

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA – SETEC**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLÓGICA DE  
RONDÔNIA – (IFRO) CAMPUS PORTO VELHO CALAMA.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO PARA O INSTITUTO FEDERAL DE RONDÔNIA – IFRO *Campus*  
CALAMA**

Porto Velho – RO

2025

**DIENIFFER FERREIRA FILBERG**

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO PARA O INSTITUTO FEDERAL DE RONDÔNIA – IFRO *Campus*  
CALAMA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Fredi Rodrigues Ramos da Silva

**PORTO VELHO - RO**

**2025**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
RONDÔNIA**

**CAMPUS CALAMA - COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO PARA O INSTITUTO FEDERAL DE RONDÔNIA – IFRO *Campus*  
CALAMA**

**DIENIFFER FERREIRA FILBERG**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Civil.

**APROVADA EM \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ POR:**

---

**Fredi Rodrigues Ramos da Silva, Mestre**  
**(Orientador)**

---

**Celso Jose Roberto Soares Junior, Mestre**  
**(Examinador Interno)**

---

**Kazuo Kadowaki, Mestre (IFRO)**  
**(Examinador Externo)**

**PORTO VELHO, 27 DE NOVEMBRO DE 2025**

## Ficha Catalográfica

Biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia  
(IFRO) - Campus Porto Velho Calama

S332m XXXXXXXX, XXXXX.  
XX  
XXXXXXXXXXXX / - Porto Velho, Rondônia, 2022.  
50 f.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Porto Velho  
Calama, Graduação bacharelado em Engenharia Civil.  
Bibliografia: p.49.  
1. Música. 2. Educação profissional. I. Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia. II.. III. Título  
CDD– 372.87

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a deus, pela força e sabedoria concedida ao logo dessa jornada. Chegar até aqui não foi fácil e por isso estou profundamente grata a todos que fizeram parte desse percurso.

Agradeço à minha família, em especial meus pais Lourival Filberg e Evanilda Filberg que acreditou em mim mesmo quando eu duvidei, e que sustentou com amor, paciência e palavras de acolhimento.

Ao meu orientador e professor Fredi Rodrigues, por me guiar com firmeza, sabedoria e paciência, mostrando novos caminhos quando o meu parecia não levar a lugar nenhum. Aos meus amigos que estiveram do meu lado nas horas de dificuldade e nas comemorações.

Por fim a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram com um gesto, uma conversa ou um incentivo, deixo meu muito obrigado.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto preliminar de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – Campus Calama, localizado em Porto Velho – RO. O estudo propõe uma solução técnica e ambientalmente adequada para o tratamento dos efluentes gerados na instituição, contribuindo para a melhoria das condições sanitárias e para a preservação dos recursos hídricos locais. Inicialmente, foi realizado um levantamento teórico sobre os processos de tratamento de esgoto, abrangendo as etapas preliminar, primária, secundária e de desinfecção, com ênfase na aplicação de reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB). A metodologia baseou-se na análise quantitativa e qualitativa do esgoto produzido no campus, considerando a população atual e projetada para um horizonte de 20 anos. Foram dimensionadas as principais unidades da ETE, incluindo gradeamento, desarenador, calha Parshall, estação elevatória, reator UASB e tanques de cloração, conforme normas da ABNT e referências técnicas reconhecidas. Os resultados demonstraram que a ETE projetada atende às demandas presentes e futuras, apresentando eficiências médias de 65,38% na remoção de DQO e 73,31% na remoção de DBO. A etapa de desinfecção por cloração mostrou-se eficaz para garantir a qualidade final do efluente, atendendo aos padrões ambientais vigentes. Conclui-se que o projeto proposto representa uma alternativa viável e sustentável para o tratamento descentralizado de esgoto, podendo servir de referência para futuras implantações em instituições públicas de ensino e pesquisa.

**Palavras-chave:** Estação de Tratamento de Esgoto. Saneamento básico. Reator UASB. Eficiência. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

This study aims to develop the preliminary design of a Sewage Treatment Plant (STP) for the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia – Calama Campus, located in Porto Velho, RO, Brazil. The research proposes a technical and environmentally appropriate solution for treating the wastewater generated by the institution, contributing to improved sanitary conditions and the preservation of local water resources. Initially, a theoretical review was carried out on sewage treatment processes, covering the preliminary, primary, secondary, and disinfection stages, with emphasis on the use of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors. The methodology was based on the quantitative and qualitative analysis of the wastewater produced on campus, considering the current and projected population for a 20-year horizon. The main units of the STP were designed, including screening, grit chamber, Parshall flume, pumping station, UASB reactor, and chlorination tanks, in accordance with ABNT standards and recognized technical references. The results indicated that the proposed STP meets current and future demands, with average efficiencies of 65,38% for COD removal and 73,% for BOD removal. The chlorination disinfection stage proved effective in ensuring the final effluent quality, complying with current environmental standards. The proposed project represents a viable and sustainable alternative for decentralized sewage treatment and may serve as a reference for future implementations in public education and research institutions.

**Palavras-chave:** Treatment Plant. Basic sanitation. UASB reactor. Efficiency. Sustainability.

## LISTA DE QUADRO

<b>Quadro 01</b> – Espaçamento Entre As Barras.....	21
<b>Quadro 02</b> – Vantagens E Desvantagens Dos Reatores Uasb .....	24
<b>Quadro 03</b> – Tempo De Detenção Hidráulica Para Projetos De Reatores Uasb.....	38
<b>Quadro 04</b> – Velocidades Superficiais Recomendadas Para Projeto De Reatores Uasb.....	40
<b>Quadro 05</b> – Determinação Da Área De Influência De Distribuidores De Vazão Em Reatores De Manta De Lodo .....	42
<b>Quadro 06</b> – QUANTITATIVO DE ALUNOS E SERVIDORES DO CAMPUS...	47
<b>Quadro 07</b> – DIMENSÃO DA CALHA <i>PARSHALL</i> .....	50
<b>Quadro 08</b> – Vazão Conforme Horário De Funcionamento Do <i>Campus</i> 2021 .....	51
<b>Quadro 09</b> – Vazão Conforme Horário De Funcionamento Do Campus 2041 .....	52

## LISTA DE FIGURA

<b>Figura 01</b> – Níveis De Tratamento De Esgoto .....	20
<b>Figura 02</b> – Fluxograma Tratamento Preliminar .....	22
<b>Figura 03</b> - Sistema Preliminar E Chegada No Reator Uasb .....	25
<b>Figura 04</b> – Esquema Do Processo De Um Reator Uasb .....	25
<b>Figura 05</b> - Blocos A, B E C Do Campus .....	31
<b>Figura 06</b> – Área Para Execução Do Reator Uasb .....	32
<b>Figura 07</b> – Área Para Execução Do Reator Uasb .....	32
<b>Figura 08</b> - Caixa De Inspeção Onde Foi Coletada A Amostra .....	34
<b>Figura 09</b> – Amostra Coletada .....	35
<b>Figura 10</b> – Hidrógrafa Da Geração De Esgoto .....	36
<b>Figura 11</b> – Relação Entre Concentração Do Despejo E O Volume Do Reator .....	39
<b>Figura 12</b> – Relação Entre A Velocidade Superficial E O Tempo De Detenção Hidráulica, Para Diferentes Alturas De Reator. ....	41
<b>Figura 13</b> – Eficiência De Remoção De Dqo Esperadas Para Reatores Uasb, Tratando Esgotos Domésticos. ....	43
<b>Figura 14</b> – Eficiência De Remoção De Dbo Esperadas Para Reatores Uasb, Tratando Esgotos Domésticos. ....	43
<b>Figura 15</b> - Principais Processos De Desinfecção De Esgotos Sanitários Em Ete Descentralizadas .....	45
<b>Figura 16</b> – Localização Da Ete .....	47
<b>Figura 17</b> - Resultados Da Análise Da Amostra De Esgoto Do Campus Calama ....	49
<b>Figura 18</b> – Dimensão Das Peneiras .....	50

## LISTA DE GRÁFICO

<b>Gráfico 01</b> – Hidrógrafo Do Volume De Resíduos Acumulados 2021 .....	53
<b>Gráfico 02</b> – Hidrógrafo Do Volume De Resíduos Acumulados 2041 .....	53
<b>Gráfico 03</b> – Hidrógrafo Da Vazão De Resíduos Acumulados 2021 .....	54
<b>Gráfico 04</b> – Hidrógrafo Da Vazão De Resíduos Acumulados 2041 .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CAERD	Companhia de Águas e Esgoto de Rondônia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IFRO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia.
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UASB	Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente
UV	Radiação Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>16</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Objetivo geral .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Objetivo Específico.....</b>	<b>17</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Esgoto Sanitário.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Tratamento de esgoto .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Tratamento preliminar .....</b>	<b>20</b>
4.3.1 Gradeamento e Peneiramento.....	21
4.3.2 Desarenador.....	22
<b>4.4 Tratamento primário .....</b>	<b>22</b>
<b>4.5 Tratamento secundário .....</b>	<b>23</b>
4.5.1 Sistemas anaeróbios .....	23
<b>4.6 Diretrizes Regulatórias de Tratamento de Esgoto .....</b>	<b>26</b>
4.6.1 Legislação Federal.....	26
4.6.2 Legislação Estadual .....	26
4.6.2 Legislação Municipal .....	27
<b>4.7 Tipos de tratamento de esgoto.....</b>	<b>27</b>
4.6.1 Tratamentos centralizados .....	28
4.6.2 Tratamento descentralizados .....	28
4.6.3 Desinfecção de efluentes .....	30
4.6.4 Desinfecção com cloro .....	30
<b>5.METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1 Área de estudo .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2 LOCALIZAÇÃO DA ETE E ESTIMATIVA DAS VAZÕES .....</b>	<b>31</b>
<b>5.3 Características Qualitativas Do Esgoto Produzido No <i>Campus</i>.....</b>	<b>33</b>
<b>5.4 Tratamento Preliminar .....</b>	<b>35</b>
5.4.1 Peneiramento.....	35

5.4.2 Calha Parshall.....	35
<b>5.5 Estação Elevatória.....</b>	<b>36</b>
<b>5.6 Tratamento Secundário.....</b>	<b>37</b>
5.6.1 Carga hidráulica volumétrica e Tempo de Detenção Hidráulica.....	37
5.6.2 Carga Orgânica Volumétrica.....	38
5.6.3 Velocidade Superficial do Fluxo.....	39
5.6.4 Altura do reator.....	41
5.6.5 Sistema de distribuição do afluente.....	41
5.6.6 Tubos de distribuição.....	41
5.6.8 Número de distribuidores.....	42
<b>5.7 Eficiência do reator UASB.....</b>	<b>43</b>
5.7.1 Estimativa de concentração de DQO e DBO no efluente final.....	44
<b>5.8 Desinfecção.....</b>	<b>44</b>
5.8.1 Desinfecção por cloração.....	45
<b>5.9 Pré-projeto de implantação da estação de tratamento de esgoto.....</b>	<b>46</b>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1 Localização sugerida para estação de tratamento de esgoto.....</b>	<b>47</b>
<b>6.2 Estimativa das vazões.....</b>	<b>47</b>
<b>6.3 Características Qualitativas Do Esgoto Produzido No <i>Campus</i>.....</b>	<b>49</b>
<b>6.4 Tratamento Preliminar.....</b>	<b>49</b>
6.4.1 Peneiramento.....	49
6.4.2 Calha Parshall.....	50
<b>6.5 Estação Elevatória.....</b>	<b>51</b>
<b>6.6 TRATAMENTO SECUNDÁRIO.....</b>	<b>56</b>
6.6.1 Carga hidráulica volumétrica e Tempo de detenção hidráulica.....	56
6.6.2 Carga Orgânica Volumétrica.....	58
6.6.3 Velocidade Superficial do Fluxo.....	58
6.6.4 Número de distribuidores.....	59
6.6.4 Eficiência do reator UASB.....	59
6.6.5 Estimativa de concentração de DQO e DBO.....	60
<b>6.6 Desinfecção por cloração.....</b>	<b>61</b>

<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>
<b>9. ANEXO.....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, a questão do saneamento básico tem sido um assunto citado e discutido com muita intensidade. De acordo com a Agência Nacional de Água ANA (2017), foi realizada uma análise da situação do esgotamento sanitário nos municípios brasileiros, e muitos deles fazem o descarte dos efluentes nos corpos hídricos, comprometendo a qualidade da água. Causando então implicações à saúde pública e ao meio ambiente.

As definições de saúde, saneamento e meio ambiente de acordo com a FUNASA (2019), estão vinculadas. Portanto o esgoto é um dos resíduos geradores de poluição, que deve ser controlado pelo saneamento com objetivo de diminuir o impacto na saúde, meio ambiente e desenvolvimento econômico e sustentável.

No início do século XIX o Brasil passou por grandes mudanças, a população rural começou a se deslocar para os centros urbanos, gerando assim uma sobrepressão nos sistemas de infraestruturas urbanas. Esse êxodo demográfico resultou no surgimento de diversas epidemias causadas por veiculações sanitárias, evidenciando assim a necessidade de um sistema para conduzir e tratar melhor a água e o esgoto. Na época, embora o Estado fosse responsável pelos problemas gerados, toda a infraestrutura era dirigida por empresas estrangeiras (FUNASA, 2019).

Na década de 1970, o governo federal reorganiza o setor de saneamento, implantando o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), com objetivo de solucionar o déficit no esgotamento sanitário gerado pelo crescimento populacional. Em janeiro de 2007 a Lei Federal de Saneamento Básico nº 11.445 entra em vigor, inaugurando um novo ciclo de saneamento (Lei nº 11.445/ 2007).

Na última década o país avançou significativamente na construção do sistema de tratamento de esgoto, principalmente nas grandes cidades. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2014, o índice de atendimento total de esgoto no Brasil era em média de 49,8%, sendo 40,8% desse esgoto tratado. Já no ano de 2021, a média brasileira foi de 55,8% para atendimento, dos quais 51,2% correspondentes a esgoto tratado, (SNIS, 2021).

Recentemente, a legislação brasileira do saneamento foi atualizada pela Lei nº 14.026/2020, que estabelece melhoria à privatização do saneamento. A utilização de estações de tratamento de esgoto em condomínios residenciais e indústrias por parte do setor privado pode ser uma solução complementar para descentralizar a gestão do saneamento, (Lei nº 14.026/ 2020).

Porto Velho enfrenta diversos desafios em relação ao saneamento especialmente em relação ao tratamento de esgoto. De acordo com o último censo demográfico realizado em 2010 para o município de Porto Velho – RO, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 84,1 % da população faziam o uso da fossa séptica. Uma prática que pode levar a contaminação do solo e das águas subterrâneas, além de riscos à saúde pública (IBGE 2010, p. 313 apud IBAM, 2020).

Nos últimos anos tem havido esforços para a melhoria da gestão de saneamento em Porto Velho. Em 2009 foi firmado o convênio de 30 anos com a Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia (CAERD), ficando assim responsável pelo abastecimento de água e coleta de esgoto do estado.

De acordo com a Atlas de Esgoto da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013), a população de Porto Velho tinha o seguinte parâmetro de esgoto, 10,2% tinha coleta sem tratamento, 35,1% tinha soluções individuais e 54,7% não tinha nem coleta e nem tratamento.

IBAM (2019) observou também que uma grande parte da malha urbana está utilizando ligações clandestinas diretamente na rede de águas pluviais e fazendo o lançamento diretamente nos igarapés e nos rios. Diante disso, constata que Porto Velho é uma das capitais com os piores índices de coleta e tratamento de esgoto doméstico.

O Instituto Trata Brasil, apresenta a 15ª edição do ranking do saneamento, e conforme o relatório apresentado, Porto Velho está na posição 98ª entre os piores municípios brasileiros no atendimento total de esgoto, apresentando apenas 5,80% (GO associados 2023.)

## **2. JUSTIFICATIVA**

De acordo com (FUNASA, 2019) o crescimento populacional trouxe a geração de rejeitos líquidos e sólidos. Isso acaba afetando o solo gerando perigos a saúde e ao meio ambiente. Dessa forma, o saneamento passa a ser tratado em termos de saneamento básico e saneamento ambiental.

A qualidade de vida é determinada por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Assim a saúde ambiental compreende a saúde humana. A interação entre a saúde humana e o meio ambiente, tem como melhorar a qualidade de vida do ser humano, sob uma visão da sustentabilidade (FUNASA, 2019)

Conforme o Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS, 2018) a rede de coleta de esgoto doméstico em Porto Velho é de 18,81%, configurando assim um problema de saúde pública, Além dos transtornos da ordem de saúde a precária coleta de esgoto e inexistência do seu tratamento gera um problema ambiental, como contaminação do lençol freático e poluição dos cursos d' águas urbanos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver um projeto preliminar de Estação de Tratamento de Esgoto, do Instituto Federal de Rondônia IFRO Campus Calama .

