premissa para especificação do equipamento compacto, seu funcionamento por bateladas, a fim de se garantir o tratamento adequado do efluente, mesmo em períodos de mínima geração, mantendo a capacidade total de trabalho nas máximas.

Von Sperling (1997), cita ainda que esse processo é conseguido através do estabelecimento de ciclos de operação com durações definidas, uma vez que a massa biológica permanece no reator durante todo o ciclo. Tal operação simplifica o sistema, mantendo a eficiência do processo, ou seja, requerendo menor área para tratamento e sendo mais adequado para um sistema compacto (Correia, et al., 2012). Todos estes aspectos

direcionam para um processo de tratamento pela matriz aeróbia, em detrimento da anaeróbia mesmo que esta última tenha uma baixa produção de sólidos (cerca de 2 a 8 vezes inferior) e tenha baixo consumo de energia, porém é altamente impactada por distúrbios relativos a choques de carga orgânica, hidráulica e produtos químicos que impactem na microbiologia da digestão anaeróbia (Chernicharo, 1997)

Neste âmbito, mesmo definindo o sistema de tratamento, o principal impacto para o funcionamento deste, está na característica principal da geração do efluente, isto por que, basicamente a população estimada usuária fixa do canteiro de obras, no pico estaria por volta de 364 pessoas, sendo que o restante seriam funcionários trabalhando em frente de obras, com suporte de banheiro químicos, ou seja, aproximadamente 71% dos efluentes sanitários a serem tratados seriam gerados nas frentes de obras, coletados em banheiros químicos e enviados para tratamento na ETE compacta do canteiro. E por se tratar de banheiros químicos teriam uso de substâncias desodorizantes químicas, para evitar a formação do mau odor gerado pela degradação da matéria orgânica com tempo de ação entre 6 a 8 horas de acordo com a concentração e tipo de material usado (Lopes, 2017).

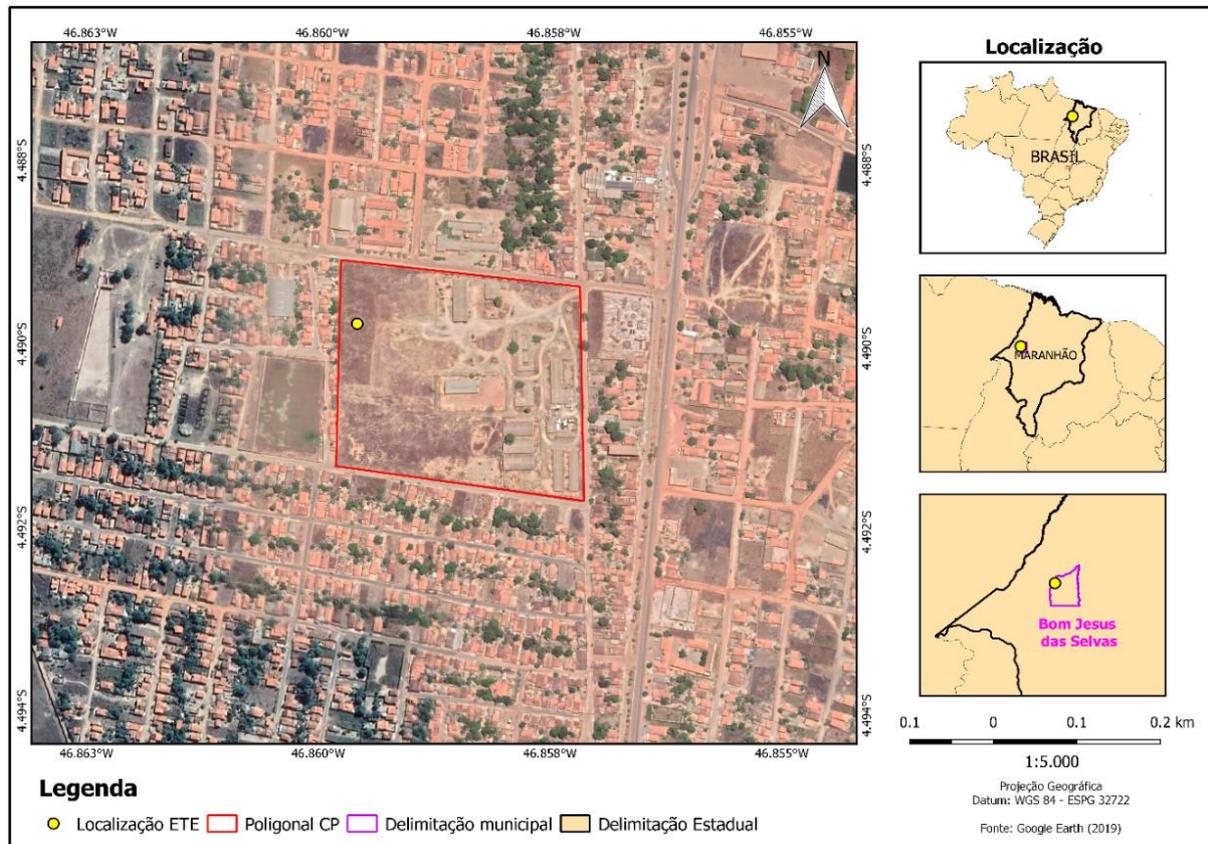
Assim, o presente estudo tem o objetivo de avaliar a eficiência de tratamento de uma ETE compacta para tratamento de efluentes sanitários, implantada em uma obra linear executada no município de Bom Jesus das Selva – MA, com projeção de geração de 71% dos efluentes oriundos de banheiros químicos, utilizando como referência dados de monitoramento do ano de 2015, e tendo como base legal o atendimento aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 430/11.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Área de Estudo**

O local de instalação do sistema compacto foi em uma área com aproximadamente 6 ha utilizada como Canteiro de Principal de Obras (CP), localizada na zona urbana do município de Bom Jesus da Selvas, no estado do Maranhão. A localização do ponto de instalação do equipamento pode ser observada na Figura 2.

