

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

30 m³/h

MUNICÍPIO DE ALPESTRE-RS

EMPREENDIMENTO: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA 30 m³/h

PROPRIETÁRIO: MUNICÍPIO DE ALPESTRE

CNPJ: 87.612.933/0001-18

DEZEMBRO DE 2025.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	JUSTIFICATIVA.....	3
3	PADRÃO DE POTABILIDADE	4
4	FLUXOGRAMA DO PROCESSO.....	5
5	CONSIDERAÇÕES E DADOS INICIAIS PARA PROJETO	6
6	COAGULAÇÃO	6
7	MEDIÇÃO DE VAZÃO	7
8	FLOCULAÇÃO	12
9	DECANTAÇÃO.....	16
10	FILTRAÇÃO.....	20
11	LEITO DE SECAGEM (EXISTENTE).....	25
12	PLATAFORMA E ESCADA DE ACESSO	27
13	CASA QUÍMICA E DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS (EXISTENTE)	28
14	QUADRO DE COMANDO ELÉTRICO.....	31
15	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida, sendo uma das principais fontes de minerais e elementos fundamentais para o funcionamento do organismo humano. No entanto, apesar da sua importância, as águas naturais podem conter uma variedade de substâncias e microrganismos potencialmente prejudiciais à saúde, exigindo, assim, processos de tratamento que assegurem sua qualidade e potabilidade para o consumo humano.

Este Memorial Descritivo e de Cálculo refere-se ao dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) Compacta e Modular, com vazão nominal de 30 m³/h, destinada ao abastecimento público no Município de Alpestre – RS.

O tratamento de água é um conjunto de operações físicas e químicas que visam adequar a água bruta aos padrões de potabilidade exigidos pelos órgãos competentes. É importante destacar que nem todas as substâncias presentes originalmente são removidas, porém, aquelas que permanecem encontram-se em concentrações seguras e não oferecem risco à saúde humana.

A correta operação de uma ETA exige conhecimento técnico por parte dos operadores, abrangendo desde o preparo de soluções químicas e o manuseio adequado de produtos, até o domínio de procedimentos como análise de cloro residual, medição de pH, turbidez e a realização do ensaio Jar-Test, entre outros.

O processo de tratamento de água nesta estação será realizado por meio das seguintes etapas sequenciais:

- **Correção de pH:** adição de reagentes para ajustar o pH da água bruta, otimizando as reações químicas subsequentes;
- **Coagulação:** introdução de coagulantes para aglutinar partículas em suspensão;
- **Floculação:** agitação controlada que favorece a formação de flocos maiores e sedimentáveis;
- **Decantação:** separação dos flocos formados por gravidade, clarificando a água;
- **Filtração:** remoção de partículas remanescentes e microrganismos por meio de material poroso;
- **Desinfecção:** aplicação de agentes físicos ou químicos para eliminação de microrganismos patogênicos, assegurando a qualidade da água fornecida à população;
- **Fluoretação:** é um processo que adiciona compostos de flúor à água potável para ajudar a prevenir a cárie dentária.

Este documento tem como objetivo apresentar os fundamentos técnicos e os cálculos aplicados ao projeto da ETA, garantindo um sistema eficiente, seguro e em conformidade com as normativas vigentes.

2 JUSTIFICATIVA

O fornecimento de água potável em quantidade e qualidade adequadas é um direito fundamental da população e um dever do poder público, sendo essencial para a promoção da saúde, bem-estar social e desenvolvimento econômico. O município de Alpestre – RS, assim como diversas localidades do país, enfrenta desafios relacionados à captação e ao tratamento eficiente da água destinada ao consumo humano, especialmente em áreas com infraestrutura limitada ou em expansão populacional.

Neste contexto, justifica-se a implantação de uma **Estação de Tratamento de Água Compacta e Modular**, com vazão nominal de **30 m³/h**, como solução técnica e economicamente viável para atender à demanda local. O sistema modular permite maior flexibilidade de instalação, otimização do espaço físico e facilidade de operação e manutenção, além de possibilitar futuras ampliações conforme o crescimento da população atendida.

A escolha pela capacidade de 30 m³/h baseia-se em estudos preliminares de demanda, considerando o consumo médio per capita, as projeções de crescimento demográfico e as características de uso predominante (residencial, institucional e comercial). Além disso, a qualidade da água bruta captada na região requer um tratamento convencional, com etapas bem definidas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, para garantir o atendimento aos parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde.

A adoção desta tecnologia também visa assegurar a continuidade do abastecimento mesmo em situações de variação na qualidade da água de captação, minimizando riscos de contaminações, surtos de doenças de veiculação hídrica e interrupções no fornecimento, o que reforça o compromisso com a saúde pública e a sustentabilidade ambiental.