#### **3.2 Objetivo Específico**

- Realizar uma estimativa quantitativa do esgoto gerado no IFRO Campus Calama;
- Realizar uma estimativa qualitativa do esgoto gerado no IFRO Campus Calama;
- Projetar o sistema de tratamento levando em consideração as diretrizes para estações de pequeno porte.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Esgoto Sanitário

De acordo com (NBR 9648:1986 que regulamenta o Estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário – procedimento), define como despejo o líquido constituído de esgotos doméstico e industrial água de infiltração e contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986)

- Esgoto doméstico: “despejo líquido resultante do uso de água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”;
- Esgoto industrial: “despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecido”;
- Água de infiltração: “toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações”;
- Contribuição pluvial parasitária: “a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário”.

O esgoto sanitário pode ser tanto da zona rural quanto urbana, ele é gerado a partir do descarte das águas de abastecimento. Seja a utilização tanto da rede pública ou por outras fontes, nas atividades comerciais, domésticas, públicas, agrícolas e industriais, agregando matérias de diferentes composições, químicas, físicas e biológicas, e assim então temos a geração do esgoto sanitário (JORDÃO; VOLSCHAN JÚNIOR, 2009).

Existe duas classificações para os esgotos sanitários, os domésticos e os industriais. Os esgotos domésticos são provenientes principalmente das residências, edifícios ou qualquer instalação de banheiros, lavanderias ou utilização de fins domésticos, sua composição inclui, água de banheiro, urina, fezes, restos de comida, sabão e detergente. Já os esgotos industriais são de qualquer utilização de água para fins industriais, pois adquirem características próprias em função do processo industrial empregado (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

No esgoto sanitário, existe uma parcela significativa de esgoto industrial presente na rede pública. Já nas indústrias de grande porte com uma contribuição de grande quantidade e qualidade, elas possuem suas próprias unidades de tratamento ou pré-tratamento antes de despejarem os efluentes na rede públicas (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

A água é o principal meio de transporte dos sólidos descartados pelo ser humano, portanto o esgoto sanitário contém aproximadamente 99,9% de água, o restante que inclui sólidos orgânicos e inorgânicos corresponde a 0,1% que é a fração que há necessidade de ser tratado. (VON SPERLING, 2005).

Essa relação entre esgoto gerado e a quantidade de água consumida pode ser caracterizada pelo coeficiente de retorno. Usualmente se estabelece 80% da água consumida

retorna ao sistema de esgotamento sanitário e os outros 20% não retornam, ficam perdida por evaporação, por infiltração no solo, nos sistemas de coleta das águas pluviais (JORDÃO; VOLSCHAN, 2009).

#### **4.2 Tratamento de esgoto**

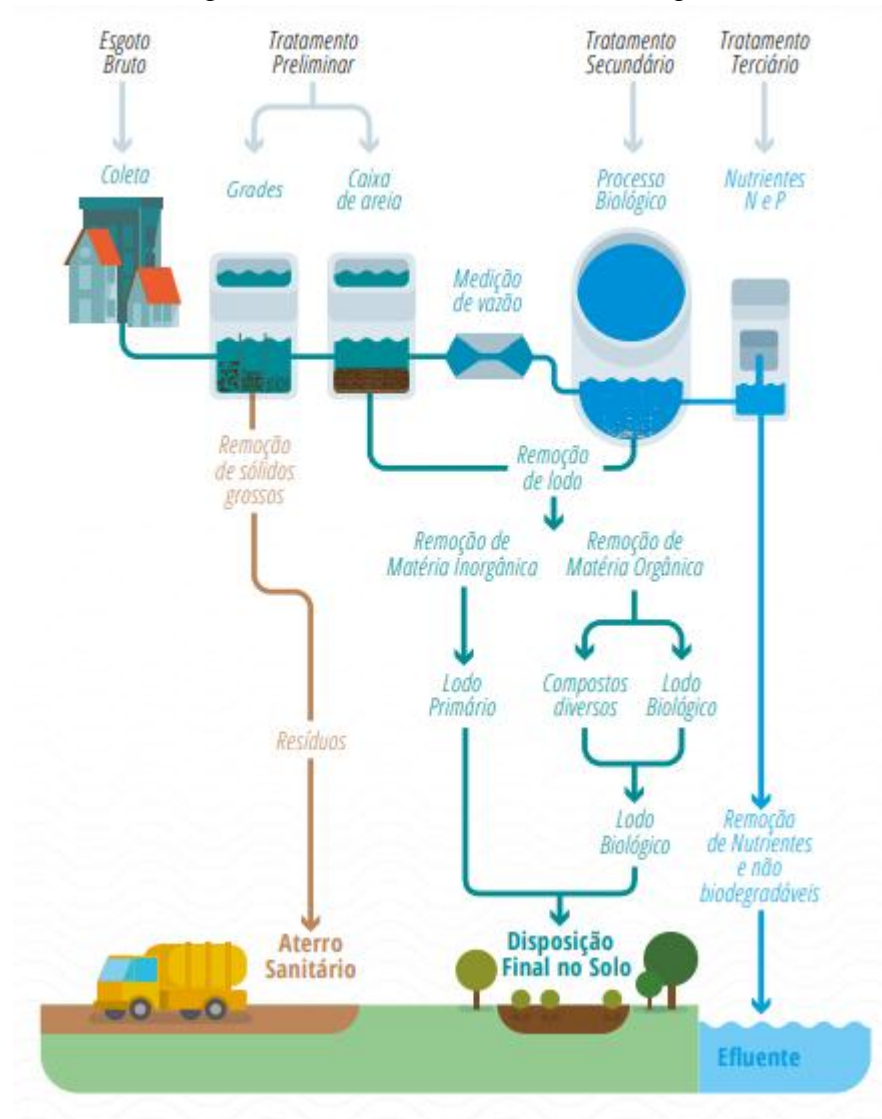
Na utilização de água, nos sistemas sanitários, domésticos e industriais, os usuários acabam despejando matérias orgânicas e químicas que acabam contaminando. Para que essa água seja lançada novamente aos corpos d' água, precisa ser realizada o tratamento.

O setor de tratamento de esgoto está em constante evolução, e é uma preocupação tanto para saúde quanto ao meio ambiente, especialmente nas cidades com grande crescimento. O tratamento de esgoto inicialmente foi desenvolvido com enfoque na saúde pública e no meio ambiente, devido às condições adversas causadas pela descarga de esgoto. Conforme as cidades foram se desenvolvendo, as áreas necessárias que tinham para tratamento foram se perdendo, assim foi-se necessário desenvolver novos métodos de tratamento, visando acelerar as forças da natureza, sobre condições controladas para estações projetadas para utilizar menores áreas de instalação (METCALF & EDDY, 2016).

De acordo com o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento Básico (SNIS ,2021), o sistema de esgotamento sanitário ideal é o que tem uma rede de coleta que encaminha para estação de tratamento de esgoto (ETE) e após o tratamento descarta novamente aos corpos receptores.

O tratamento de esgoto adotados na ETE envolve três etapas principais: tratamento preliminar, tratamento primário e tratamento secundário, e dependendo das exigências pode-se ter o tratamento terciário. Cada etapa tem o objetivo de remover um material específico, assim gerando diferentes tipos de resíduos com uma destinação final adequada. A Figura 01 a seguir apresenta fluxograma dos níveis de tratamento.

Figura 01 – Níveis de tratamento de esgoto



Fonte: SNIS (2021)

### 4.3 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar tem o objetivo de remover areias e sólidos grosseiros, esses sólidos oferecem riscos aos dispositivos encarregados do transporte do esgoto, as tubulações e bombas das estações de tratamento e os corpos receptores. A remoção da areia tem por objetivo de evitar a abrasão das tubulações e equipamentos, assim reduz ou elimina a possibilidade de obstrução nos tanques, sifões e tubulações facilitando a locomoção do líquido. Em conjunto ao tratamento preliminar está o gradeamento, desarenador e à calha parshall responsável pela medição da vazão da estação de tratamento de esgoto (VON SPERLING, 2005).

#### 4.3.1 Gradeamento e Peneiramento

As peneiras tem o objetivo de remover os sólidos grosseiros presentes no esgoto, por mais que não seja apropriada a população acabam lançando no esgoto pedaços de panos, plástico, madeira, algodão, fraldas descartáveis e etc. A remoção dos materiais citados é feito pela peneira no canal de entrada do efluente na Estação de Tratamento de Esgoto, conforme o porte de instalação escolhe-se também o tamanho da peneira.

De acordo com a ABNT NBR 12209:2011 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. É considerado peneiras como equipamento de remoção dos sólidos grosseiros com aberturas de 0,25mm a 10mm, assim podendo ser (ABNT 2011).

- a. Peneira estática;
- b. Peneira móvel de fluxo frontal (ou tipo escalar ou escada);
- c. Peneira móvel de fluxo tangencial ou externo (com tambor rotativo);
- d. Peneira móvel de fluxo axial ou interno (com tambor rotativo).

As grades possuem dois tipos de limpeza: as mecanizadas ou manuais, com exceção das grades grossas, e as grades que tiverem a vazão máxima afluente final igual ou superior a 100 L/s devem ter limpeza mecanizada. No caso das grades mecanizadas recomenda-se que seja feito a instalação de pelo menos duas unidade, ambas com capacidade de vazão afluente total, podendo ser uma delas de limpeza manual.

Conforme o item 6.1.3 da NBR 12209, (ABNT, 2011), as barras do gradeamento devem ter espaçamento de 10 a 100 mm, sendo classificada de acordo com cada estação de tratamento de esgoto, podemos observar na tabela a seguir os espaçamento das grades:

**Quadro 01** – Espaçamento entre as barras

Grades	Espaçamento
Grosseiras	40 a 100 mm
Médias	20 a 40 mm
Finas	10 a 20 mm

Fonte: NBR 12209 (ABNT 2011)

No momento da instalação das grades de barra deve-se obedecer aos seguintes critérios:

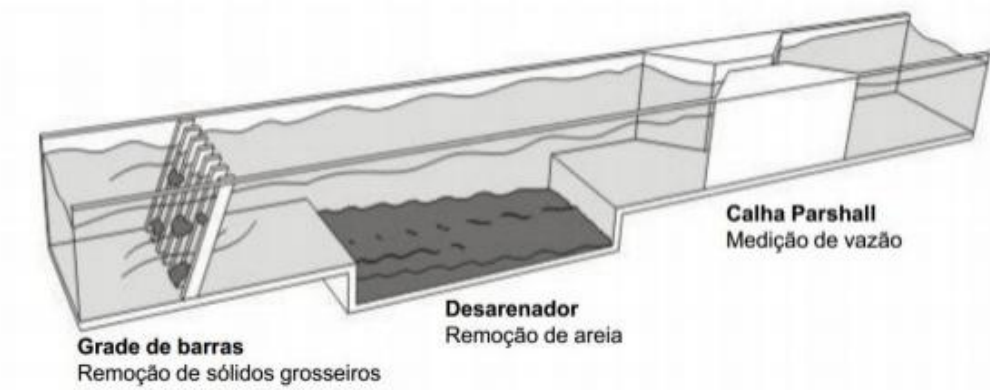
- Velocidade máxima vazão final de 1,20 m/s;
- Inclinação da barra na horizontal, de 45° a 60° para limpeza manual e 60° a 90° para limpeza mecanizada.

#### 4.3.2 Desarenador

O desarenador deve ser projetado para uma remoção mínima de 95% das partículas com diâmetro igual ou superior a 0,2 mm e densidade de 2,65. Pode-se ter limpeza manual ou mecanizada quando a vazão for igual ou inferior a 100 L/s, NBR 12209, (ABNT, 2011).

De acordo com (NUVOLARI, 2011), a finalidade da caixa de areia é remover a areia presente no esgoto, sempre que possível essas unidades devem ser instaladas antes das unidades de bombeamentos, principalmente quando se trata de bombas centrífugas para proteger da ação abrasiva da areia. A Figura 02 a seguir mostra modelo do tratamento preliminar

**Figura 02** – Fluxograma tratamento preliminar



Fonte: (Santos, 2012)

#### 4.4 Tratamento primário

O tratamento primário visa à remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes, assim que o efluente passa pelo tratamento preliminar ele segue com sólidos em suspensão não grosseiros, sendo uma parte significativa de matéria orgânica. Os sólidos podem ser removidos em unidades de sedimentação como tanques de decantação ou tanques sépticos, diminuindo a carga de DBO e seguindo ao tratamento secundário (VON SPERLING, 2017).

De acordo com a NBR 12209/2011, normalmente a eficiência de sólidos em suspensão é de cerca de 50% e de DBO 25%, podendo esses percentuais se elevarem até 80% e 50% respectivamente em caso de tratamento primário quimicamente assistido. A classificação do esgoto é a função principal do decantador primário, removendo os sólidos de forma isolada ou floculados no fundo do decantador dando assim origem ao lodo primário,

também é realizada a remoção de flutuantes, como óleos, graxas e espumas (NUVOLARI, 2011).

O tratamento primário ocorre com uma operação física, onde ocorre a sedimentação flocculenta dos sólidos em suspensão. Os sólidos interagem entre si, ficando com a densidade maior que o líquido disposto no decantador. A massa que fica no fundo da unidade de sedimentação é denominada lodo primário bruto, onde é retirado por meio de tubulações ou através de raspadores mecânicos. Os materiais que possuem uma densidade menor que o líquido, sobe para a superfície onde são coletados e removidos para tratamento.

#### **4.5 Tratamento secundário**

O tratamento secundário tem por objetivo a remoção da matéria orgânica que se apresenta nas formas de matéria orgânica dissolvida. Grande parte da matéria orgânica em suspensão é removida no tratamento primário, porém mesmo assim é necessário o tratamento secundário. Já a matéria orgânica dissolvida não é removida por processos físicos, o tratamento secundário é a etapa biológica, a remoção é efetuada por microrganismos (VON SPERLING, 2017).

Para os métodos de tratamento secundário existem várias opções, como: lagoas de estabilização, processos de disposição sobre o solo, reatores anaeróbios, lodos ativos e variantes e reatores aeróbios com biofilmes. São reações bioquímicas que acontecem no tratamento secundário são devido ao processo biológico entre os microrganismos que utilizam matéria orgânica como alimento, convertendo-o em gás carbônico, água e material celular, aproveitando o crescimento e produção, para as condições anaeróbias tem também a produção do metano (VON SPERLING, 2017). Podemos observar nas figuras a seguir modelos de tratamento secundário que são utilizados o sistema de lagoas.

##### **4.5.1 Sistemas anaeróbios**

Nas últimas décadas o déficit acentuado no tratamento de esgoto gerado pelos habitantes o que impacta o meio ambiente hídrico que se encontra cada vez mais deteriorado, seja para uso da população ou para o abastecimento público e irrigação das plantações. A PNSB – 2000 (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE) mostra que no Brasil, somente 20% dos esgotos são coletados e tratados. Em decorrência a esse fator foi desenvolvidas no País diversas técnicas para realizar o tratamento desse esgoto gerado.

Nos últimos anos o reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), vem se destacando por se adaptar em locais de clima quente e apresenta diversas vantagens, como baixa demanda de área, baixo custo na implantação e operação, elevada concentração do lodo excedente e

boa desidratabilidade do lodo. Apesar dessas vantagens, o sistema necessita de um pós-tratamento, para que o efluente se enquadre nos padrões estabelecidos pela legislação ambiente. A desvantagem é a sua capacidade limitada de remoção de matéria orgânica, e baixa eficiência na remoção de patógenos e nutrientes, fazendo-se necessário o pós-tratamento, seja para reuso ou para lançamento aos corpos receptores (CHERNICHARO, 2016).

O reator UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket teve origem na Holanda e no Brasil, esse tipo de reator apresenta pelo menos quatro terminologias: DAFA – digestor anaeróbico de fluxo ascendente; RAFA – reator anaeróbico de fluxo ascendente; RALF – reator anaeróbico de leito fluidificado; e RAFAALL – reator anaeróbico de fluxo ascendente através de leito de lodo (CHERNICHARO, 2016).

Atualmente o Reator de Manta de lodo para o tratamento de esgoto é uma realidade no Brasil, esse processo anaeróbico através de reatores de manta de lodo apresentam inúmeras vantagens em relação aos processos aeróbios convencionais, o quadro a seguir apresenta as principais vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios.