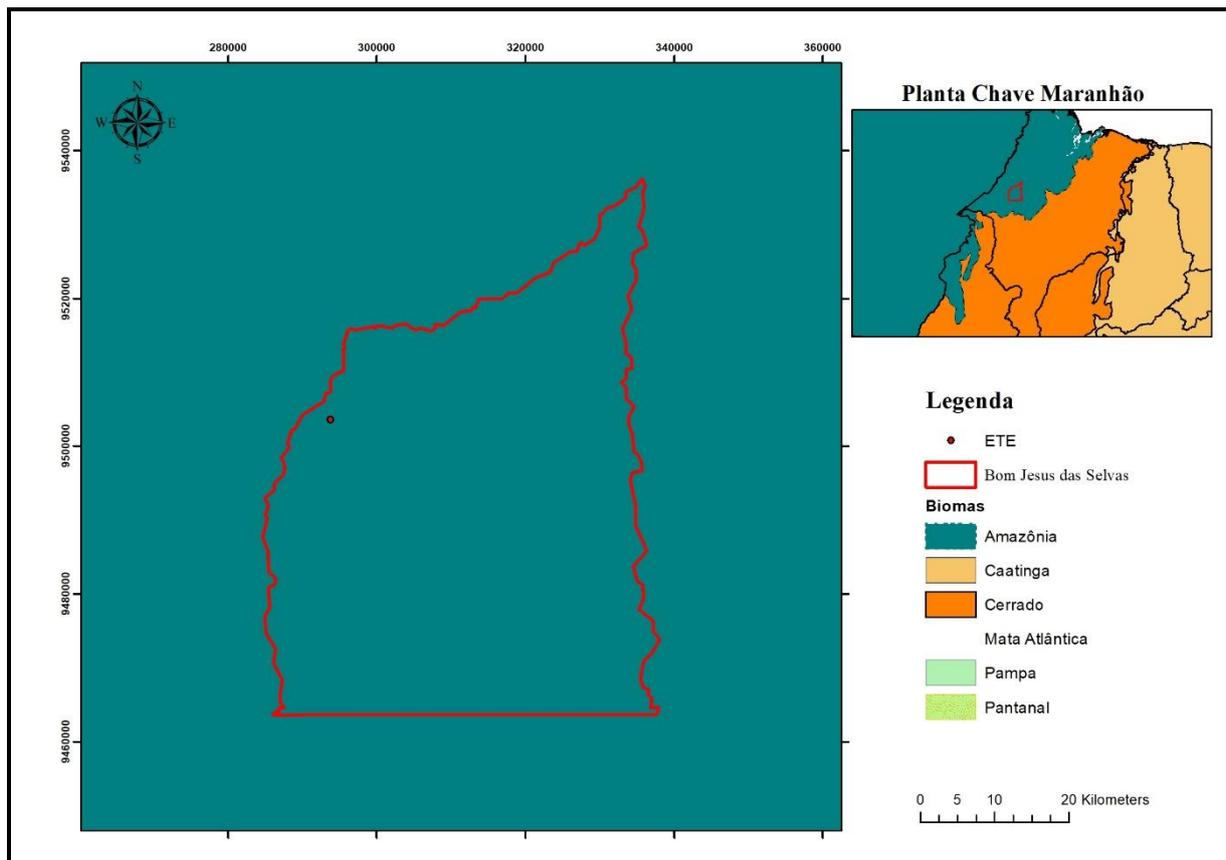
**Figura 2.** Mapa de localização da ETE implantada na área urbana do município de Bom Jesus das Selvas – MA.



Fonte: Google Earth, mosaico 2019. Satélites CNES/ Airbus e Maxar Technologies, adaptado pelos autores.

De acordo com IBGE (2010), o município de Bom Jesus das Selvas conta com população estimada de 28.459 pessoas, área da unidade territorial de 2.679,074km<sup>2</sup>, densidade demográfica de 10,62 hab./km<sup>2</sup>, pertencente ao bioma Amazônia, com esgotamento sanitário adequado para 22% da população. A Figura 3 a seguir apresenta o mapa regional de localização da área de estudo em relação ao bioma Amazônia.

**Figura 3.** Mapa bioma regional, apresentando a área de estudo situada no bioma Amazônia.



Fonte: IBGE (2002). Geociências – informações ambientais: Biomas Brasileiros, adaptado pelos autores.

Conforme Figura 3, o local está situado na porção do bioma amazônico, o que torna relevante do ponto de vista ambiental, principalmente quando verifica-se os dados de saneamento do município de acordo com o senso do IBGE em 2010, que apresenta somente 22% da população com esgotamento sanitário adequado, reforçando ainda mais a importância de se estabelecer sistema provisório de tratamento, que não impacte nos equipamentos públicos de saneamento.

## 2.2 Caracterização da Pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como estudo de caso, pois traz uma abordagem sobre os resultados obtidos pelo projeto executado com análise qualitativa e quantitativa, seguindo-se a fase de levantamento bibliográfico, no qual foram levantadas e analisadas as características base relacionadas ao estudo e questões norteadoras ao problema abordado, normas técnicas brasileiras, requisitos legais brasileiros, realizando correlação entre estes.

Após esse levantamento inicial, foi realizada a coleta e compilação de dados técnicos relacionado ao trabalho, como laudos, planilhas, relatórios, projetos em formato CAD (extensões dwg ou dxf), mapas, arquivos em formato shape file (shp) e outros formatos relacionados aos sistemas de informações geográficas (SIG), todos gerados durante a fase de elaboração do projeto base deste estudo. Esses dados subsidiaram a análise do problema base a ser trabalhado para o presente projeto.