Portanto, a implantação da ETA proposta é plenamente justificada tanto pelos aspectos técnicos e legais quanto pelas necessidades sanitárias e sociais da população de Alpestre-RS, representando um investimento essencial para garantir o acesso universal à água tratada e segura.

3 PADRÃO DE POTABILIDADE

A potabilidade da água refere-se ao conjunto de características físicas, químicas, biológicas e organolépticas que tornam a água própria para o consumo humano, sem oferecer riscos à saúde. Devido à inexistência de água absolutamente pura na natureza, os padrões de potabilidade foram definidos para estabelecer os limites máximos aceitáveis de impurezas nas águas destinadas ao abastecimento público.

Estes limites foram determinados por órgãos competentes com base em evidências científicas e nas necessidades crescentes da sociedade moderna, à medida que o conhecimento técnico e as exigências sanitárias evoluíram. No Brasil, o controle da qualidade da água é regulamentado principalmente pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e a Portaria GM/MS nº 2.472/2021, do Ministério da Saúde, que define os padrões de qualidade para consumo humano.

De acordo com essas regulamentações, a água potável deve atender aos seguintes critérios:

- **Organolépticos:** A água não deve apresentar odor, sabor ou cor objetáveis, devendo ser agradável aos sentidos do consumidor;
- **Físicos:** A turbidez e a cor devem estar abaixo dos limites estabelecidos, garantindo um aspecto visual límpido e atraente;
- **Químicos:** Não deve conter substâncias químicas nocivas à saúde humana, como metais pesados, nitratos, pesticidas, entre outros, em concentrações acima dos valores máximos permitidos;
- **Biológicos:** A água deve estar isenta de microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários, que possam causar doenças de veiculação hídrica.

A verificação da potabilidade é realizada por meio de análises laboratoriais periódicas que avaliam se a água distribuída atende a todos os parâmetros exigidos. Assim, o cumprimento dos padrões de potabilidade assegura que o consumo da água tratada seja seguro, contribuindo diretamente para a saúde pública e para a confiança da população no sistema de abastecimento.

A presente Estação de Tratamento de Água foi projetada para garantir que, ao final do processo de tratamento, a água atenda rigorosamente aos critérios estabelecidos pela legislação vigente, cumprindo sua função essencial de fornecer água segura, limpa e em quantidade suficiente à população.

4 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

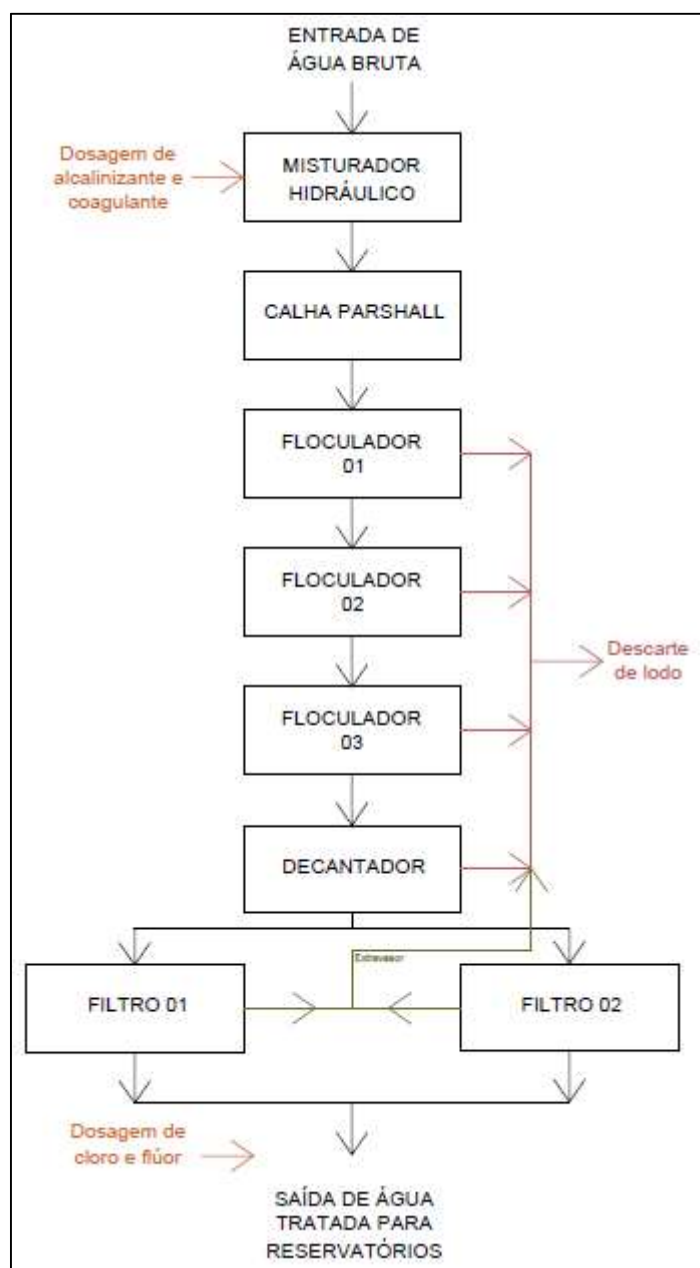


Figura 01 – Fluxograma do processo.