**Quadro 02 – Vantagens e Desvantagens dos Reatores UASB**

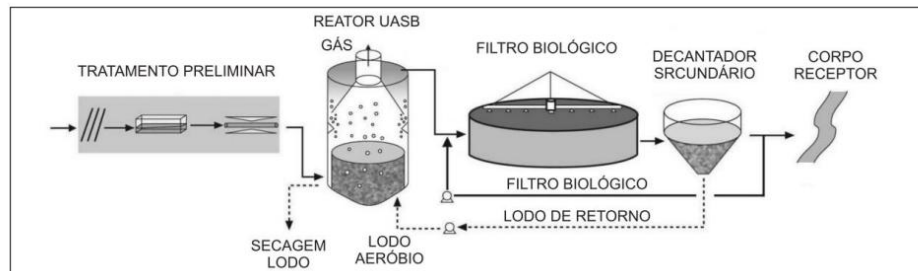
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa produção de sólidos, cerca de 2 a 8 vezes inferior à que ocorre nos processos aeróbios;</li> <li>• Baixo consumo de energia, usualmente associado a uma elevatória de chegada. Isso faz que o sistema tenha um custo operacional mais baixo;</li> <li>• Baixa demanda de área;</li> <li>• Baixos custos de implantação</li> <li>• Produção de metano, um gás combustível de elevado teor calorífico;</li> <li>• Possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator, por vários meses;</li> <li>• Tolerância a elevadas cargas orgânicas;</li> <li>• Aplicabilidade em pequena e grande escala;</li> <li>• Baixo custo de nutrientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória;</li> <li>• Produção de efluente com aspecto desagradável e usualmente com qualidade insuficiente para atender os padrões ambientais, isso em decorrência de algumas formas do pós-tratamento é normalmente necessária;</li> <li>• Possibilidade de distúrbio devido a choques de carga orgânica e hidráulica, presença de compostos tóxicos ou ausência de nutrientes;</li> <li>• A bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e ainda precisam ser mais estudadas;</li> <li>• A partida do processo pode ser lenta, na ausência de lodo de semente adaptado;</li> <li>• Possibilidade de geração de maus odores e de problemas de corrosão, porém controláveis.</li> </ul>

Fonte: (CHERNICHARO, 2008, p. 25)

Os reatores UASB têm como principal parâmetro de controle o tempo de detenção dos sólidos, as cargas volumétricas orgânicas e hidráulicas. O sistema de tratamento antes de

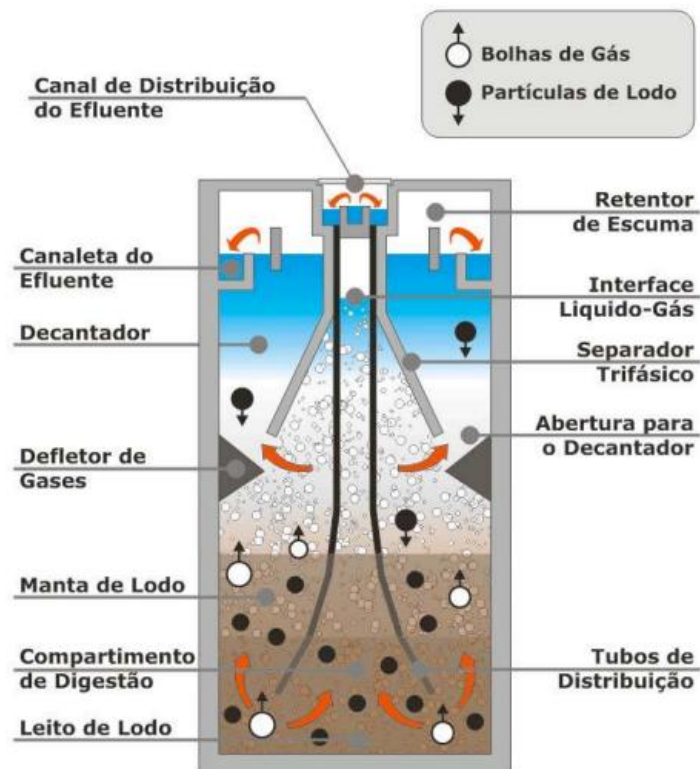
chegar ao reator UASB passa pelo processo de tratamento preliminar, passando no gradeamento e desarenação. Quando o efluente chega ao reator ocorre a distribuição homogênea no fundo da unidade, podemos observa o processo nas Figuras 03 e 04 a seguir o processo do tratamento preliminar até o reator e o esquema do reator UASB.

**Figura 03 - Sistema preliminar e chegada no reator UASB**



Fonte: (Von Sperling 2017)

**Figura 04 – Esquema do processo de um reator UASB**



Fonte: (COSTA, E. S; BARBOSA FILHO, O.; GIORDANO, G. 2014 apud CHENICHARO 2008.)

Conforme a Figura 04, o lodo é formado e fica concentrado na parte inferior do reator sendo mantido em pela ação ascendente dos efluentes. A movimentação suave do lodo no ambiente anaeróbio permite a sua floculação, com a formação de uma composta de

grânulos de lodo ativado anaeróbios, por onde os efluentes sanitários atravessam quando entram no reator.

#### **4.6 Diretrizes Regulatórias de Tratamento de Esgoto**

No Brasil, o tratamento de esgoto é regulamentado por um conjunto de leis, decretos e normas que tratam o saneamento básico e os recursos hídricos, por ordem de importância pode-se observar as diretrizes regulatórias.

##### **4.6.1 Legislação Federal**

A Lei nº 11.445/2007 – Lei Nacional de Saneamento Básico, ela tem por objetivo definir as diretrizes do abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. A lei nos apresenta seus principais objetivos do saneamento sendo eles:

- Definir o direito de todos ao saneamento básico;
- Exige que os municípios elaborem o Plano Municipal de Saneamento (PMSB);
- Determina que todos os esgotos precisão ser coletados, tratado e disposto de forma correta ao meio ambiente;
- Estabelece a responsabilidade ao titular do serviço, o que geralmente é o município.

Essa lei ficou em vigor até o ano de 2020 até ser atualizada pela Lei nº 14.026/2020 que ficou conhecida como o Novo Marco Legal do Saneamento, que veio propondo avanços de melhorias em cima dos pontos principais da lei anterior sendo eles:

- Metas para que até 2033, 99% da população tenha acesso a água potável e que 90% tratamento de esgoto;
- Apresenta a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) como a reguladora referência;
- Faz o incentivo de parcerias público-privada e regionalização de serviços;
- E exige tratamento adequado dos efluentes ante da sua destinação final.

##### **4.6.2 Legislação Estadual**

A Lei nº 4.955, de 10 de Janeiro de 2021 institui a unidade Regional de Saneamento Básico no Estado de Rondônia, com objetivo de visar a promoção de viabilidade técnica e econômico-financeira para prestação dos serviços públicos de fornecimento de água tratada, esgotamento sanitário, coleta e tratamento de resíduos sólidos, assim como a drenagem de águas pluviais, para os cinquenta e dois municípios do Estado. A Lei foi estabelecida com meta para 2033, em conformidade com o novo marco legal do saneamento básico Lei nº 14.026/2020.

Lei complementar nº 1.200, de 13 de Outubro de 2023 – Institui a Microrregião de Águas e Esgoto no Estado de Rondônia e suas respectivas estruturas de governança. Na seção II no Art. 3º, fica de competência da microrregião a organização, planejamento, regulação, fiscalização e a prestação direta ou indireta dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário em todos os municípios que integram a microrregião.

#### 4.6.2 Legislação Municipal

A legislação municipal referente ao saneamento básico em Porto Velho busca adequar-se às políticas nacionais estabelecidas pelas Leis Federais nº 11.445/2007 e 14.026/2020, que instituem o marco regulatório do saneamento. No âmbito local, destacam-se a Lei Complementar nº 138/2001, que dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município, e a Lei nº 2.055/2011, que institui o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Este documento define diretrizes, metas e estratégias para a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, considerando a realidade socioambiental do município (PORTO VELHO, 2011).

A Companhia de Águas e Esgoto de Rondônia conforme o Plano municipal de Saneamento Básico, o município apresenta grandes desafios estruturais devido à sua extensão territorial, dispersão populacional e limitações orçamentárias. O plano propõe a implantação progressiva de sistemas descentralizados de tratamento, de modo a atender comunidades e bairros ainda não contemplados pela rede pública (PORTO VELHO, 2011).

#### 4.7 Tipos de tratamento de esgoto

De acordo com (PROSAB, 2019), os sistemas centralizados, estão geralmente associados a regiões metropolitanas ou grandes cidades que possuem extensas redes coletoras e bombeamento para transporte, além das estações de tratamento de esgoto de grande porte. Tudo isso associado a um sistema convencional de tratamento, tendo o uso intensivo de energia, geração excessiva de lodo e dificuldades na operação, portanto, com uma necessidade de maior aporte de capital para construção e um custo significativo para operação. Hoje em dia, as ETE modernas de todos os portes incluem necessariamente a integração das linhas de água, lodo e gases, visando o reaproveitamento e reúso dos produtos e subprodutos.

Sistemas descentralizados estão geralmente associados aos sistemas alternativos com custos de implantação e operação reduzidos, menor porte e tratamento de esgoto no próprio local da comunidade servida. Em geral, as redes coletoras têm extensão reduzida e o tratamento é mais simplificado. Os sistemas descentralizados foram a opção preferencial, no caso de regiões metropolitanas, para atender zonas periféricas, habitações subnormais, vilas e

conjuntos habitacionais distantes e áreas de baixa renda, ou seja, sistemas isolados, não interligados aos sistemas centralizados de maior porte.

#### 4.6.1 Tratamentos centralizados

As ETEs centralizadas são grandes complexos que recebem o esgoto de extensas redes coletoras, tratando volumes significativos de efluentes urbanos. Segundo (Metcalf & Eddy, 2016), essas estações permitem economia de escala, automação de processos e melhor controle da qualidade do efluente final, sendo o modelo predominante em capitais e regiões metropolitanas.

O sistema centralizado, porém, demanda alto investimento em infraestrutura, consumo energético elevado e custos significativos de manutenção. Além disso, em cidades com ocupação dispersa, como Porto Velho, o transporte do esgoto até a estação pode ser inviável economicamente (JORDÃO; VOLSCHAN JÚNIOR, 2009). No município, a ETE Central deveria ser de responsabilidade da CAERD, onde ficaria responsável pela operação, realizando tratamento biológico convencional e lançando o efluente tratado em corpos d'água licenciados, conforme as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e 430/2011 que regulamentam a gestão de efluentes em corpos d'água no Brasil.

#### 4.6.2 Tratamento descentralizados

As ETEs descentralizadas, também chamadas de sistemas locais ou modulares, são soluções adotadas para atender comunidades, condomínios, escolas ou zonas rurais não integradas à rede pública de esgoto. Esses sistemas realizam o tratamento no próprio local de geração, evitando a necessidade de redes longas e bombeamentos. De acordo com a ABNT NBR 17076:2024 – Projeto de Sistema de Tratamento de Esgoto de Menor Porte – Requisitos, os sistemas descentralizados podem operar com vazões de até 12.000 L/dia, e incluem combinações de tecnologias como fossas sépticas, filtros anaeróbios, reatores UASB, tanques de cloração.

Conforme (CHERNICHARO, 2016), tais sistemas apresentam eficiência de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) entre 70% e 90%, além de oferecerem baixo custo de implantação e facilidade de manutenção. Essas características os tornam adequados para instituições de ensino, unidades de pesquisa e comunidades isoladas, promovendo a sustentabilidade e o uso racional da água.

O Programa de Pesquisa em Saneamento Básico PROSAB (2019) destaca que o uso de sistemas descentralizados é uma tendência mundial, especialmente em projetos de saneamento ecológico, que visam à valorização dos resíduos e reuso de efluentes tratados.

De acordo com o Art. 173 da Lei Complementar N° 695 de 24 de Novembro de 2017 de Porto Velho pode-se fazer o despejo dos efluentes dos sistemas de tratamento de esgoto na rede de coleta pluvial, ou no solo desde que obtenha parâmetros mínimos especificados na Resolução (COMDEMA N° 04 de Dezembro de 2016) e suas alterações de acordo com a Quadro I apresentadas no Art. 6°, possibilitando assim aplicação dos sistemas descentralizados no município de porto velho.

**Quadro I. – Para Efluentes com lançamento em corpos receptores**

PARAMETROS	VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS
Temperatura (C°)	<40
pH	Entre 6 e 9
DBO 5,20(mg/L)	Limite 60
DQO (mg/L)	Limite 150
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Superior ou igual 5
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	Inferior ou igual a 1
Sólidos não filtráveis (ml/L)	Inferior ou igual a 60
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Inferior ou igual a 5
Nitrato – N (mg/L)	Inferior ou igual a 20
Fosfato (mg/L)	Inferior ou igual a 5
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	Inferior ou igual a 1000
Óleo e graxas (mg/L)	Inferior ou igual a 50
Cloro residual (mg/L)	1

Fonte: (Resolução COMDEMA N°4 , 2016)

Conforme o §1° da Resolução COMDEMA os empreendimentos que possuem vazão igual ou superior a 56.000 L/dia ou 3,36 KgDBO/dia de lançamento no corpo receptor deverão apresentar estudo de autodepuração do mesmo.

De acordo com o Art. 8°, fica vedado o lançamento na Estação de Esgoto:

1. Águas pluviais;
2. Materiais graxos, como gordura vegetal ou animal;
3. Derivados de petróleo, como óleos, graxas, e outros;
4. Tintas, corantes, ou quaisquer produtos tóxicos que infiltram nos processos de tratamento biológico de esgoto sanitário;
5. Resíduos sólidos de qualquer natureza e origem tais como areia, pedra, metais, vidro, madeira, plástico, absorventes, brinquedos, restos de alimentos, panos, lixo ou quaisquer substâncias que possam causar obstruções em redes coletoras ou paralisar equipamento. (COMDEMA n°4, 2016)

#### 4.6.3 Desinfecção de efluentes

Para implantação de uma efetiva barreira de controle de agentes transmissores de doenças infecciosas do contato humano com esgotos, os processos de desinfecção de esgotos são, em geral, a prática mais segura e de menor custo. A desinfecção de esgotos tem por objetivo a inativação seletiva dos organismos que ameaçam a saúde humana, de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos para as diferentes situações.

A produção de efluentes tratados com baixa densidade de coliformes fecais (CF) (por exemplo,  $CF < 103 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$ ) é possível por meio do emprego de processos naturais ou físico-químicos concebidos especificamente para a desinfecção. O cloro (líquido ou gasoso) é o agente inativado de organismos patogênicos presentes em esgotos sanitários mais econômicos e difundido, sendo muito eficiente na inativação de bactérias e vírus.

#### 4.6.4 Desinfecção com cloro

De acordo com a PROSAB (2003) O cloro é o produto mais utilizado em todo o mundo para desinfecção de águas e esgotos. No caso do Brasil, não há como negar que a cloração é o método de maior domínio tecnológico e viabilidade econômica atualmente. Em que pese os benefícios da cloração de esgotos sanitários tratados, é necessário considerar que todos os desinfetantes químicos produzem subprodutos, direta ou indiretamente, e alguns destes podem gerar riscos à saúde pública.

Para desinfecção de águas residuárias, o cloro pode ser encontrado comercialmente nas formas gasosa ( $\text{Cl}_2$ ), líquida (hipoclorito de sódio) e sólida (hipoclorito de cálcio). Também pode ser produzido no local a partir de salmoura ou reação controlada de produtos químicos.

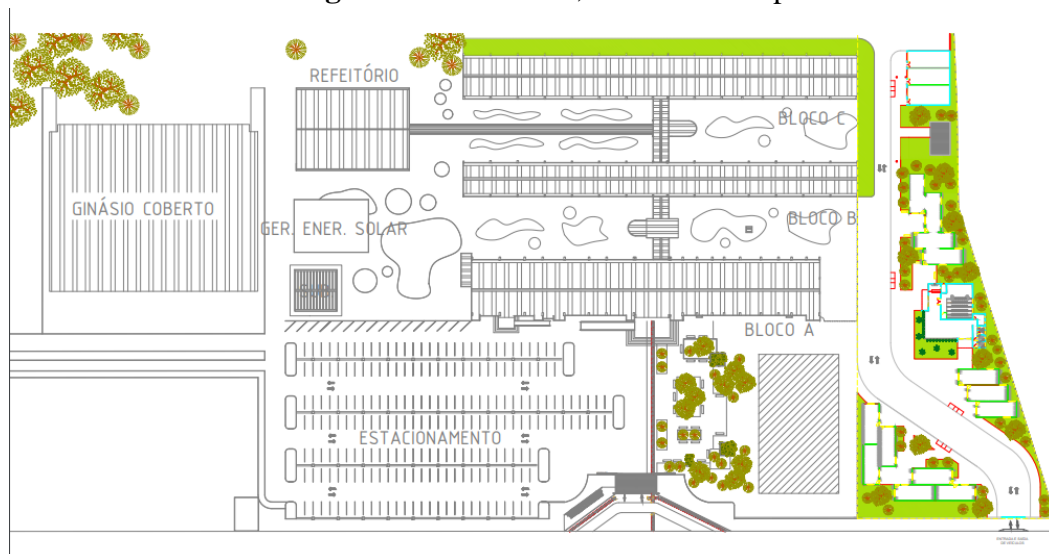
## 5. METODOLOGIA

O trabalho tem como finalidade orientar de forma técnica, o desenvolvimento do projeto preliminar de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO Campus Calama, localizado no município de Porto Velho – RO. O estudo foi conduzido de modo a garantir a confiabilidade dos dados utilizados, bem como a coerência entre os objetivos e os resultados obtidos.