### ***Utilização de dados de Sistemas de Informações Geográficas.***

Os dados de SIG foram trabalhados e utilizados para as análises espaciais de localização da estrutura, conforme segue:

- Imagens de satélite: utilizadas imagens de satélite de alta resolução, disponíveis no software Google Earth Pro versão 7.3.2.5776, satélites CNES/ Airbus e Maxar Technologies mosaico 2019;
- Arquivos shape files (shp): Arquivos shp para formatação de mapas de localização obtidos na base de dados do IBGE em seu sítio eletrônico, dos municípios brasileiros ano de 2018, escala de 1:250.000, projeção geográfica LAT/LONG, Sistema Geodésico de Referência – SGR Sirgas 2000;
- Softwares de SIG; foram utilizados para trabalhar os dados geográficos obtidos os softwares QGIS versão 2.18, ArcMap versão 10.5, AutoCad 2019.

### ***Dimensionamento do sistema compacto.***

Para o dimensionamento da ETE, utilizou-se como referência para o cálculo da contribuição diária de esgoto, os valores de referência da tabela 1 da NBR 7229/93, item 2 - ocupantes temporários para fabricas em geral, que especifica a contribuição de 70 L/pessoa/dia. Considerando o pico de mão de obra de 1.259 pessoas, como a população atendida, conforme definição da NBR 9.648/86, os critérios de projeto ficaram:

- População atendida = 1259 pessoas;
- Geração per capita (NBR 7229/93) = 70 L/pessoa/dia para fábrica em geral;
- Contribuição diária de esgoto =  $1.259 \times 70 = 88.130$  L.

Sendo a contribuição diária de efluente sanitário estimada de 88.130 L/dia, ou 88,13m<sup>3</sup>/dia, aplicou-se ainda uma taxa de 23% como coeficiente de segurança, para o cálculo da capacidade total do reator, assim a capacidade total estimada adotada no cálculo, para os reatores aeróbicos foi de 115.392 L. Para especificação dos reatores aeróbicos seguiu-se as orientações da NBR 12.209/2011:

- A profundidade mínima do tanque de aeração por ar difuso deve ser de 3 m;
- A densidade de potência no tanque de aeração, do equipamento de aeração superficial, deve ser igual ou superior a 10 W/m<sup>3</sup>.

Para que o sistema tivesse flexibilidade operacional, adotou-se como alternativa a utilização de reatores independentes funcionando em bateladas. Tal premissa permite o equipamento adaptar-se as flutuações de geração de efluentes, podendo funcionar 1 reator sozinho ou 4 simultaneamente. Dividindo assim, o volume estimado em 4 reatores cilíndricos com a seguinte característica: D = Diâmetro do tanque; h = Altura do Tanque; V = Volume do tanque =  $\pi * r^2 * h$ . Sendo:

$$D = 3,5\text{m};$$

$$h = 3,0\text{m};$$

$$V = 3,14 * (1,75)^2 * 3 = 28,848 \text{ m}^3$$

Considerando a altura do líquido em 2,72m tem-se:

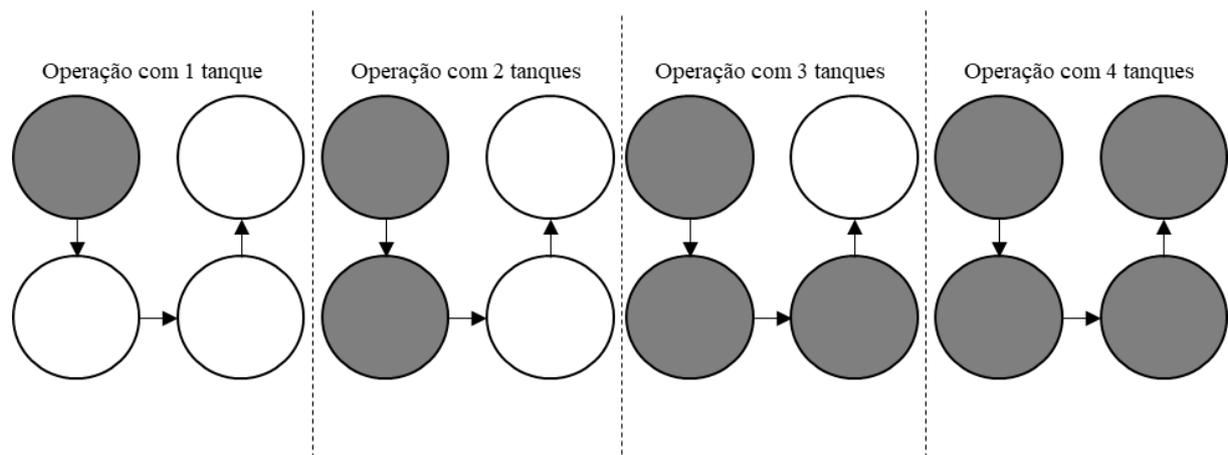
$$V = 3,14 * (1,75)^2 * 2,72 = 26,156 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidade total do tanque} = 28,848 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidade nominal do tanque} = 26,156 \text{ m}^3$$

Sendo o fluxo operacional realizado conforme layout apresentado na Figura 4, podendo funcionar com 1 ou 4 tanques em processo de batelada, flutuando com a demanda de geração de efluente de acordo com o fluxo sazonal de mão de obra (MO). Layout este que permite ainda aumentar o parque de tanques, para atender há um possível incremento não previsto no contingente da população estimada.