5 CONSIDERAÇÕES E DADOS INICIAIS PARA PROJETO

O sistema proposto é precedido por uma Estação de Tratamento de Água (ETA), compacta modular, fabricada em PRFV (poliéster reforçado com fibra de vidro), com vazão de 30 m³/hora, dotada de sistema mistura hidráulica (misturador hidráulico/estático), medidor de vazão (calha Parshall), floculação mecânica, decantação, filtração, bomba para retrolavagem dos filtros, sistema de preparo e dosagem de produtos químicos e lagoa de descarte/decantação.

Quadro 01 – Vazão de projeto.

Vazão	m ³ /h	m ³ /min	m ³ /s	L/s
Q	30,00	0,50	0,008	8,33

6 COAGULAÇÃO

A etapa de coagulação é fundamental para o tratamento da água, sendo responsável pela desestabilização das partículas coloidais suspensas. Para que essa etapa ocorra de forma eficiente, é necessário ajustar previamente o pH da água bruta, através da adição de um alcalinizante, e em seguida aplicar o coagulante, garantindo assim as condições ideais para a formação de flocos volumosos e facilmente sedimentáveis.

Na Estação de Tratamento de Água, essa dosagem será realizada na entrada de um misturador hidráulico, projetado para promover agitação intensa e uniforme da água com os produtos químicos, assegurando reações rápidas e homogêneas.

A alcalinidade atua como agente estabilizador do pH e auxilia na formação de flocos ao fornecer um meio adequado para a ação do coagulante. A presença de alcalinidade favorece o processo de floculação, tornando-o mais rápido e eficiente. O coagulante, por sua vez, neutraliza as cargas elétricas superficiais dos coloides presentes na água, permitindo que essas partículas se agrupem.

Geralmente, utilizam-se sais de alumínio, ferro ou polímeros catiônicos como agentes coagulantes. A dosagem desses produtos será determinada por meio de ensaios de Jar Test, nos quais se verifica tanto o pH ideal de coagulação quanto a quantidade ótima de coagulante a ser aplicada.

O equipamento responsável por essa etapa será um misturador hidráulico tipo serpentina, composto por tubos com chicanas internas que promovem a mistura por turbulência. O sistema possui:

- **Ponto de dosagem de alcalinizante e coagulante** na entrada;
- **Ponto de coleta de amostra** para verificação das condições após mistura;
- **Posicionamento:** após a bomba de alimentação e antes da unidade de floculação.

Características técnicas:

- Diâmetro do tubo: 0,20 m
- Comprimento total: 3,00 m
- Espaçamento entre chicanas: 0,15 m
- Quantidade de unidades: 01

a. Cálculo do volume do misturador (V_{MH}):

$$V_{MH} = \pi \times R^2 \times H$$

$$V_{MH} = \pi \times 0,1^2 \times 3$$

$$V_{MH} = 0,094 \text{ m}^3$$

b. Tempo de detenção no misturador (TDH_{MH}):

$$TDH_{MH} = \frac{V_{MH}}{Q}$$

$$TDH_{MH} = \frac{0,094}{0,008}$$

$$TDH_{MH} = 11,75 \text{ s}$$

7 MEDIÇÃO DE VAZÃO

A Calha Parshall é um dispositivo hidráulico amplamente utilizado em sistemas de tratamento de água e esgoto, cuja principal função é a medição precisa da vazão, a partir da relação entre o nível d'água e a geometria interna do equipamento. Trata-se de um método de medição confiável, com baixa perda de carga e adequado para ambientes onde o escoamento apresenta características de canal aberto.

Na presente ETA, será adotada uma Calha Parshall de 3", instalada na entrada do sistema de tratamento, antes do sistema de floculação, com função exclusiva de monitorar a vazão de entrada da água bruta.

A instalação da Calha Parshall nesta posição tem como objetivo:

- Controlar e verificar a vazão real de entrada no sistema;
- Ajustar as dosagens de produtos químicos, como coagulante e alcalinizante, com base em vazões instantâneas;
- Permitir o acompanhamento operacional da unidade, garantindo regularidade no fluxo e possibilitando ajustes em tempo real, conforme variações de demanda;
- Gerar dados de referência para a manutenção da eficiência dos processos posteriores (floculação, decantação, filtração).