### 5.1 Área de estudo

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia IFRO *Campus* Calama, está localizado na Cidade de Porto Velho - Rondônia na Avenida Calama n° 4985, no bairro Flodoaldo Pontes Pinto. O campus atualmente possui 132 (cento e trinta e dois) docentes, 74 (setenta e quatro) técnicos administrativos e 1698 (um mil seiscentos e noventa e oito) discentes matriculados em cursos técnicos, subsequentes, tecnólogo, licenciatura e bacharelado. O campus ao todo possui 15.158,55 m<sup>2</sup>, sendo a parte térrea e o 1° pavimento, ambos são subdivididos em 3 blocos, sendo eles bloco A, B e C.

**Figura 05** - Blocos A, B e C do Campus



**Fonte:** Autoria própria (2024)

### 5.2 LOCALIZAÇÃO DA ETE E ESTIMATIVA DAS VAZÕES

Para a localização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) no campus, foram analisados as áreas disponíveis no *campus* que melhor atenderia a rede de esgoto e será mantida a área já executada.

**Figura 06** – Área para execução do reator UASB



**Fonte:** Autoria própria (2024)

**Figura 07** – Área para execução do reator UASB



**Fonte:** Autoria própria (2024)

As vazões do esgoto foram estimadas considerando a quantidade de usuários matriculados nas disciplinas lecionadas no campus. Para o consumo de água foi utilizado à

tabela da ABNT NBR 17076:2024 – Projeto de Sistema de Tratamento de Esgoto de Menor Porte – Requisitos o coeficiente adotado para as vazões mínimas ( $Q_{mín.}$ ) foi  $k_3 = 0,5$  para a variabilidade mínima do fluxo; para vazões máximas ( $Q_{máx.}$ )  $k_2 = 1,5$  coeficiente de variabilidade máxima horária do fluxo e  $k_1 = 1,2$ , coeficiente de variabilidade máxima diária do fluxo, e respectivamente o coeficiente de retorno  $C = 0,8$  (NUVOLARI, 2011).

$$Q_{if} = \frac{C \cdot P_{if} \cdot q_{if}}{86.400} \quad (1)$$

Onde:

$Q_{if}$ : vazão média inicial e final (L/s)

C: coeficiente de retorno

$P_{if}$ : população inicial e final de plano (hab)

$q_{if}$ : consumo de água efetivo inicial e final de plano (L/hab . dia)

Para calcular a vazão mínima inicial final utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Q_{i,f \text{ mín}} = k_3 \cdot Q_{di} \quad (2)$$

Onde

$Q_{i,f \text{ mín}}$ : vazão inicial L/s

$k_3$ : Vazão mínima

$Q_{di}$ : vazão média inicial

Para calcular a vazão máxima inicial utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Q_f = k_2 \cdot Q_{df} \quad (3)$$

Onde

$Q_f$ : vazão final L/s

$K_2$ : demanda de maior hora

$Q_{df}$ : vazão média final

Para calcular a vazão máxima final utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Q_f = k_1 \cdot k_2 \cdot Q_{df} \quad (4)$$

Onde

$Q_f$ : vazão final L/s

$K_1$ : demanda maior do dia

$K_2$ : demanda de maior hora

$Q_{df}$ : vazão média final

### 5.3 Características Qualitativas Do Esgoto Produzido No *Campus*

Para iniciar um projeto de estação de tratamento de esgoto é preciso, sobretudo, ter uma caracterização do efluente gerado. As características do esgoto estão ligadas principalmente ao tipo de estabelecimento em que ele é gerado, aos fatores climáticos da região. No caso de uma Instituição de ensino o esgoto pode ter alguma interferência nos resíduos, como por exemplo, os gerados em laboratórios químicos. Para melhor análise do esgoto gerado, foi coletada no dia 26 de abril de 2024 uma amostra na caixa de inspeção do campus, podemos observar na figura 08 a seguir.

**Figura 08** - Caixa de inspeção onde foi coletada a amostra



**Fonte:** Autoria própria (2024)

A amostra coletada foi encaminhada para o Laboratório de Análise de Petróleo, Ar, Solo, Água e Efluentes (LAPEF), para que fossem analisados os seguintes parâmetros: coliformes totais, coliformes fecais, DBO, DQO, pH, sólidos sedimentáveis totais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais, e observar se estão dentro do parâmetro da resolução COMDEMA nº04 da tabela I do Art. 6º.

**Figura 09** – Amostra coletada

Fonte: Autoria própria (2024)

#### 5.4 Tratamento Preliminar

Conforme a ABNT NBR 12209/2011 o tratamento preliminar é um conjunto de operações, com a função de remover os sólidos grosseiros, areia e matéria oleosa para que não prejudique as próximas etapas do tratamento. Assim a parte inicial do tratamento é dividida em duas etapas: peneiramento e a calha *parshall*.

##### 5.4.1 Peneiramento

Para a escolha do tipo de peneira, será utilizada a referência do mercado nacional, com a vazão afluyente encontrada no projeto, assim determinando as dimensões da peneira, que estejam dentro do parâmetro da ABNT NBR 12209:2011 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários, com objetivo de remover os sólidos grosseiros, as peneiras terão de 0,25mm a 10 mm.

##### 5.4.2 Calha Parshall

Conforme a ABNT NBR 12208:2020 – Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto – requisitos. Prevê a instalação de um dispositivo que monitore a velocidade da vazão após a caixa de areia, pode ser do tipo vertedor ou parshall.

Considerando que a calha *parshall* apresenta mais vantagens e é a mais usual, será utilizada no projeto.

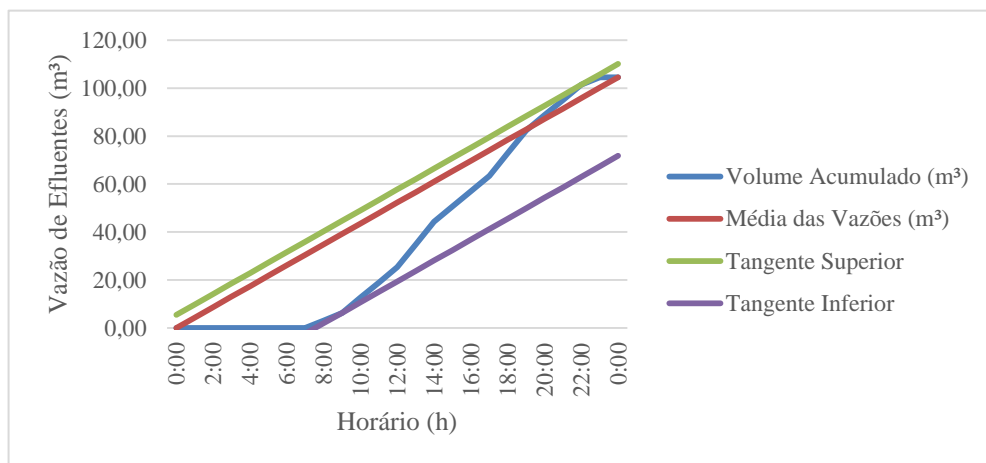
### 5.5 Estação Elevatória

A execução da estação elevatória de acordo com a ABNT NBR 12209/2011, destina o transporte do esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando as variações da vazão ao longo do dia. Em virtude do fato de o campus não ter uma grande geração de resíduo no período das 23:00 horas a 7:00 horas, será necessário o dimensionamento do poço de sucção da estação elevatória com a função de regularizar a vazão para estação de tratamento, já que por gravidade não haverá energia suficiente para o efluente chegar na unidade de tratamento.

Para que o efluente conseguisse suprir o recalque, realizou-se uma estimativa de potência da bomba necessária para conduzir o esgoto pelas unidades de tratamento à jusante do poço de sucção. Pode-se combinar o volume adequado para o poço de sucção com a capacidade de recalque da elevatória para seleção do conjunto de bombas.

O dimensionamento do poço se dará pela elaboração da hidrógrafa acumulado de produção de efluente da instituição, o volume do tanque de equalização é dado com a distância vertical entre a tangente superior e inferior da hidrógrafa, de acordo com a figura 10, (GOMES, 2021):

**Figura 10** – Hidrógrafa da geração de esgoto



**Fonte:** Autoria própria (2025)

Dada a inexistência de medição horária de consumo de água ou produção de esgoto para elaboração do padrão de geração de esgoto, foi utilizado como modelo o trabalho de Polido (2013), na qual este elaborou uma tabela de consumo para Campus Ecoville da UTFPR, esse campus possui cursos técnicos e de graduação e regime de funcionamento similares ao IFRO *Campus Calama*.

As bombas mais utilizadas nos sistemas de tratamento de esgoto são as bombas centrífugas e as de parafusos de Arquimedes. Como a estação de tratamento de esgoto do campus é de pequeno porte vamos utilizar as bombas centrífugas para o recalque do esgoto. Para definir a potência da bomba e o seu rendimento vamos utilizar a seguinte equação:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot HM}{75 \cdot \eta} \quad (5)$$

Onde

Y: peso específico do esgoto (N/m<sup>3</sup>);

Q: Vazão a ser bombeada para as unidades de tratamento (m<sup>3</sup>/s);

HM: Altura manométrica (m);

n: rendimento da bomba (máximo rendimento, geralmente as bombas operam com n= 80%).

## 5.6 Tratamento Secundário

Como tratamento secundário para o esgoto, será utilizado os Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors*), o que atualmente é um dos mais usuais para as estações de esgoto de pequeno porte, além de outras vantagens como taxa de ocupação e níveis satisfatórios de tratamento.

Primeiro se dimensiona o reator como um todo, usando o volume total de reatores ( $V_t$ ), vazão média de projeto ( $Q_{med}$ ) e o tempo de detenção hidráulico (TDH).

De acordo com (CHERNICHARO,2016), as equações a seguir irão auxiliar no dimensionamento do reator UASB.

### 5.6.1 Carga hidráulica volumétrica e Tempo de Detenção Hidráulica

A carga hidráulica volumétrica se obtém do volume de esgoto introduzido diariamente no reator, e o tempo de detenção hidráulica é o inverso da carga volumétrica podendo ser entendida pela seguinte equação:

$$CHV = \frac{V}{Q} \quad (6)$$

Onde:

CHV: Carga hidráulica volumétrica (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d);

Q: Vazão (m<sup>3</sup>/d);

V: Volume total do reator (m<sup>3</sup>).

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad (7)$$

Onde:

TDH: Tempo de detenção hidráulica (d);

De acordo com (CHERNICHARO, 2016), estudos experimentais dizem que a carga volumétrica não se pode ultrapassar o valor de 5,0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d, o que resulta em um tempo de detenção hidráulica de no mínimo de 4,8 horas.

O tempo de detenção é de fundamental importância no projeto de reatores UASB, em virtude disso a diretriz para o estabelecimento do tempo de detenção tendo um parâmetro de vazão e temperatura pode-se observar no quadro 03.

**Quadro 03** – Tempo de detenção hidráulica para projetos de reatores UASB

Temperatura do esgoto (°C)	Tempo de detenção hidráulica (h)	
	Para $Q_{média}$	Para $Q_{máxima}$
15 a 18	≥ 10,0	≥ 7,0
18 a 22	≥ 8,0	≥ 5,5
22 a 25	≥ 7,0	≥ 4,5
> 25	≥ 6,0	≥ 4,0

Fonte: (CHERNICHARO, 2016)

Tendo o conhecimento da vazão dos esgotos afluentes e o tempo de detenção hidráulica estabelecido, pode-se calcular o volume do reator, pela seguinte equação:

$$V = Q \times TDH \quad (8)$$

Onde

V: Volume do reator

Q: Vazão

TDH: Tempo de detenção hidráulica

#### 5.6.2 Carga Orgânica Volumétrica

É a quantidade de matéria orgânica aplicada ao reator diariamente, definida pela seguinte equação.

$$COV = \frac{Q \times S}{V} \quad (9)$$

Onde:

COV: Carga orgânica volumétrica (kgDQO/m<sup>3</sup>.d);

Q: Vazão (m<sup>3</sup>/d);

S: Concentração do substrato afluente (kgDQO/m<sup>3</sup>);

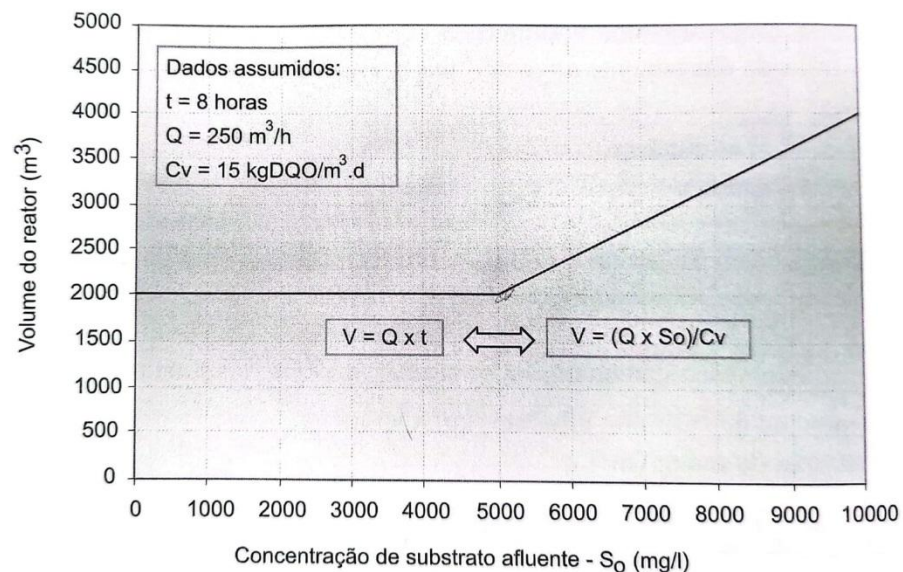
V: Volume total do reator (m<sup>3</sup>).

No caso de efluente industrial com elevada concentração de matéria orgânica costumam adotar cargas inferiores a 15 kgDQO/m<sup>3</sup>.d, porém já foram aplicadas cargas mais elevadas com sucesso na ordem de 45 kgDQO/m<sup>3</sup>.d. Tratando-se de efluentes domésticos, a concentração de carga volumétrica é mais baixa, geralmente até menor que 1000 mgDQO/L, assim se situando no reator na faixa de 2,5 a 3,5 kgDQO/m<sup>3</sup>.d.

Por esta razão o dimensionamento do reator deve ser feito considerando a carga hidráulica, pois caso a carga orgânica seja superior aos valores anteriores isso consequentemente resultaria em velocidades ascensionais excessivas, (CHERNICHARO, 2016).

Como exemplo a figura 11 a seguir, mostra a relação entre a concentração do esgoto e o critério utilizado para determinar o volume do reator, considera-se os seguintes dados:  $t = 8\text{h}$ ;  $COV = 15\text{ kgDQO/m}^3\text{.d}$  e  $Q = 250\text{ m}^3\text{/h}$ .

**Figura 11** – Relação entre concentração do despejo e o volume do reator



Fonte: (CHERNICHARO 2016)

### 5.6.3 Velocidade Superficial do Fluxo

De acordo com (CHERNICHARO, 2016), além do tempo de detenção há outros fatores hidráulicos que interverem no processo, como a velocidade superficial e as variações de vazão. A velocidade superficial deve-se ser mantida abaixo do limite para que possa ser verificada a perda de sólidos no efluente. É calculada a partir da relação entre a vazão afluente e a seção transversal do reator, conforme a equação a seguir:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (10)$$

Onde:

V: Velocidade ascensional do fluxo (m/h);

Q: Vazão (m<sup>3</sup>/h);

A: Área da seção transversal do reator (m<sup>2</sup>).

Com a equação abaixo, pode-se apresentar uma relação entre velocidade ascensional do fluxo, altura do reator H (m) e o tempo de detenção hidráulica.

$$\mathcal{V} = \frac{Q \times H}{V} = \frac{H}{TDH} \quad (11)$$

Para atingir a velocidade máxima do reator depende do tipo de lodo e as cargas aplicadas, para lodos tipo flocculento e cargas orgânicas os reatores operam com até 5,0 a 6,0 kgDQO/m<sup>3</sup>.d, variando as velocidades médias de 0,5 a 0,7 m/h.