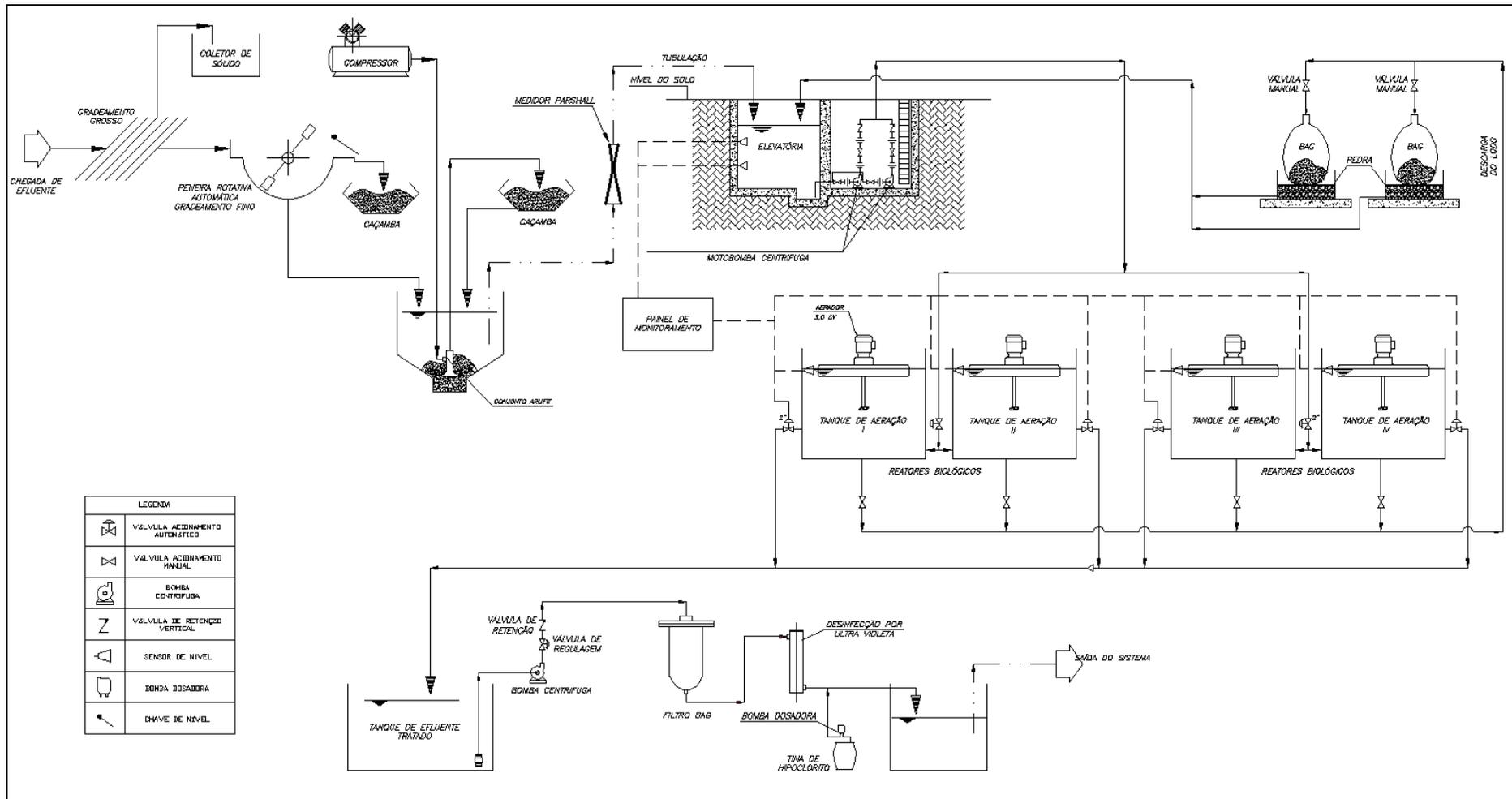
**Figura 4.** Layout esquemático do fluxo de operação dos reatores aeróbios por bateladas, com sistema flutuante de operação.



Fonte: Autores (2020).

Utilizou-se a potência especificada de projeto de 2.206,5W (3 cv) para os aeradores mecânicos de cada tanque de aeração, seguindo a orientação da NBR 12.209/11 que informa que a densidade da potência no tanque de aeração, dotado de equipamento de aeração superficial, deve ser igual ou superior a 10 W/m<sup>3</sup>. Para esta definição, foram considerados o volume útil do tanque de aeração, o tempo de reação na vazão de pico, além de 50% destinado a sedimentação de sólidos (Kamiyama, 89; Kamiyama & Tsutiya; 1992). O fluxograma geral do processo de tratamento pode ser observado na Figura 5 a seguir.

Figura 5. Fluxograma do processo de tratamento do sistema compacto.



Fonte: Autores (2020).

Conforme Figura 5 o fluxo de tratamento do sistema especificado, embora compacto apresenta as fases de tratamento preliminar, secundária e terciária (desinfecção), conforme etapas abaixo:

- Sistema preliminar de tratamento com gradeamento e sistema de desarenação;
- Calha Parshall;
- Elevatória;
- Reatores aeróbios (aeração mecânica) de fluxo ascendente composto por sistema de recirculação de lodo (lodo ativado);
- Painel de controle e comando;
- Filtro de areia com material filtrante;
- Sistema de desinfecção com bomba dosadora eletromecânica;
- Bomba de retro lavagem.
- 

Os principais critérios utilizados para dimensionamento dos sistemas preliminares de tratamento, segundo a ABNT 12.209/11 foram:

- Gradeamento:
  - a. Velocidade máxima através das barras da grade para a vazão final – 1,20 m/s;
  - b. Inclinação das barras em relação à horizontal – 60 a 90°/ limpeza mecanizada;
  - c. Perda de carga a ser considerada (escoamento montante) – 0,10 m/ limpeza mecanizada.
- Descarnador:
  - a. Velocidade de escoamento 0,25 a 0,40 m/s;
  - b. Profundidade mínima para acumulação de material sedimentado – 0,20 m;
  - c. Taxa de escoamento superficial 600 a 1000 m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup>/d.

### ***Método de Análise de resultados***

Para análises dos resultados e comparação com a legislação, foram utilizados laudos de monitoramento de qualidade dos efluentes, executado por laboratório particular especializado, homologado pelo INMETRO utilizando como referência para execução das análises laboratoriais os procedimentos presentes no *Standard Methods for the Examination of Water*

*and Wasterwater* – (APHA, 2012), tendo como critérios para os parâmetros a serem monitorados e métodos a serem utilizados, o que estabelece Art. 21 e Art. 16 da Resolução CONAMA 430/2011, conforme Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1.** Parâmetros e métodos de análise, conforme Resolução CONAMA 430/2011.

<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>	<b>Limite</b>
<b>pH</b>	Potenciometria	5-9
<b>Temperatura:</b>	-	<40°C
<b>Materiais Sedimentáveis</b>	Cone Imnhof	1 ml/L
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Respirometria	máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO
<b>Óleo minerais</b>	Gravimetria	20 mg/L
<b>óleos vegetais e gorduras animais</b>	Gravimetria	50 mg/L
<b>Materiais flutuantes</b>	Metodologia sensorial	Virtualmente ausentes

Fonte: Adaptado de Brasil (2012).

Um ponto de destaque é que para óleos e graxas o Art. 21 da supracitada resolução, prevê limite até 100 mg/L, contudo considerando o parágrafo 1º deste:

§ 1º As condições e padrões de lançamento relacionados na Seção II, art. 16, incisos I e II desta Resolução, poderão ser aplicáveis aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários, a critério do órgão ambiental competente, em função das características locais, não sendo exigível o padrão de nitrogênio amoniacal total.

Desta forma, buscou-se utilizar os parâmetros previstos no inciso I do Artigo 16, por serem mais restritivos e mais representativos, conforme apresentado na Tabela 1.

Assim, todos os dados obtidos através dos laudos emitidos para a entrada e saída do sistema de tratamento, foram planilhados no software Excel, com resultados avaliados de forma estatística para análise da eficiência de tratabilidade do equipamento.

### **3. Resultados e Discussão**

Os resultados apresentados referem-se aos monitoramentos executados ao longo do ano de 2015, uma vez que o equipamento por motivos de planejamento de obra, ficou operacional ao fim do ano de 2014 (tempo de operação assistida), correlacionando com a taxa de tratabilidade dos demais parâmetros e eficiência na remoção de DBO do equipamento. Será analisado também, se as estratégias adotadas na especificação do equipamento, foram suficientes para garantir a tratabilidade dos efluentes, tendo como referência de comparação os parâmetros e limites de lançamento destacadas no inciso I do Art. 21 da Resolução CONAMA 430 de maio de 2011 (Brasil, 2012).

#### **3.1 Resultados Obtidos para pH e Temperatura**

Valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico de esgotos, e elevadas temperaturas aumentam a taxa de reações físicas, químicas e biológicas, bem como a taxa de transferência de gases (Von Sperling, 2005). Diante disso a manutenção das faixas ótimas de pH e Temperatura, são necessárias para o sucesso do processo de tratamento de efluentes, dessa forma a Tabela 2 a seguir, apresenta os resultados de monitoramento para os parâmetros pH e temperatura ao longo do ano de 2015.

**Tabela 2.** Resultados de pH e temperatura obtidos ao longo do ano.

Meses	Limite CONAMA 430/11			
	Temperatura: <40°C		pH: 5-9	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída
janeiro	23,1	23,1	5,21	6,18
fevereiro	23,1	22,1	5,20	6,31
março	23,1	23,1	5,42	6,27
abril	22,1	22,1	5,36	6,51
maio	20,1	20,1	5,76	6,46
junho	20	20	5,80	6,50
julho	21	21	5,75	6,42
agosto	22	22	5,69	6,39
setembro	22	22	5,63	6,33
outubro	23	23	5,61	6,30
novembro	22	22	5,57	6,25
dezembro	22,5	22,5	5,50	6,28

Fonte: Autores (2020).

Os valores de pH permaneceram entre a faixa de 5 a 9, tanto para os resultados de entrada quanto os de saída do sistema, ou seja, ambos registrados dentro do limite de lançamento previsto no inciso I do Art. 16 da CONAMA 430/11 (Brasil, 2012). Contudo todos valores de saída apresentaram uma melhoria na alcalinidade variando entre 6,18 a 6,51.

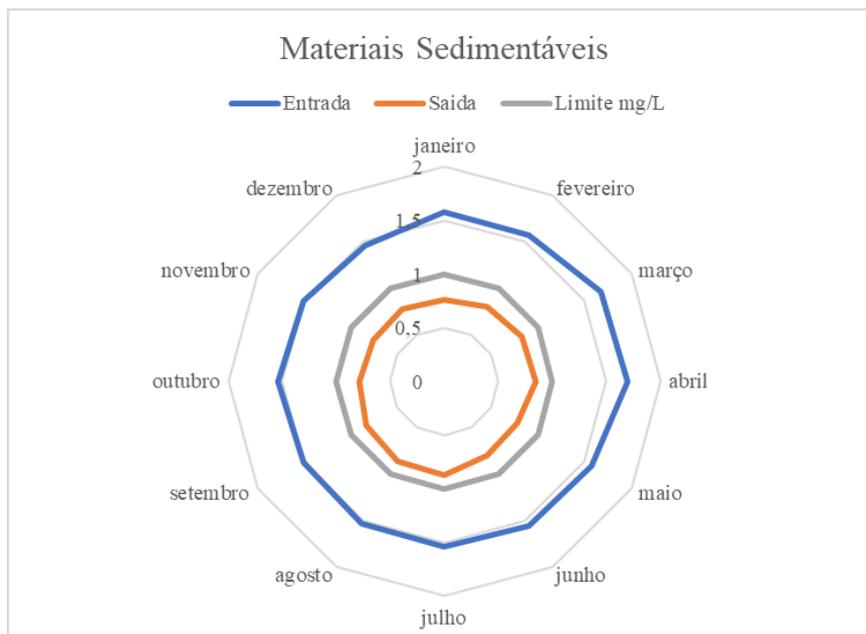
Os valores medidos de temperatura apresentaram pouca variação entre os resultados para entrada e saídas do sistema de tratamento ao longo do ano. Tanto os resultados de entrada quanto de saída do sistema, foram registrados dentro do valor de referência para lançamento do efluente da CONAMA 430/2011. Segundo Sobrinho (1983), valores de temperatura entre 4°C a 31°C, praticamente não tem influência na remoção do substrato solúvel, para sistemas de lodos ativados (com efluentes especificamente domésticos), e idade do lodo superior a 3 dias. De outra forma o mesmo autor cita que valores entre 10 e 20°C tem pouca influência na taxa de utilização do oxigênio dissolvido do líquido, porém valores acima de 20°C aumentam essa taxa.