Para o caso de esgoto doméstico recomendam-se as seguintes velocidades para projetos de reatores UASB, podemos observar no quadro 04

**Quadro 04** – Velocidades superficiais recomendadas para projeto de reatores UASB.

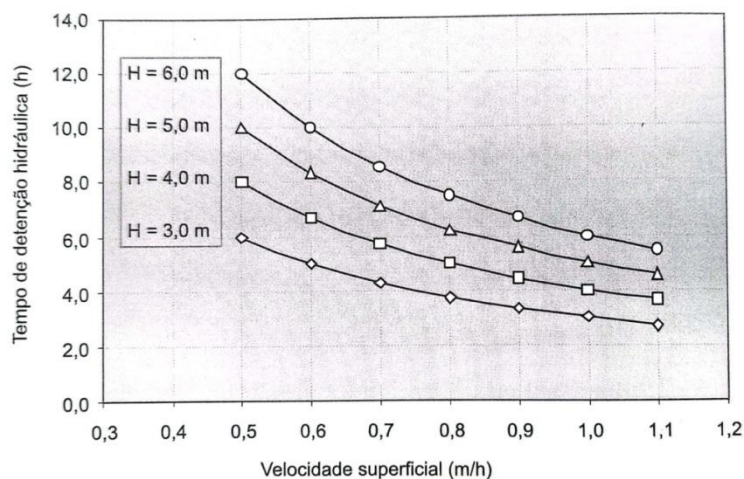
Vazão afluyente	Velocidade Ascensional (m/h)
Vazão média	0,5 – 0,7
Vazão máxima	0,9 – 1,1
Picos temporários*	< 1,5

(\*) Picos de vazão com duração de 2 e 4 horas

**Fonte:** (CHERNICHARO, 2016)

Pode-se notar na Figura 12 que para velocidade superficial do fluxo (v) e o tempo de detenção hidráulica (TDH), recomenda-se que para projetos de reatores UASB no tratamento de esgoto doméstico onde (v) seja usualmente inferior a 1,0 m/h e a Q<sub>méd</sub> e TDH seja entre 6 e 10 horas, para temperaturas variando de 20 e 26 C°, assim as profundidades dos reatores fiquem compreendidas entre 3 e 6 metros.

**Figura 12** – Relação entre a velocidade superficial e o tempo de detenção hidráulica, para diferentes alturas de reator.



**Fonte:** (CHERNICHARO, 2016)

#### 5.6.4 Altura do reator

Para os tratamentos de esgotos domésticos, os reatores que desenvolverem o lodo tipo floculento, têm-se as velocidades ascensionais estabelecidas ao sistema o que conduz os reatores a ter uma altura útil de 4,0 a 5,0 m.

- Altura do compartimento de decantação; 1,5 a 2,0 m
- Altura do compartimento de digestão: 2,5 a 3,5 m

Independente da profundidade útil adotada para o reator recomenda-se que sua profundidade mínima do compartimento de digestão seja de 2,5m.

#### 5.6.5 Sistema de distribuição do afluente

Os compartimentos são implantados na parte superior dos reatores e é feito a distribuição uniforme dos esgotos no fundo do tanque, e também possibilitam uma visualização de perdas de cargas.

#### 5.6.6 Tubos de distribuição

O encaminhamento do esgoto dos compartimentos até o fundo do reator é através dos tubos, e esses tubos estabelecem os seguintes requisitos.

O diâmetro dos tubos deve ser suficiente para proporcionar uma velocidade descendente do esgoto inferior a 0,2 m/s, assim evitando bolhas de ar que eventualmente são arrastadas para dentro do tubo. No caso de tratamento de esgoto de baixa concentração os

tubos devem ter um diâmetro mínimo de 75mm, para que seja evitado a obstrução dos tubos, é indicado que utilize os diâmetros entre 75 a 100mm.

Portanto para a chegada do efluente ao fundo do reator, deve-se adotar um diâmetro bem menor que o inicial, assim proporcionando um aumento de velocidade para que possa favorecer uma boa mistura e um maior contato com o leito de lodo. No caso de tratamento de esgoto doméstico é indicado o uso de tubulações com diâmetro de 40 a 50 mm.

#### 5.6.8 Número de distribuidores

A quantidade de distribuidores tem por objetivo garantir um contato efetivo com a biomassa presente no reator. Para determinar a quantidade de distribuidores utiliza-se a seguinte equação:

$$N_d = \frac{A}{A_d} \quad (12)$$

Onde:

Nd: numero de distribuidores

A: área de seção transversal do reator (m<sup>2</sup>)

Ad: área de influência de cada distribuidor (m<sup>2</sup>).

O quadro 05 apresenta as diretrizes preliminares para a determinação da área de influência de distribuidores de vazão em reatores de manta de lodo, em função do tipo de lodo e de carga orgânica aplicada no sistema.

**Quadro 05** – Determinação da área de influência de distribuidores de vazão em reatores de manta de lodo

Tipo de lodo	Carga orgânica aplicada (kgDQO/m <sup>3</sup> .d)	Área de influência de cada distribuidor (m <sup>2</sup> )
Denso e flocculento (concentração > 40 kgSST/m <sup>3</sup> )	< 1,0	0,5 a 1,0
	1,0 a 2,0	1,0 a 2,0
	> 2,0	2,0 a 3,0
Medianamente denso e flocculento (concentração 20 a 40 kgSST/m <sup>3</sup> )	< 1,0 a 2,0	1,0 a 2,0
	> 3,0	2,0 a 5,0
Granular	< 2,0	0,5 a 1,0
	2,0 a 4,0	0,5 a 2,0
	> 4,0	> 2,0

Fonte: (CHERNICHARO, 2016)

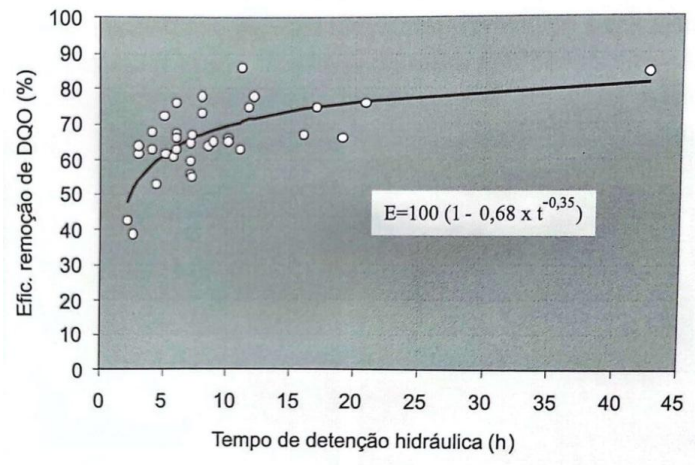
### 5.7 Eficiência do reator UASB

De acordo com (CHERNICHARO, 2016), a estimativa de eficiência ainda está sendo realizada por relações empíricas, obtidas através de resultados experimentais de reatores em operação. As Figuras 13 e 14 apresentam resultados operacionais de dezesseis reatores UASB, todos eles operando sob as seguintes condições:

- Temperatura do esgoto, entre 20 a 27 °C
- Concentração de DQO do esgoto bruto, entre 300 e 1.400 mg/L
- Concentração de DBO do esgoto bruto, entre 150 e 850 mg/L

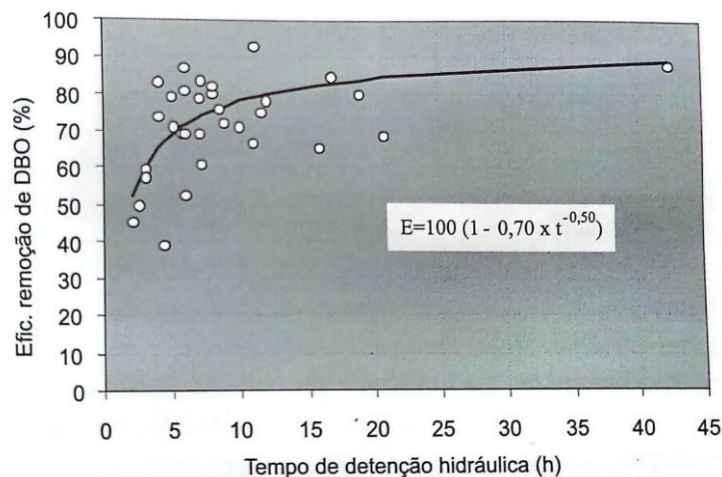
Observa-se que a eficiência de remoção de DQO e DBO é afetada igualmente, pelo tempo de detenção hidráulica, variando de 40 a 80% na remoção do DQO, e de 40 a 90% na remoção do DBO.

**Figura 13** – Eficiência de remoção de DQO esperadas para reatores UASB, tratando esgotos domésticos.



Fonte: CHERNICHARO, 2016

**Figura 14** – Eficiência de remoção de DBO esperadas para reatores UASB, tratando esgotos domésticos.



Fonte: CHERNICHARO, 2016

Com esses resultados operacionais, podemos obter as curvas de eficiência utilizando as equações a seguir.

$$E_{DQO} = 100 X (1 - 0,68 X TDH^{-0,35}) \quad (13)$$

Onde:

Edqo: eficiência do reator UASB, em termos de remoção de DQO (%);

TDH: tempo de detenção hidráulica (h);

0,68: constante empírica;

0,35: constante empírica.

$$E_{DBO} = 100 X (1 - 0,70 X TDH^{-0,50}) \quad (14)$$

Onde:

Edbo: eficiência do reator UASB, em termos de remoção de DBO (%);

TDH: tempo de detenção hidráulica (h);

0,70: constante empírica;

0,50: constante empírica.

Essas equações possibilitam estimar a eficiência dos reatores UASB, se tratando de esgoto doméstico. Estando na faixa de temperatura de 20 e 27 °C, em função do tempo de detenção hidráulica para os parâmetros de DQO e DBO.

#### 5.7.1 Estimativa de concentração de DQO e DBO no efluente final

Para a estimativa de concentração de DQO e DBO no efluente final, utiliza-se a seguinte equação:

$$S = S^{\circ} - \frac{E \times S^{\circ}}{100} \quad (15)$$

Onde:

S: concentração de DQO ou de DBO efluente (mg/L);

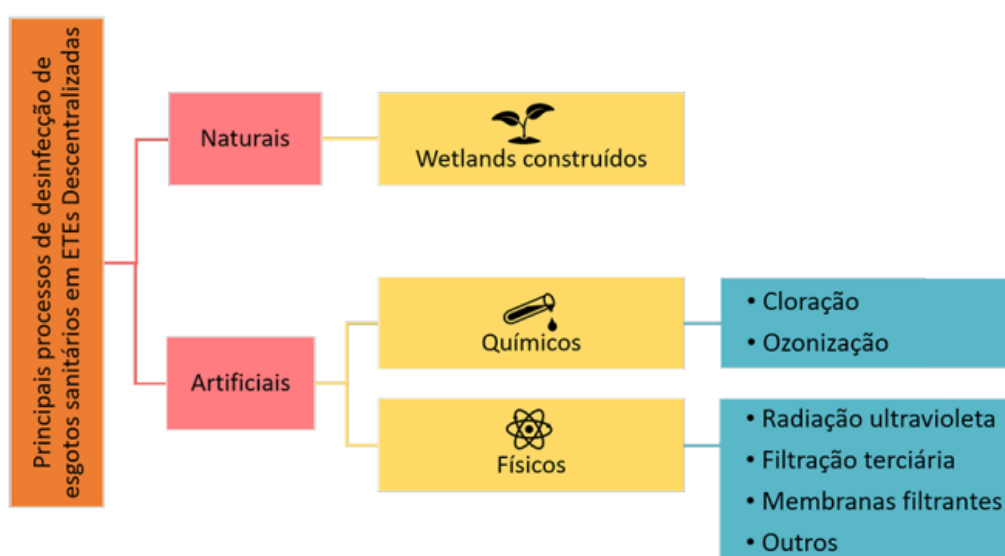
S°: concentração de DQO ou de DBO afluente (mg/L);

E: eficiência de remoção de DQO ou de DBO (%).

## 5.8 Desinfecção

De acordo com (PROSAB, 2019), a desinfecção pode ser realizada por processos artificiais ou naturais, sendo eles os principais processos de desinfecção para ETEs descentralizadas. A pesquisa, optou-se pelo sistema de desinfecção artificial por meio de cloração, o cloro é o agente químico mais utilizado nas ETEs, pois no processo de disposição no solo, além dos agentes químicos e físicos presentes, a ação de predação ou competição de outros organismos resultam na inatividade de patógenos, pode-se observar a Figura 15 a seguir:

**Figura 15** - Principais processos de desinfecção de esgotos sanitários em ETE descentralizadas



Fonte: (Prosab, 2019)

### 5.8.1 Desinfecção por cloração

O cloro é o desinfetante mais utilizado para água e esgoto, é uma tecnologia conhecida mundialmente. Para o tratamento de esgoto o cloro pode-se ser utilizado por meio de soluções de hipoclorito de sódio, comercializado de forma líquida.

Para o processo de cloração vamos utilizar dois tanques um de mistura rápida e outro tanque de contato, utiliza-se para o dimensionamento as seguintes equações:

$$V_{TMR} = Q_{med} \times TDH \quad (16)$$

Onde:

V<sub>tmr</sub>: volume do tanque de mistura rápida

Q<sub>med</sub>: vazão média

TDH: tempo de detenção hidráulica

$$V_{TC} = Q_{med} \times TDH \quad (17)$$

Onde:

Vtc: volume do tanque de contato

Qmed: vazão média

TDH: tempo de detenção hidráulica

### **5.9 Pré-projeto de implantação da estação de tratamento de esgoto**

Para o pré-projeto da estação de tratamento de esgoto, será projetada conforme os dimensionamentos apresentados durante a pesquisa, respeitando a ordem de funcionamento e fluidez dos efluentes ao longo do tratamento na estação.

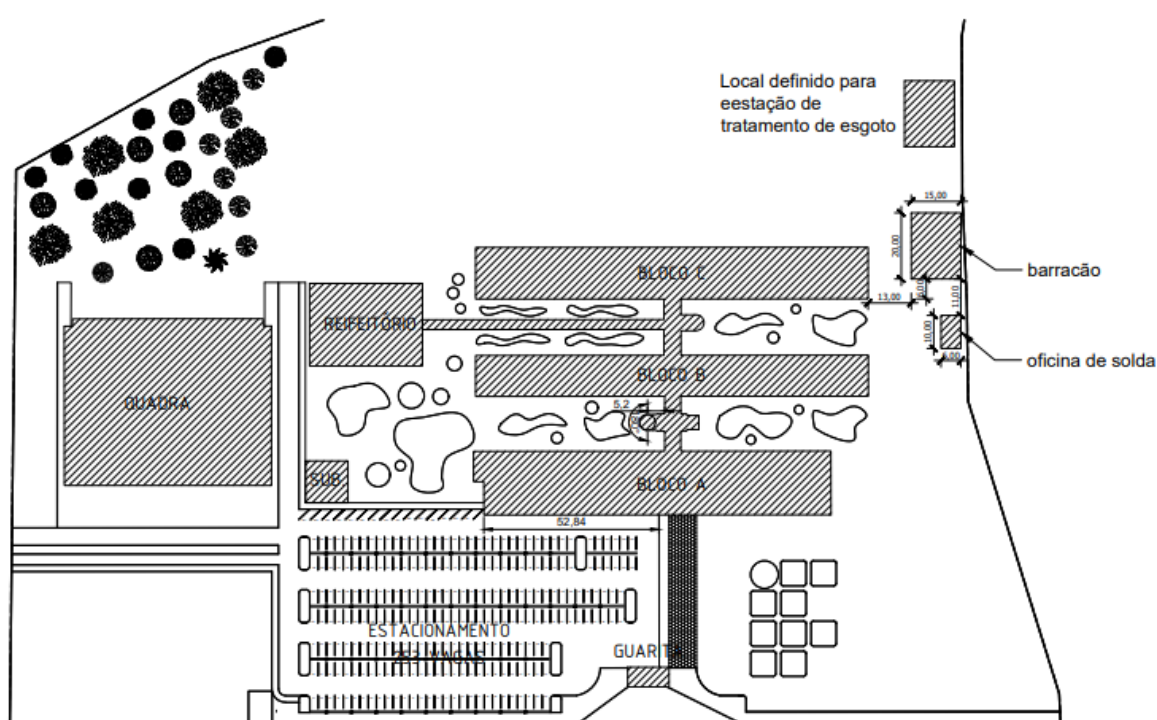
As unidades irão contar com registros para que seja possível acompanhar todas as etapas e processo do tratamento, sendo assim possível estudar e acompanhar os equipamentos isoladamente.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Localização sugerida para estação de tratamento de esgoto

Considerando a rede de esgoto já executada no campus e os projetos desenvolvidos para ampliação do campus com outros blocos, entendeu-se que a ETE será implantada nas proximidades do novo bloco. Podemos identificar na Figura 15 a seguir o local de implantação.

**Figura 16** – Localização da ETE



Fonte: Autoria própria, 2023

### 6.2 Estimativa das vazões

O quadro a seguir apresenta o quantitativo de pessoas ativas no campus.