### 3.2. Materiais Sedimentáveis

Este parâmetro se refere a porções de elementos, que se se decantam devido a ação da gravidade, ou seja, são pequenas partículas sólidas que se mantêm em suspensão como um coloide, sendo importantes para avaliação dos contaminantes presentes nos efluentes (Von

Sperling, 2005). Neste caso o tratamento preliminar, composto por gradeamento e desarenação, compõe a principal etapa de trabalho para garantir a eficiência de tratabilidade deste parâmetro, e para não comprometer a funcionalidade das demais etapas de tratamento (Ribeiro et al, 2018). A Figura 6 apresenta um gráfico de rede com a comparação dos resultados de entrada e saída da ETE, para este parâmetro.

**Figura 6.** Resultados de tratabilidade relativo a materiais sedimentáveis, correlacionando a entrada e saída dos efluentes no sistema de tratamento.



Fonte: Autores (2020).

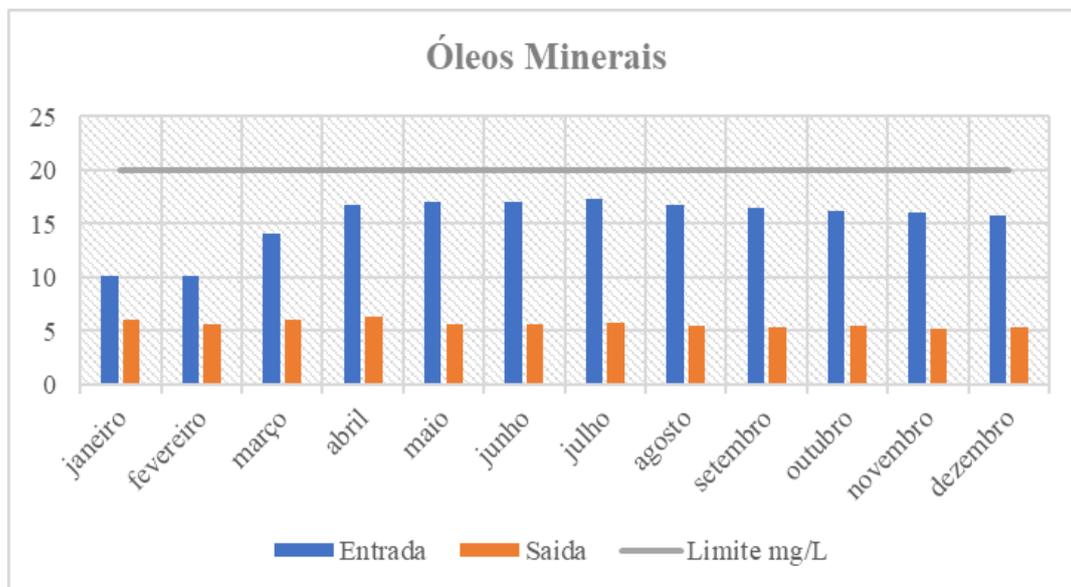
Os materiais sedimentáveis medidos na entrada do sistema variaram entre 1,40 mg/L a 1,70 mg/L. Após tratamento a concentração de materiais sedimentáveis reduziu em média 49% considerando todos os meses analisados, variando entre 0,76 mg/L para os meses de janeiro e novembro, e 0,88 mg/L para o mês de julho, portanto mantendo-se dentro limite de lançamento previsto na CONAMA 430/11.

### 3.3 Óleos e Graxas e Materiais Flutuantes

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Geralmente em efluentes de origem sanitária são oriundos de gorduras provenientes de refeitórios e restaurantes, e quando em excesso possuem dificuldade de degradação dos processos biológicos, formando um filme e impedido a transferência de oxigênio do ar para

água, devido à baixa solubilidade e baixa densidade destes compostos. A Figura 6 a seguir apresenta os resultados para óleos minerais obtidos para a entrada e saída do sistema compacto.

**Figura 7.** Resultados obtidos para óleos minerais para entrada e saída da ETE ao longo do ano de 2015.



Fonte: Autores (2020).

Conforme a Figura 7, os valores de entrada de óleos minerais variaram entre 10 mg/L a 17 mg/L, ou seja, mesmo sem tratamento já se apresentavam dentro do limite legal. Após tratamento houve uma redução média de 66% desse elemento, variando entre 5,2 e 6,3 mg/L de óleos minerais na porção do efluente tratado.

Para os óleos vegetais e gorduras animais, a Tabela 3 apresenta uma média de 50% de remoção destes elementos nos valores de saída, variando a concentração entre 23,1 mg/L à 35,3 mg/L na porção do efluente tratado.

**Tabela 3.** resultados de óleos minerais e vegetais, e na entrada e saída da ETE, com percentual de remoção destes elementos após tratamento.

Meses	Óleos Minerais – 20 mg/L			Óleos vegetais e Gorduras Animais – 50 mg/L			Materiais Flutuantes - Ausência	
	Entrada	Saída	% remoção	Entrada	Saída	% remoção	Entrada	Saída
<b>janeiro</b>	10,1	6	41	48,0	23,1	52	Presença	Ausência
<b>fevereiro</b>	10,1	5,6	45	60,0	27,5	54	Presença	Ausente
<b>março</b>	14,1	6,1	57	60,7	32,5	46	Presença	Ausência
<b>abril</b>	16,7	6,3	62	67,1	30,1	55	Presença	Ausência
<b>maio</b>	17,1	5,7	67	69,4	34,7	50	Presença	Ausência
<b>junho</b>	17,0	5,6	67	69,3	34,6	50	Presença	Ausência
<b>julho</b>	17,3	5,8	66	70,0	35,3	50	Presença	Ausência
<b>agosto</b>	16,8	5,5	67	69,3	34,6	50	Presença	Ausência
<b>setembro</b>	16,5	5,3	68	69,0	34,2	50	Presença	Ausência
<b>outubro</b>	16,2	5,5	66	68,7	34,4	50	Presença	Ausência
<b>novembro</b>	16,0	5,2	68	68,2	34,0	50	Presença	Ausência
<b>dezembro</b>	15,7	5,4	66	68	33,7	50	Ausência	Ausência
<b>Média</b>	-	-	<b>66</b>	-	-	<b>50</b>	-	-

Fonte: Autores (2020).