**Quadro 06** – Quantitativo de alunos e servidores do campus

Quantitativo 2021		Quantitativo para próximos 20 anos
Docentes	132	250
Discentes	1.698	3.250
Técnicos administrativos	74	200
Terceirizados	37	100
<b>TOTAL</b>	<b>1.904</b>	<b>3.800</b>

Fonte: *Campus Calama*, 2021

De acordo com a ABNT NBR 17076:2024 – Projeto de Sistema de Tratamento de Esgoto de Menor Porte – Requisitos na tabela 1 – Contribuição diária de efluente (q) por unidade, uma pessoa na situação escolar em período integral contribui 100 litros de efluente por dia. Utilizando esse consumo diário por pessoa e o quantitativo de pessoas ativas no campus é possível calcular a vazão da geração de efluentes inicial e final com as seguintes equações:

- **Vazão média – quantitativo 2021**

Qi: vazão inicial (L/s)

C: 0,8

Pi: 1904 (hab)

qif: 100 (L/hab . dia)

$$Q_i = \frac{C \cdot P_{if} \cdot q_{if}}{86.400} = 1,76 \text{ L/s} \quad (1)$$

$$Q_i = 6,34 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Qi: vazão máxima L/s

K2: 1,5

Qdi: 1,76 L/s

$$Q_i = k_2 \cdot Q_{di} = 2,64 \text{ L/s}$$

$$Q_i = 9,50 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Qi: vazão mínima

$$Q_m = \frac{1,76}{2} = 0,88 \text{ L/s}$$

$$Q_i = 3,16 \text{ m}^3/\text{hora}$$

- **Vazão final – quantitativo 2041**

Qif: vazão média (L/s)

C: 0,8

Pif: 3800 (hab)

qif: 100(L/hab . dia)

$$Q_{if} = \frac{C \cdot P_{if} \cdot q_{if}}{86.400} = 3,52 \text{ L/s} \quad (1)$$

$$Q_i = 12,7 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Qf: vazão máxima L/s

K1: 1,2

K2: 1,5

Qdf: 3,52

$$Q_f = k_1 \cdot k_2 \cdot Q_{df} = 6,34 \text{ L/s}$$

$$Q_i = 22,82 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Qi: vazão mínima

$$Q_m = \frac{3,52}{2} = 1,76 \text{ L/s}$$

$$Q_i = 6,3 \text{ m}^3/\text{hora}$$

### 6.3 Características Qualitativas Do Esgoto Produzido No Campus

O anexo 01 desta pesquisa apresenta os resultados das análises de uma amostra de esgoto do *Campus Calama*, realizado em um laboratório especializado na caracterização deste tipo de amostras. Foram analisados coliformes totais, coliformes fecais, DBO, DQO, sólidos sedimentáveis totais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais.

**Figura 17** - Resultados da análise da amostra de esgoto do Campus Calama

Resultados							
Parâmetros	Resultados Analíticos	Un Trab	VMP	COMDEMA N° 4	Un	L.Q./Faixa	Início Ensaio
Contagem de Coliformes Termotolerantes (Fecais)	1,0x10 <sup>+3</sup>	NMP/100 mL	N.A	até 1,0x10 <sup>+3</sup>	NMP/100 mL	1,8	26/04/2024
Contagem de Coliformes Totais	2,8x10 <sup>+3</sup>	NMP/100 mL	N.A	N.A	NMP/100 mL	1,8	26/04/2024
Materiais/Sólidos Sedimentáveis	5,4	mL/L	até 1,0	até 1,0	mL/L	0,1	26/04/2024
Nitrogênio Total	17,23	mg/L	N.A	N.A	mg/L	0,5	26/04/2024
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5)	125,00	mg/L	≤ 120,0 - 60% (1)	até 60,00	mg/L	2,0	26/04/2024
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	251,00	mg/L	N.A	até 150,00	mg/L	5,0	26/04/2024

Fonte: LAPEF, 2024

### 6.4 Tratamento Preliminar

#### 6.4.1 Peneiramento

Como a peneira será para uma ETE de pequeno porte, foi utilizar uma peneira com capacidade de até 10m<sup>3</sup>/h, atendendo respectivamente nossa vazão média inicial e final que são 4,36m<sup>3</sup>/h e 9,36m<sup>3</sup>/h, conforme o Figura 16 o modelo escolhido é a P500.

Figura 18 – Dimensão das peneiras

Modelo	Dimensões (mm)					Flange Entrada / Saída	Ranhura (mm)						Área Filtrante (m <sup>2</sup> )
	A	B	C	D	E		0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	5,00	
PE 500	605	1710	1080	227	1318	4"4"	10	14	17	22	25	50	0,50
PE 1000	1105	1710	1080	227	1318	4"6"	19	27	33	43	51	102	1,00
PE 1500	1605	1710	1080	253	1343	6"8"	29	40	49	64	76	152	1,50
PE 2000	2105	1710	1080	253	1343	2x6"/2x8"	39	53	66	86	101	202	2,00
PE 2500	2605	1710	1080	253	1343	2x6"/2x8"	48	67	82	107	126	252	2,50
PE 3000	3105	1710	1080	278	1343	2x8"/2x10"	58	80	98	128	151	302	3,00

Fonte: Hidrosul, 2023

## 6.4.2 Calha Parshall

De acordo com a ABNT NBR 12208/2020, vamos utilizar a calha *parshall* para monitorar a vazão da ETE, conforme quadro apresentado e o resultado das vazões mínima e máxima respectivamente 0,88l/s e 2,64 l/s a calha *parshall* será de 3'' polegadas seguindo as seguintes altura de lâmina d' água.

Onde

H<sub>p</sub>: altura d'água

Q: vazão =

λ: parâmetro de vazão m<sup>3</sup>/sN: parâmetro de vazão m<sup>3</sup>/s

$$H_p = \left(\frac{Q}{\lambda}\right)^{1/N} \quad (18)$$

$$H_p = 0,0663m^3/s$$

Quadro 07 – Dimensão da Calha Parshall

TABELA 9.5 Medidores PARSHALL – Capacidades, medidas padronizadas e equações de vazão														
Dimensão Nominal "W"		Capacidade do Parshall (em L/s)		Dimensões padronizadas do Parshall (cm)									Parâmetros de vazão (m <sup>3</sup> /s)	
pol/pés	m	mín.	máx.	A	B	C	D	E	F	G	K	N	λ	n
3"	0,076	0,85	53,8	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7	0,176	1,547
6"	0,152	1,52	110,4	62,3	61,0	39,4	40,3	53,3	30,5	45,7	3,8	11,4	0,381	1,580
9"	0,229	2,55	251,9	88,1	86,4	38,1	57,5	61,0	45,7	61,0	6,9	17,1	0,535	1,530
1'	0,305	3,11	455,6	137,1	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	0,690	1,522
1 1/2'	0,457	4,25	696,2	144,8	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	1,054	1,538
2'	0,610	11,89	936,7	152,3	149,3	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	1,426	1,550
3'	0,915	17,26	1.426,3	167,5	164,3	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	2,182	1,566
4'	1,220	36,79	1.921,5	182,8	179,2	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	2,935	1,578
5'	1,525	62,8	2.422,0	198,0	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	3,728	1,587
6'	1,830	74,4	2.929,0	213,3	209,1	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	4,515	1,595
7'	2,135	115,4	3.440,0	228,6	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,306	1,601
8'	2,440	130,7	3.950,0	244,0	239,0	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	6,101	1,606
10'	3,050	200,0	5.660,0	274,5	260,8	366,0	475,9	122,0	91,5	122,0	14,2	34,3	-	-

Fonte: Nuvolari, 2011

### 6.5 Estação Elevatória

Para determinar o hidrógrafo do volume diário de resíduos acumulados, foi elaborada uma tabela de vazão horária estimada no campus, com base na vazão  $Q_{min}$ ,  $Q_{med}$  e  $Q_{max}$ . Conforme quadro a seguir pode-se observar as vazões nos horários de funcionamento do *Campus*

**Quadro 08** – Vazão conforme horário de funcionamento do *Campus* 2021

	Intervalo	Coef.	Int	Hora	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Vazão Média	Máxima	Mínima	Acumulado	Média
		0,00	0:00	0:00	0,00	4,36	5,44		0,00	0,00
0:00	1:00	0,00	1:00	1:00	0,00	4,36	9,80		0,00	4,36
1:00	2:00	0,00	1:00	2:00	0,00	4,36	14,16		0,00	8,71
2:00	3:00	0,00	1:00	3:00	0,00	4,36	18,52		0,00	13,07
3:00	4:00	0,00	1:00	4:00	0,00	4,36	22,88		0,00	17,42
4:00	5:00	0,00	1:00	5:00	0,00	4,36	27,24		0,00	21,78
5:00	6:00	0,00	1:00	6:00	0,00	4,36	31,60		0,00	26,14
6:00	7:00	0,00	1:00	7:00	0,00	4,36	35,96	2,38	0,00	30,49
7:00	8:00	0,50	1:00	8:00	3,17	4,36	40,32	1,98	3,17	34,85
8:00	9:00	0,50	1:00	9:00	3,17	4,36	44,68	6,34	6,34	39,20
9:00	10:00	1,00	1:00	10:00	6,34	4,36	49,04	10,70	12,67	43,56
10:00	11:00	1,00	1:00	11:00	6,34	4,36	53,40	15,06	19,01	47,92
11:00	12:00	1,00	1:00	12:00	6,34	4,36	57,76	19,42	25,34	52,27
12:00	13:00	1,50	1:00	13:00	9,50	4,36	62,12	23,78	34,85	56,63
13:00	14:00	1,50	1:00	14:00	9,50	4,36	66,48	28,14	44,35	60,98
14:00	15:00	1,00	1:00	15:00	6,34	4,36	70,84	32,50	50,69	65,34
15:00	16:00	1,00	1:00	16:00	6,34	4,36	75,20	36,86	57,02	69,70
16:00	17:00	1,00	1:00	17:00	6,34	4,36	79,56	41,22	63,36	74,05
17:00	18:00	1,50	1:00	18:00	9,50	4,36	83,92	45,58	72,86	78,41
18:00	19:00	1,50	1:00	19:00	9,50	4,36	88,28	49,94	82,37	82,76
19:00	20:00	1,00	1:00	20:00	6,34	4,36	92,64	54,30	88,70	87,12
20:00	21:00	1,00	1:00	21:00	6,34	4,36	97,00	58,66	95,04	91,48
21:00	22:00	1,00	1:00	22:00	6,34	4,36	101,36	63,02	101,38	95,83
22:00	23:00	0,50	1:00	23:00	3,17	4,36	105,72	67,38	104,54	100,19
23:00	0:00	0,00	1:00	0:00	0,00	4,36	110,08	71,74	104,54	104,54

Fonte: Autoria própria, 2025

**Quadro 09 – Vazão conforme horário de funcionamento do Campus 2041**

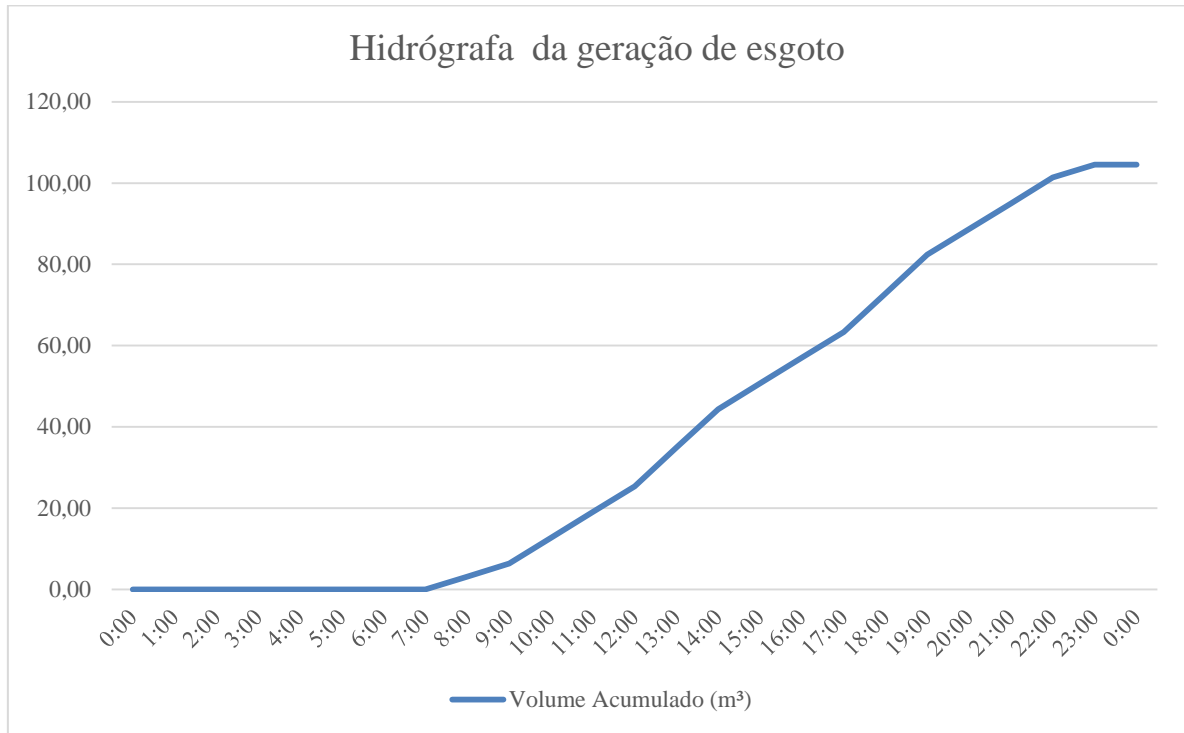
	Intervalo	Coef.	Int	Hora	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Vazão Média	Máxima	Mínima	Acumulado	Média
		0,00	0:00	0:00	0,00	9,36	12,08		0,00	0,00
0:00	1:00	0,00	1:00	1:00	0,00	9,36	21,44		0,00	9,36
1:00	2:00	0,00	1:00	2:00	0,00	9,36	30,80		0,00	18,72
2:00	3:00	0,00	1:00	3:00	0,00	9,36	40,16		0,00	28,08
3:00	4:00	0,00	1:00	4:00	0,00	9,36	49,52		0,00	37,43
4:00	5:00	0,00	1:00	5:00	0,00	9,36	58,88		0,00	46,79
5:00	6:00	0,00	1:00	6:00	0,00	9,36	68,24		0,00	56,15
6:00	7:00	0,00	1:00	7:00	0,00	9,36	77,60	6,04	0,00	65,51
7:00	8:00	0,50	1:00	8:00	6,34	9,36	86,96	3,32	6,34	74,87
8:00	9:00	0,50	1:00	9:00	6,34	9,36	96,32	12,68	12,68	84,23
9:00	10:00	1,00	1:00	10:00	12,70	9,36	105,68	22,04	25,38	93,58
10:00	11:00	1,00	1:00	11:00	12,70	9,36	115,04	31,40	38,08	102,94
11:00	12:00	1,00	1:00	12:00	12,70	9,36	124,40	40,76	50,78	112,30
12:00	13:00	1,50	1:00	13:00	22,82	9,36	133,76	50,12	73,60	121,66
13:00	14:00	1,50	1:00	14:00	22,82	9,36	143,12	59,48	96,42	131,02
14:00	15:00	1,00	1:00	15:00	12,70	9,36	152,48	68,84	109,12	140,38
15:00	16:00	1,00	1:00	16:00	12,70	9,36	161,84	78,20	121,82	149,73
16:00	17:00	1,00	1:00	17:00	12,70	9,36	171,20	87,56	134,52	159,09
17:00	18:00	1,50	1:00	18:00	22,82	9,36	180,56	96,92	157,34	168,45
18:00	19:00	1,50	1:00	19:00	22,82	9,36	189,92	106,28	180,16	177,81
19:00	20:00	1,00	1:00	20:00	12,70	9,36	199,28	115,64	192,86	187,17
20:00	21:00	1,00	1:00	21:00	12,70	9,36	208,64	125,00	205,56	196,53
21:00	22:00	1,00	1:00	22:00	12,70	9,36	218,00	134,36	218,26	205,88
22:00	23:00	0,50	1:00	23:00	6,34	9,36	227,36	143,72	224,60	215,24
23:00	0:00	0,00	1:00	0:00	0,00	9,36	236,72	153,08	224,60	224,60