Já para materiais flutuantes identificou-se ausência após tratamento, estando o parâmetro de acordo com o limite de referência para lançamento. Estes resultados, apresentam uma correlação direta entre os índices de tratabilidade ocorrido em cada parâmetro, ou seja, a redução da concentração de óleos minerais, gorduras e materiais sedimentáveis, corroboram para o resultado de ausência de materiais flutuantes em todos os meses analisados.

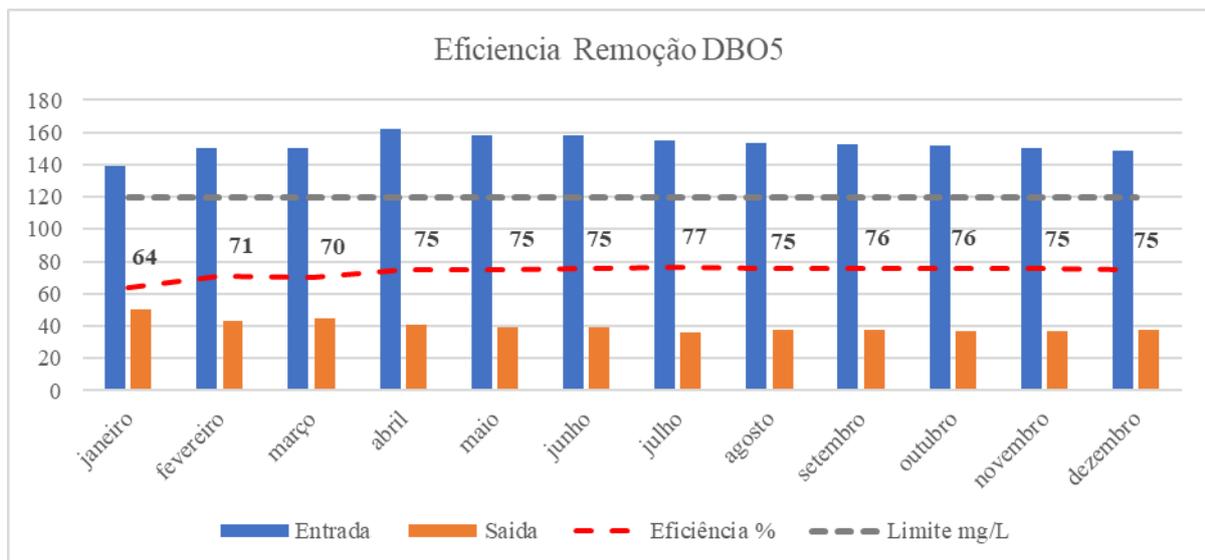
### 3.4 Demanda Bioquímica De Oxigênio – DBO

A Demanda bioquímica de oxigênio é o parâmetro mais usado para medir a concentração de poluição orgânica nas águas residuárias, envolve a análise da correlação da quantidade de oxigênio dissolvido consumido pelos microrganismos, para oxidação bioquímica da matéria orgânica, em um tempo de incubação de 5 dias (Leme, 2008).

Dessa forma uma DBO<sub>5</sub> elevada está diretamente relacionada ao aumento da taxa de oxidação da matéria orgânica nesse meio aquoso, ou seja, quanto maior for, maior será o impacto de redução do oxigênio de dissolvido no meio para poder oxidar a matéria orgânica. Por isso, este é o principal parâmetro que serve como referência para análise da eficiência de tratamento, sendo requerido uma taxa de eficiência de remoção em torno de 60% (Art. 21,

CONAMA 430/11), para esgotos considerados médios (limite de DBO acima de 110 ml/L), segundo Mendonça e Mendonça (2017). Os resultados obtidos para DBO<sub>5</sub> na ETE compacta, são apresentados na Figura 8.

**Figura 8.** Correlação entre os valores medidos de DBO<sub>5</sub> na entrada e saída do sistema de tratamento, com eficiência registrada de remoção mensal.



Fonte: Autores (2020).

Conforme dados da figura acima, após tratamento o valor de DBO<sub>5</sub> variou de 36 mg/L a 50 mg/L (saída), enquadrando todos os resultados dentro da faixa prevista no inciso I do Art. 21 da Resolução CONAMA 430/11.

Observa-se ainda que após iniciado, a curva de estabilização do sistema se deu após 90 dias, mais especificamente após o mês de março de 2015. Depois de estabilizado, o sistema de tratamento manteve uma eficiência média de remoção de DBO<sub>5</sub> na faixa de 75%.

Segundo Leme (2008), o resultado da eficiência de remoção de DBO<sub>5</sub>, é de 75% a 92% de remoção para tratamento secundário por lodo ativado convencional, e de 75% a 90% para remoção de DBO<sub>5</sub> em sistemas de lodo ativado, com aeração mecânica de alta taxa. Von Sperling (1997), e Von Sperling & Chernicharo (2005), apresentam uma faixa de 85% a 95%, para eficiência de remoção de DBO<sub>5</sub> em sistema convencional de lodo ativado, e uma faixa de 93% a 98% de eficiência para sistemas de aeração prolongada, considerando efluente estritamente doméstico.

Portanto, a eficiência média obtida de 75% é satisfatória, uma vez que atende aos limites de estabelecidos no inciso I do Art. 21 da CONAMA 430/11 tanto para a eficiência de

60% de remoção de DBO<sub>5</sub>, quanto para o limite de 120 mg/L DBO<sub>5</sub> definidos para lançamento dos efluentes, e consegue se enquadrar nas faixas médias citadas em bibliografias de referência, mesmo o efluente não tendo característica totalmente doméstica.

#### **4. Considerações Finais**

Avaliando os resultados obtidos, conclui-se que o trabalho atendeu ao seu objetivo, uma vez que o sistema especificado e implantado, apresentou dados de tratabilidade e eficiência dentro das normativa legais vigentes, conseguindo operar dentro das flutuações de geração de efluente na obra.