Fonte: Autoria própria, 2025

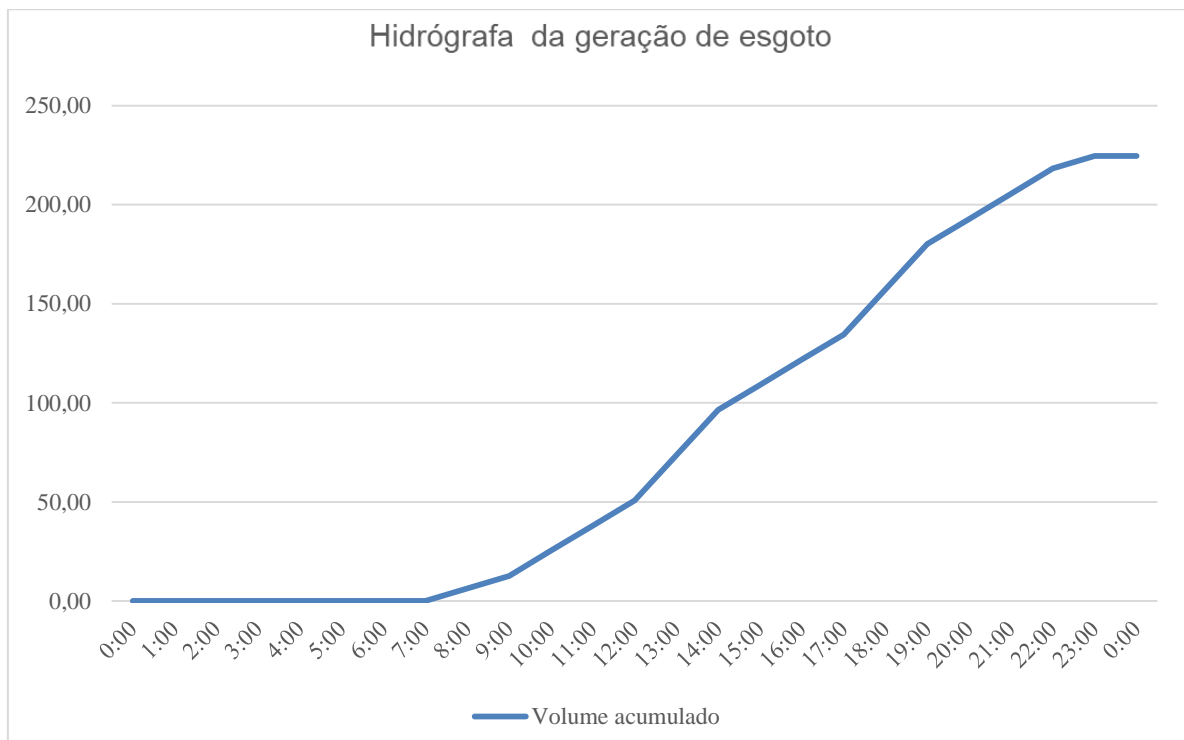
As vazões foram adotadas considerando os horários de maior movimentação no campus e de alternância de períodos. Para ser uma estimativa mais próxima da real situação, utilizamos a média das vazões no horário de 07:00 horas a 23:00 horas, mantendo o previsto de projeto para vazão média em 2021 de 4,36 m<sup>3</sup>/h e vazão média em 2041 de 9,36 m<sup>3</sup>/h.

A nossa média real acumulada no período de 24 horas para cenário 2021 foi de 104,54 m<sup>3</sup>/dia e para cenário 2041 de 224,60 m<sup>3</sup>/dia.

Para calcular o volume do tanque é necessário o volume dos resíduos acumulados em função do tempo, podemos observar no gráfico 01 e 02.

**Gráfico 01** – Hidrógrafo do volume de resíduos acumulados 2021

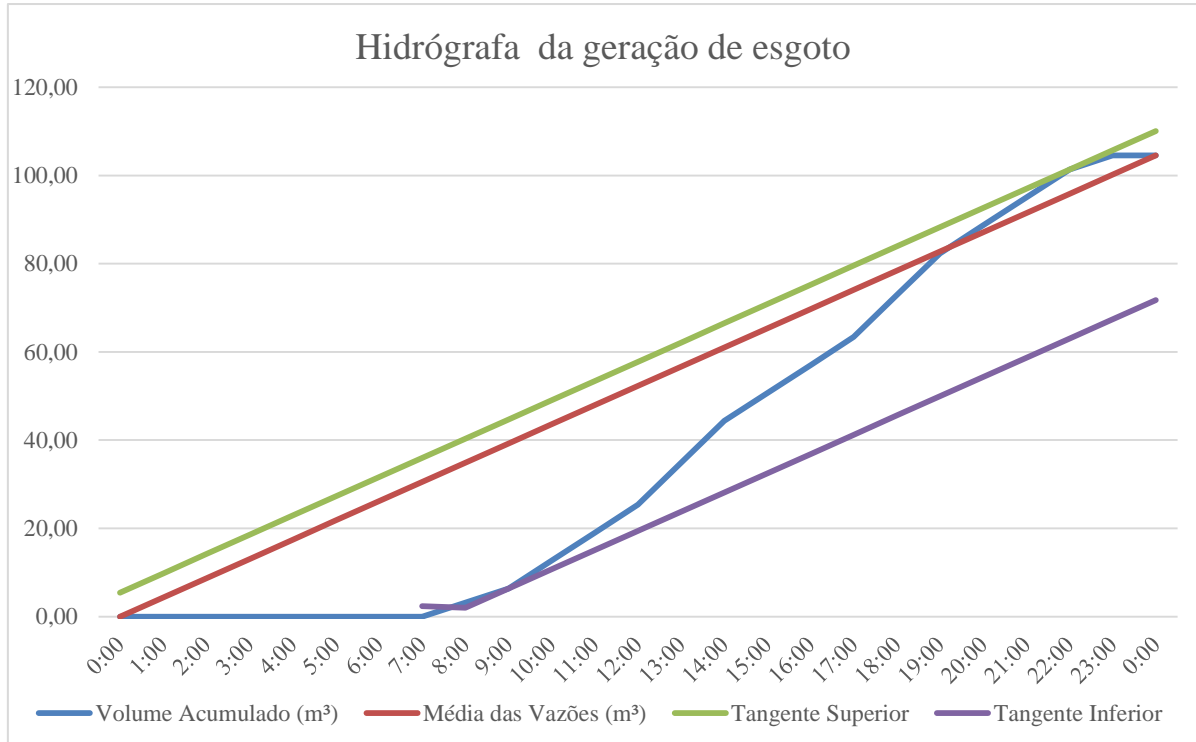
**Fonte:** Autoria própria, 2025

**Gráfico 02** – Hidrógrafo do volume de resíduos acumulados 2041

**Fonte:** Autoria própria, 2025

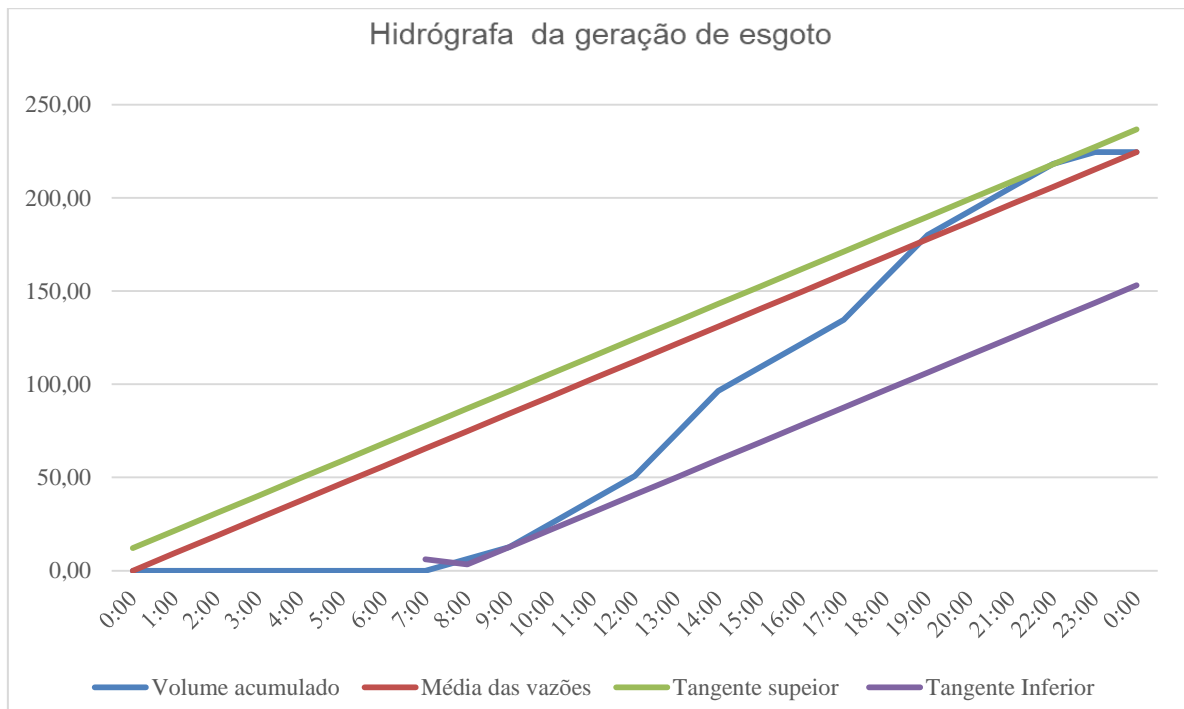
O volume do tanque será definido pela distância entre as retas da tangente superior e a inferior à curva, paralelas à reta da média das vazões, conforme o gráfico a seguir.

**Gráfico 03** – Hidrógrafo da vazão de resíduos acumulados 2021



**Fonte:** Autoria própria, 2025

**Gráfico 04** – Hidrógrafo da vazão de resíduos acumulados 2041



**Fonte:** Autoria própria, 2025

A distância horizontal aproximada entre as retas tangentes à curva de 2021 foi de  $V_{eq} = 38,34 \text{ m}^3$  e para curva de 2041 foi de  $V_{eq} = 83,64 \text{ m}^3$ , assim será necessário um reservatório com as dimensões de  $4 \times 4 \times 2,75 \text{ mt}$ , para atender o volume equivalente.

Para a velocidade de escoamento das tubulações de sucção e recalque da estação elevatória de acordo com a ABNT NBR 12208/2020 no item 5.9.5.1 estabelece que a velocidade precise estar entre 0,6 a 1,5 m/s, assim vamos ter os seguintes diâmetros.

Para **2021**

Qmed: 1,2 l/s

$$D = \frac{\sqrt{4 \times 1,2 \times 10^{-3}}}{\pi} \quad (19)$$

$$D = 0,038 \text{ m} \cong 40 \text{ mm}$$

Recalque:  $D = 50 \text{ mm}$  para velocidade de 0,61 m/s

Sucção:  $D = 75 \text{ mm}$  para velocidade de 0,27 m/s

Para **2041**

Qmed: 2,6 l/s

$$D = \frac{\sqrt{4 \times 2,6 \times 10^{-3}}}{\pi}$$

$$D = 0,058 \text{ m} \cong 50 \text{ mm}$$

Recalque:  $D = 50 \text{ mm}$  para velocidade de 1,32 m/s

Sucção:  $D = 75 \text{ mm}$  para velocidade de 0,58 m/s

Conforme o anexo 10 da NBR 12208/2020, as velocidades de recalque estão de acordo com a norma, já a de sucção não atenderam o mínimo estabelecido, podendo assim ser menor caso seja justificada tecnicamente e aprovada pela prestadora de serviço e pela contratante ou que tenha uma vazão inferior a 3L/s valor do qual não atende a vazão máxima do cenário de 2041 de 6,34 L/s.

A elevatória deverá fornecer energia suficiente para o esgoto escoar até o reator UASB, o desnível da sucção até o topo do reator é de 7,84 m. Admitindo-se ainda uma perda de carga de 20m, somando tudo teremos uma altura manométrica de 27,84 metros.

Adotando como peso específico do esgoto o valor de  $\gamma = 9798 \text{ n/m}^3$  foi calculado a potência da bomba com a seguinte equação

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_M}{75 \cdot \eta} \quad (5)$$

Para **2021**

Y: 9798 (N/m<sup>3</sup>);

Q: 1,21 (m<sup>3</sup>/s);

HM: 27,84 m

n: 80%).

$$P = \frac{9798 \times 0,00121 \times 27,84}{75 \times 0,8}$$

$$P: 5,5 \text{ Cv} \cong 6 \text{ Cv}$$

Para **2041**

Y: 9798 (N/m<sup>3</sup>);

Q: 2,6 (m<sup>3</sup>/s);

HM: 27,84 m

n: 80%).

$$P = \frac{9798 \times 0,0026 \times 27,84}{75 \times 0,8}$$

No cenário de 2021 será necessária uma bomba de 6Cv e uma bomba reserva, no cenário de 2041 precisará de mais duas bombas de 6Cv, totalizando 4 bombas para estação de tratamento de esgoto.

## 6.6 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

### 6.6.1 Carga hidráulica volumétrica e Tempo de detenção hidráulica

Para obter o valor da carga hidráulica e do tempo de detenção vamos utilizar o quadro 03, apresentada na metodologia no tópico 4.6.1.

Conforme o quadro, iremos utilizar a temperatura de >25°C que corresponde à região que será realizada o tratamento de esgoto, respectivamente terá um tempo de detenção para  $Q_{\text{méd}} \geq 6,0$ .

Podemos então calcular o volume do reator:

$$V = Q \cdot T \quad (6)$$

- Vazão média para 2021:

Q: 4,36 m<sup>3</sup>/h

T: 6 horas

$$V = 4,36 \times 6 = 26,16 \text{ m}^3$$

$$V = 30 \text{ m}^3$$

E o tempo de detenção:

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad (7)$$

$$TDH = 6,88 \text{ horas}$$

- Vazão média para 2041:

$$Q: 4,36 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T: 6 \text{ horas}$$

$$V = 4,36 \times 6 = 26,16 \text{ m}^3$$

$$V = 60 \text{ m}^3$$

E o tempo de detenção

$$TDH = \frac{V}{Q}$$

$$TDH = 6,41 \text{ horas}$$

Como o tamanho comercial dos tanques é de 30m<sup>3</sup>, foi ajustado os volumes para 30m<sup>3</sup> e 60m<sup>3</sup>.

Segue com o calculo da carga hidráulica volumétrica com a seguinte formula:

$$CHV = \frac{Q}{V} \quad (8)$$

Para 2021: V= 30m<sup>3</sup>, temos Qmed= 104,64 m<sup>3</sup>/dia

Para 2041: V= 60m<sup>3</sup>, temos Qmed= 224,64 m<sup>3</sup>/dia

- **2021**

$$CHV = \frac{104,64}{30}$$

$$CHV = 3,49 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{dia}$$

- **2041**

$$CHV = \frac{224,64}{60}$$

$$CHV = 3,74 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{dia}$$

### 6.6.2 Carga Orgânica Volumétrica

Para calcular a quantidade de matéria que é depositada no reator diariamente, usamos a seguinte fórmula:

$$COV = \frac{Q \times S}{V} \quad (9)$$

Para **2021**

COV: KgDQO/m<sup>3</sup>.d

Q: 104,64 m<sup>3</sup>/dia

S: 0,251

V: 30 m<sup>3</sup>

$$COV = \frac{104,64 \times 0,251}{30}$$

$$COV = 0,875 \text{ KgDQO/m}^3.\text{d}$$

Para **2041**

COV: KgDQO/m<sup>3</sup>.d

Q: 224,64 m<sup>3</sup>/dia

S: 0,251

V: 60 m<sup>3</sup>

$$COV = \frac{224,64 \times 0,251}{60}$$

$$COV = 0,93 \text{ KgDQO/m}^3.\text{d}$$

Como o tratamento é de efluentes domésticos a concentração da carga volumétrica fica na faixa de 2,5 a 3,5 KgDQO/m<sup>3</sup>.d, a carga calculada através da vazão média, resultado do DQO da amostra coletada, dividido pelo volume do reator, assim ficando com resultado entre a 0,875 a 0,93 KgDQO/m<sup>3</sup>.d, que está dentro do estabelecido pela NBR 17076:2024

### 6.6.3 Velocidade Superficial do Fluxo

A velocidade ascensional é calculada para verificar a perda de sólidos no efluente, para chegar ao resultado dessa velocidade é necessário calcular a área de seção transversal do reator; no cenário inicial foi utilizado um reator de 30m<sup>3</sup> e o cenário final dois reatores de 30m<sup>3</sup>, cujo a área deles é de 7,35m<sup>2</sup>. Para calcular a velocidade utiliza-se a seguinte fórmula?

$$V = \frac{Q}{A} \quad (10)$$

Para **2021**

Qmed: 4,36 m<sup>3</sup>/h

A: 7,35m<sup>2</sup>

$$V = \frac{4,36}{7,35}$$

$$V = 0,59 \text{ m/h}$$

Para **2041**

Qmed: 9,36 m<sup>3</sup>/h para cada reator 4,68m<sup>3</sup>/h

A: 7,35m<sup>2</sup>

$$V = \frac{4,68}{7,35}$$

$$V = 0,63 \text{ m/h}$$

De acordo com quadro 04 apresentado na metodologia a velocidade se encontra dentro do padrão de vazão média com velocidade de 0,59 a 0,63 m/h.

A altura útil do reator e seus tubos de distribuição são pré estabelecido no momento da compra do produto.

#### 6.6.4 Número de distribuidores

Para que seja determinada a quantidade de tubos para o reator, pode-se calcular a seguinte equação:

$$N_d = \frac{7,35}{1,5} \quad (11)$$

$$N_d: 5 \text{ unidades}$$

Nd: número de tubos

Área do reator: 7,35 m<sup>2</sup>

Ad: 1,5 m<sup>2</sup>

Área do tubo: 75mm para 0,004 m<sup>2</sup>

- Velocidade para **2021**

$$V = \frac{0,00121}{5 \times 0,004} = 0,06 \text{ m/s} < 0,2 \text{ m/s}$$

- Velocidade para **2041**

$$V = \frac{0,0013}{5 \times 0,004} = 0,065 \text{ m/s} < 0,2 \text{ m/s}$$

#### 6.6.4 Eficiência do reator UASB

A eficiência do reator é afetada igualmente pelo tempo da detenção hidráulica, para calcular a eficiência média inicial vamos ter tempo de 6,88 horas e eficiência média final 6,41 horas. Utiliza-se seguinte formula para calculo da eficiência do DQO.

$$E_{DQO} = 100 X (1 - 0,68 X TDH^{-0,35}) \quad (12)$$

Eficiência 6,88 horas:

$$E_{DQO} = 100 X (1 - 0,68 X 6,88^{-0,35})$$

$$E_{DQO} = 65,38 \%$$

Eficiência 6,41 horas:

$$E_{DQO} = 100 X (1 - 0,68 X 6,41^{-0,35})$$

$$E_{DQO} = 64,5\%$$

Para calcular o DBO utilizou a seguinte formula

$$E_{DBO} = 100 X (1 - 0,70 X TDH^{-0,50}) \quad (13)$$

Para 6,88 horas

$$E_{DBO} = 100 X (1 - 0,70 X 6,88^{-0,50})$$

$$E_{DBO} = 73,31 \%$$

Para 6,41 horas

$$E_{DBO} = 100 X (1 - 0,70 X 6,41^{-0,50})$$

$$E_{DBO} = 72,35 \%$$

Conforme a Resolução CONAMA n° 430, COMDEMA 04 e a amostra coletada pela empresa LAPEF a Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO), os resultados estão dentro dos parâmetros estabelecidos.

#### 6.6.5 Estimativa de concentração de DQO e DBO

Para as estimativas de concentração final utilizam-se os seguintes resultados e a equação:

$$S = S_0 - \frac{E \times S_0}{100} \quad (14)$$

DQO inicial e final: S: 251 mg/l E:65,38% e 64,5%

$$S = 251 - 0,6538 \times 251$$

$$S = 86,89 \text{ mg/l}$$

$$S = 251 - 0,645 \times 251$$

$$S = 89,10 \text{ mg/l}$$

DBO inicial e final: 73,31% e 72,35%

$$S = 251 - 0,7331 \times 251$$

$$S = 66,99 \text{ mg/l}$$

$$S = 251 - 0,7235 \times 251$$

$$S = 69,40 \text{ mg/l}$$

### 6.6 Desinfecção por cloração

Para esse processo de desinfecção utilizou dois tanques, o de mistura rápida e o de contato. Utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$V_{TMR} = Q_{med} \times TDH \quad (15)$$

$$V_{TC} = Q_{med} \times TDH$$

Para **2021**

$$V_{TMR} = Q_{med} \times TDH$$

$$V_{TMR} = 0,00121 \times 5$$

$$V_{TMR} = 6l$$

Para **2041**

$$V_{TMR} = Q_{med} \times TDH$$

$$V_{TMR} = 0,0026 \times 5$$

$$V_{TMR} = 13l$$

Para o tanque de contato

T: mistura de 30 minutos

Para **2021**

$$V_{TC} = 1,21 \times 30 \times 60$$

$$V_{TC} = 2.178 \cong 2.500 \text{ l}$$

Para **2041**

$$V_{TC} = 2,6 \times 30 \times 60$$

$$V_{TC} = 4.680 \text{ l}$$

## 7. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver o projeto preliminar de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – Campus *Calama*, com a finalidade de propor uma solução eficiente, técnica e ambientalmente adequada para o tratamento dos efluentes gerados na instituição.

A partir da análise das condições atuais do *campus* e da estimativa, quantitativa e qualitativa dos esgotos produzidos, foi possível projetar uma ETE de pequeno porte, composta por tratamento preliminar, secundário, calha parshall, estação elevatória, reator UASB e tanque de cloração.

Os cálculos realizados demonstram que o sistema consegue atender a demanda atual e futura do *campus*, considerando uma projeção futura de 20 anos. As vazões médias projetadas para cenário inicial foi de 104,54 m<sup>3</sup>/dia e para o cenário final 224,64 m<sup>3</sup>/dia. O dimensionamento do reator UASB apresentou eficiência média inicial de 65,38% e 64,5% para média final para DQO e média inicial de 73,31% e média final de 72,35% para DBO, valores os quais são compatíveis com o desempenho dos reatores para esse tipo de sistema de esgoto doméstico.

A aplicação do processo de cloração como etapa final de desinfecção garante qualidade do efluente tratado, reduzindo a presença de microrganismos e atendendo aos padrões de lançamentos estabelecidos pela legislação ambiental vigente. Desta forma o projeto contribui para melhoria das condições sanitárias do *campus* e para a preservação dos recursos hídricos locais, servindo como referência técnica para futuras implantações de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto. Além disso, reforça a importância do planejamento e da gestão ambiental dentro das instituições de ensino, alinhando aos princípios de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental.

Conclui-se o trabalho com recomendações de uma continuação dos estudos com aprofundamento nos detalhamentos executivos, estimativa de custos para a implantação e operação da ETE, podendo ser acrescentado também à avaliação da viabilidade econômica da estação de tratamento de esgoto.

## 8. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12208**: Medição de vazão em canais abertos – Calha Parshall. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17076**: Sistemas de tratamento de esgoto de pequeno porte – Diretrizes e requisitos. Rio de Janeiro, 2024.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudos de esgoto sanitário – Terminologia. Rio de Janeiro, 1986.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas de Esgoto**: abastecimento e coleta. Brasília: ANA, 2013.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. Brasília: ANA, 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 maio 2011.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional**. Portaria nº 713, de 8 de dezembro de 2021. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 dez. 2021

COSTA, E. S.; BARBOSA FILHO, O.; GIORDANO, G. **Tratamento anaeróbio de esgoto: aspectos conceituais**. 2014.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2008. (Série **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, v. 5).

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2016. (Série **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, v. 5).

COSTA, E. S.; BARBOSA FILHO, O.; GIORDANO, G. **Tratamento anaeróbio de esgoto: aspectos conceituais**. 2014.

COMDEMA – CONSELHO MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 4, de 04 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre diretrizes e critérios ambientais para lançamento de efluentes no município de Porto Velho.** Porto Velho: COMDEMA, 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de saneamento.** 5. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2019.

GOMES, H. P. Abastecimento de Água, 2021. **Estudo: Saneamento no Brasil – Relatório 2023.** São Paulo: GO Associados, 2023.

HIDROSUL SANEAMENTO S.A. **Relatório Técnico Anual 2023.** Porto Velho: Hidrosul, 2023.

IBAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de Saneamento.** Rio de Janeiro: IBAM, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2023.** São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2023.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA – IFRO. **Campus Porto Velho Calama.** Porto Velho: IFRO, 2023

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 8. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

JORDÃO, E. P.; VOLSCHAN JÚNIOR, I. **Tratamento de esgotos domésticos.** 7. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009

LAPEF – LABORATÓRIO DE PESQUISAS E ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS. **Relatório Técnico da Qualidade do Esgoto. Porto Velho:** LAPEF, 2023.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery.** 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2016.

NUVOLARI, A. **Operações unitárias no tratamento de esgotos.** São Paulo: Blucher, 2011.

POLIDO, A. P. **Estimativa de geração de esgoto em campus universitário: estudo UTFPR Ecoville,** 2013.

PORTO VELHO (Município). Lei nº 2.055, de 30 de dezembro de 2011. **Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB.** Diário Oficial do Município, Porto Velho, 2011.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento anaeróbio de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: Finep/ABES, 2003

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Desinfecção de efluentes sanitários.** Rio de Janeiro: ABES, 2019.

RONDÔNIA. Lei n° 4.955, de 19 de janeiro de 2021. Institui a Unidade Regional de Saneamento Básico no Estado de Rondônia e dispõe sobre a organização, planejamento e execução dos serviços públicos de saneamento básico. **Diário Oficial do Estado de Rondônia, Porto Velho, RO, 2021**

RONDÔNIA. Lei Complementar n° 1.200, de 13 de outubro de 2023. Institui a Microrregião de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia e estabelece sua estrutura de governança. **Diário Oficial do Estado de Rondônia, Porto Velho, RO, 2023.**

SANTOS, A. B. **Tratamento preliminar de esgoto: fluxogramas e dimensionamento.** 2012.

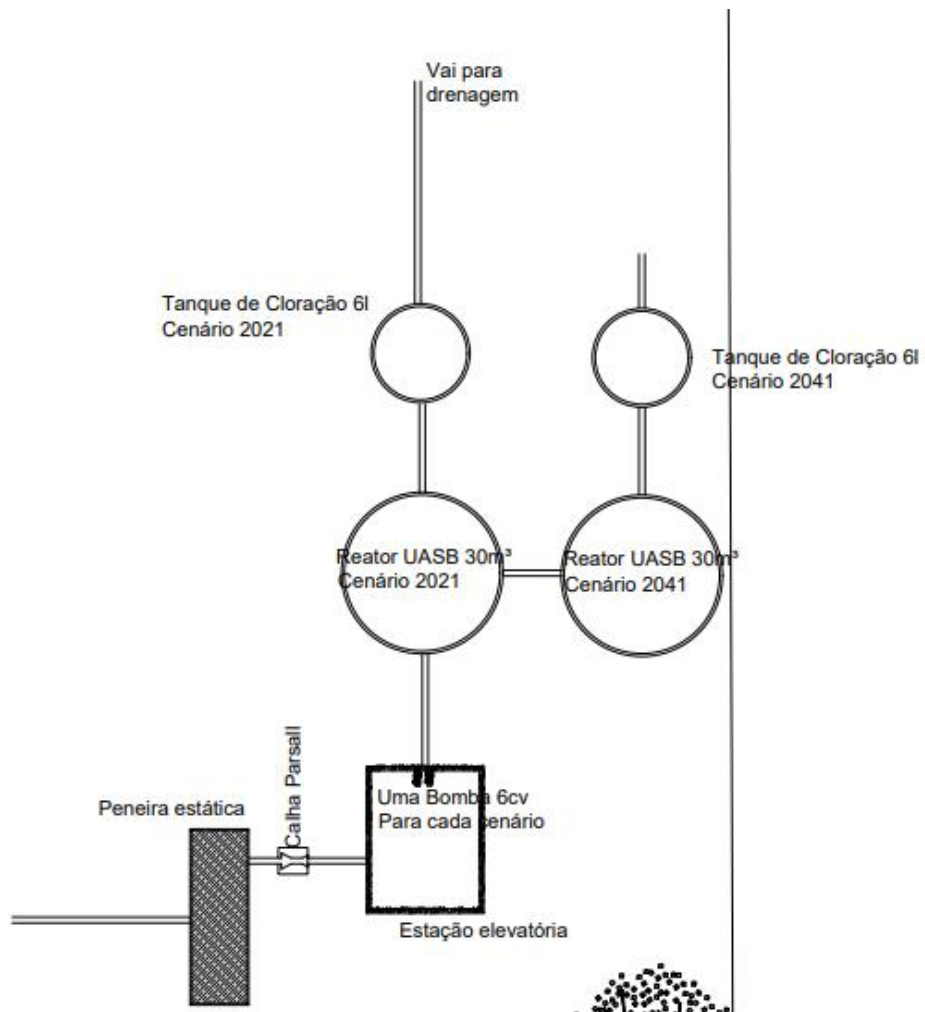
SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2014–2021.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.


VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2017.

## 9. ANEXO

### Anexo A - Layout – Pré projeto da Estação de Tratamento de Esgoto



## Anexo B – Análise da Amostra do Esgoto do Campus Calama

 <b>LAPEF - LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE PETRÓLEO, AR, SOLO, ÁGUA E EFLUENTES</b> <small>MR Vieira Marques &amp; CIA LTDA  Fone: (69) 3224-7449 (69) 98124-8144 (WhatsApp) (TIM) (69) 99220-4072 (CLARO) (69) 99957-9961 ( vivo)  E-mail: lapef.paulo@hymat.com - Skype: Lapef - Paulo Bernardes  CNPJ: 03.912.888/0001-48  Av. Dom Pedro II, 2217 - Sala 1 - Bairro São Cristóvão - CEP:76.804-033 - Porto Velho - RO</small>							
<b>Relatório Técnico de Ensaio Nº: 4973.2024.B- V.0</b>							
<b>01. Dados Contratação:</b>							
<b>Solicitante:</b>							
<b>Razão Social:</b>	Dieniffer Ferreira Filberg - Dieniffer Ferreira Filberg						
<b>Proposta Comercial:</b>	1387.2024.V0						
<b>CNPJ/CPF:</b>	058.152.952-99						
<b>Contato:</b>	Dieniffer <b>E-mail:</b> a@a <b>Fone:</b> +55 69 8431-9296						
<b>02. Dados da Amostragem:</b>							
<b>Descrição Ponto Coleta:</b>	ETE Tratada IFRO Campus Calama						
<b>Endereço Amostragem:</b>	Rua Bandarra, quadra 657 lote 130 ,SN, Loteamento Greenville Nova Esperança <b>Cidade:</b> Porto Velho/RO <b>CEP:</b> 76851752						
<b>Matriz e Origem Amostra:</b>	Efluente - Efluente Tratado						
<b>Data de Amostragem:</b>	26/04/2024 09:00:00	<b>Data Recebimento:</b>	26/04/2024 09:40:00				
<b>Responsável pela Amostragem:</b>	Ilizeu Silva - Laboratóri						
<b>Data Início Amostra:</b>	26/04/2024 09:40:00	<b>Data Conclusão Amostra:</b>	02/05/2024 08:57:23				
<b>Responsável pela Conferência:</b>	Pablo Vieira	<b>Data Conferência:</b>	07/05/2024 15:02:35				
<b>Resultados</b>							
Parâmetros	Resultados Analíticos	Un Trab	VMP	COMDEMA N° 4	Un	L.Q./Faixa	Início Ensaio
Contagem de Coliformes Termotolerantes (Fecals)	1,0x10 <sup>+3</sup>	NMP/100 mL	N.A	até 1,0x10 <sup>+2</sup>	NMP/100 mL	1,8	26/04/2024
Contagem de Coliformes Totais	2,8x10 <sup>+3</sup>	NMP/100 mL	N.A	N.A	NMP/100 mL	1,8	26/04/2024
Materials/Sólidos Sedimentáveis	<b>5,4</b>	mL/L	até 1,0	até 1,0	mL/L	0,1	26/04/2024
Nitrogênio Total	17,23	mg/L	N.A	N.A	mg/L	0,5	26/04/2024
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5)	<b>125,00</b>	mg/L	≤ 120,0 - 60% (1)	até 60,00	mg/L	2,0	26/04/2024
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	<b>251,00</b>	mg/L	N.A	até 150,00	mg/L	5,0	26/04/2024

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme CONAMA N° 430 - Art. 21 e COMDEMA N° 4

**Nota**

1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor

NMP/100 mL - Número Mais Provável por 100 mL, mg/L - Miligrama por Litro, mL/L - Mililitro por Litro L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

**Observações:**

- O(s) resultado(s) desta(s) análise(s) tem significado restrito e se aplica(m) somente a(s) amostras(s) analisada(s).
- O(s) resultado(s) apresentado(s) neste relatório se aplica(m) à(s) amostra(s) conforme recebida(s).
- A regra de decisão é não considerar a incerteza de medição nos resultados dos ensaios, salvo se o cliente solicitar.

**Software Ultra Lims - Versão: V.01 - Amostra: 4973.2024**

**Data Emissão:07/05/2024 - Página.:1/2**

**Relatório N.:4973.2024.- V.0**

**PABLÓ ICARO MACHADO VIEIRA:09674579478**  
07/05/2024 15:03:43

ICP-Brasil - 2410312128592



*Pablo Ícaro Machado Vieira.*

Pablo Ícaro Machado Vieira  
Engenheiro Químico - CREA 14611 D RO

Documento assinado eletronicamente conforme MP nº 2.200-2/2001. O uso de certificados emitidos no âmbito da ICP-Brasil tem validade jurídica.

Código de Verificação: 0007600165149013378250202400000