Mesmo com o percentual de 71% dos efluentes serem provenientes de banheiros químicos, conseguiu-se boa tratabilidade evidenciado pelos resultados dos parâmetros monitorados, mantendo ao pH e Temperatura dentro dos limites legais e apresentando melhoria da alcalinidade do efluente após tratamento. Os sólidos sedimentáveis tiveram resultado médio em torno de 0,5 ml/L, óleos minerais apresentaram uma taxa de remoção em torno de 66% e óleos vegetais e gorduras em torno de 50%. Em todos os casos mantendo os resultados de saída muito abaixo do limite estabelecido para estes parâmetros. Quanto a DBO<sub>5</sub> os resultados apresentam uma eficiência média de 75% na taxa remoção da matéria orgânica, com resultados entre 36 mg/L a 50 mg/L do efluente após tratamento.

Conseguir este índice de tratabilidade em um ano de operação do equipamento, com a característica química dos efluentes sanitários tratados, mostra que as soluções adotadas foram eficientes para garantir a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos.

Dessa forma os resultados apresentam um efluente tratado, que atende aos padrões legais de lançamento após tratamento, tendo como próximo passo conseguir um índice de remoção de DBO<sub>5</sub> entre 90% e 95%, para tanto sugere-se maior tempo de estabilização do lodo, equalização do aporte de efluente estritamente sanitário e o que vem de banheiros químicos, bem como o acompanhamento do monitoramento dos parâmetros de nitrogênio e fósforo.

#### **Referências**

American Public Health Association. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater (22nd. ed.). Washington, USA: APHA.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993). NBR 7229: Projeto, Construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, RJ: ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2011). NBR 12.209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, RJ: ABNT.

Brasil. (2012). Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Em Brasil (Ed.), Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012 (pp. 420-427). Ministério do Meio Ambiente.

Brasil. (2014). Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Em Coletânea de legislação ambiental, constituição federal (pp. 965-975). Editora Revista dos Tribunais.

Chernicharo, C. A. L. (1997). Reatores Anaeróbios. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG.

Correia, G. T., Gebara, D., & Sobrinho, M. Dall'Aglio. (2012). Reator aeróbio de leito fluidizado com circulação interna utilizado no tratamento de esgoto doméstico. Revista DAE, (190), 12-19. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.096>.

De Paula, H. M., & Fernandes, C. E. (2018). Otimização do tratamento de água cinza a partir do uso combinado de coagulantes químicos. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 23 (5), 951-961. doi: 10.1590/S1413-41522018169155.

Geodésico de Referência – SGR Sirgas 2000. Acessado em 21/02/20, em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>.

IBGE. (2002). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências – informações ambientais: Geologia – mapa geológico 1.250.000. Hidrografia – mapa hidrológico. Biomas Brasil, 1.500.000. IBGE, 2002. Acesso em 25/03/2020, em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

IBGE. (2010). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Densidade demográfica brasileira: Censo Demográfico 2010. Acesso 04/03/20, em: <https://www.ibge.gov.br>.

IBGE. (2011). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Esgotamento sanitário adequado. Acesso em 03/03/2020, em: <https://cidades.ibge.gov.br>.

IBGE. (2018). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Shape File Brasil e municípios Brasileiros: ano de 2018, escala de 1:250.000, projeção geográfica LAT/LONG, Sistema

Kamiyama, Hissashi. (1989). Lodo ativado por batelada (LAB): suas vantagens no tratamento de esgotos das comunidades de médio e pequeno porte (parte1). Revista DAE, 49(157), 218-221. Acessado em: <http://www.revistadae.com.br>

Kamiyama, Hissashi., & Tsutiya, Milton Tomoyuki. (1992). Lodo ativado por batelada: um processo econômico para o tratamento de esgotos em estações de grande porte. Revista DAE, (165), 1-7. Acessado em: <http://www.revistadae.com.br>

Leme, E. J. A. (2008). Manual prático de tratamento de águas residuárias. São Carlos, SP: Editora EDUFSCAR.

Lopes, I. M. S. (2017). Efluentes de banheiros químicos: Como é feito seu manejo e quais são os efeitos do seu descarte em estações de tratamento de esgotos? Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais.

Mara, Ducan. (2004). Domestic wastewater treatment in developing countries. London, UK: Earthscan

Marçal, D. A., & Silva, C. E. (2017). Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental* 22 (4). 761-772. DOI: 10.1590/S1413-41522017148242

Mendonça, S. R., Mendonça, L. C. (2017). *Sistemas Sustentáveis de Esgotos: orientações para projetos e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reuso na agricultura*. Editora Edgard Blucher LTDA. (Trabalho original publicado em 2016).

Ribeiro, T. B., Lobato, L. C. S., Souza, S. N., Pegorini, E. S., & Chernicharo, C. A. Lemos. (2018). Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário – Parte 2: Tratamento preliminar, bombeamento e distribuição de vazão. *Revista DAE* 124 (66). DOI: 10.4322/dae.2018.039.

Sobrinho, Pedro Além. (1983). Estudo dos fatores que influenciam no desempenho do processo de lodos ativados – determinação de parâmetros de projeto para esgotos predominantemente domésticos. *Revista DAE*, (132), 49-85. Acessado em: <http://www.revistadae.com.br>

UNESCO. (2015). Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos: Água para um mundo sustentável – sumário executivo. Programa de Avaliação Mundial da Água das Nações Unidas. <http://www.unesco.org/water/wwap>.

Von Sperling, Marcos. (1997). *Lodos ativados. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG.

Von Sperling, Marcos. (1996). *Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG.

Von Sperling, Marcos. (2005). *Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG.

Von Sperling, M. & Chernicharo, C. A. L. (2005). Biological wastewater treatment in warm climate regions. London, UK: IWA Publishing.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

José Marinho Mendes da Silva Júnior – 95%

Francisco Carlos Lira Pessoa – 5%