A calha Parshall de 3" é adequada para medir vazões entre 0,85 e 53,8 L/s, sendo compatível com a faixa operacional da ETA quando instalada de forma calibrada e em condições de escoamento livre. Sua construção será em PRFV, material resistente à corrosão e ao desgaste hidráulico, com acabamento que permita fácil limpeza e inspeção.

O princípio de funcionamento baseia-se na aceleração do escoamento em uma seção convergente e posterior medição da lâmina d'água em um ponto de leitura específico. Com isso, é possível aplicar tabelas ou equações calibradas para obter a vazão, dispensando sistemas mecânicos ou eletrônicos complexos em muitas situações.

A medição manual ou automatizada do nível pode ser feita por régua hidráulica ou sensores ultrassônicos, de acordo com o grau de automação da ETA.

Neste dimensionamento adotou-se a Calha Parshall de 3", com dimensões padronizadas conforme quadro a seguir.

Quadro 02 – Dimensões padrões de Calhas Parshall.

W		Capacidade (L/s)		Dimensões Padronizadas da Calha Parshall (mm)									Cálculo de H em função da expectativa de Q:	
pol / pés	mm	Mínima	Máxima	A	B	C	D	E	F	G	K	N	k	n
3"	76	0,85	53,8	466	457	178	259	381	152	305	25	57	3,704	0,646
6"	152	1,42	110,4	620	610	394	403	610	305	610	76	114	1,842	0,636
9"	229	2,55	251,9	881	864	381	575	762	305	457	76	114	1,486	0,633
1'	305	3,11	455,6	1371	1344	610	845	915	610	915	76	229	1,276	0,657
1,5'	457	4,25	696,2	1448	1420	762	1026	915	610	915	76	229	0,966	0,65
2'	610	11,89	936,7	1523	1493	915	1207	915	610	915	76	229	0,795	0,645
3'	915	17,26	1426,3	1675	1642	1220	1572	915	610	915	76	229	0,608	0,639
4'	1220	36,79	1921,5	1830	1795	1525	1938	914	610	915	76	229	0,505	0,634

5'	1525	45,3	2422	1983	1941	1830	2303	914	610	915	76	229	0,436	0,63
6'	1830	73,6	2929	2135	2090	2135	2667	914	610	915	76	229	0,389	0,627
8'	2440	99,1	3950	2288	2240	2440	3030	914	610	915	76	229	0,324	0,623

a) Altura de lâmina d'água na seção de medição para a vazão máxima:

$$H = k \times Q^n$$

$$H = 3,704 \times 0,008^{0,636}$$

$$H = 0,172 \text{ m}$$

b) Cálculo da largura na seção de medição:

$$D' = \frac{2}{3}(D - W) + W$$

$$D' = \frac{2}{3}(0,259 - 0,076) + 0,076$$

$$D' = 0,198 \text{ m}$$

c) Velocidade (v) na seção de medição:

$$v = \frac{Q}{H \times D'}$$

$$v = \frac{0,008}{0,172 \times 0,198}$$

$$v = 0,24 \text{ m/s}$$

d) Energia total disponível:

$$E = \frac{v^2}{2g} + H + N$$

$$E = \frac{0,24^2}{2 \times 9,81} + 0,172 + 0,057$$

$$E = 0,232 \text{ m}$$

e) Cálculo do ângulo fictício θ (representa a variação da quantidade da massa líquida):

$$\arccos\theta = -\frac{g \times Q}{W \times (0,67 \times g \times E)^{3/2}}$$

$$\arccos\theta = -\frac{9,81 \times 0,008}{0,076 \times (0,67 \times 9,81 \times 0,232)^{3/2}}$$

$$\theta = 2,15 \text{ rad}$$

f) Cálculo da velocidade da água no início do ressalto:

$$v_1 = 2 \times \cos\left(\frac{\theta}{3}\right) \times \left(\frac{2 \times g \times E}{3}\right)^{1/2}$$

$$v_1 = 2 \times \cos\left(\frac{2,15}{3}\right) \times \left(\frac{2 \times 9,81 \times 0,232}{3}\right)^{1/2}$$

$$v_1 = 2,00 \text{ m/s}$$

g) Cálculo da altura de água no início do ressalto:

$$y_1 = E - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$y_1 = 0,232 - \frac{2,00^2}{2 \times 9,81}$$

$$y_1 = 0,028 \text{ m}$$

h) Cálculo do número de Froude:

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \times y_1}}$$

$$Fr_1 = \frac{2,00}{\sqrt{9,81 \times 0,028}}$$

$$Fr_1 = 3,82$$

i) Cálculo da altura de água no final do ressalto:

$$y_3 = \frac{y_1}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8 \times Fr_1^2} - 1\right)$$

$$y_3 = \frac{0,028}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8 \times 3,82^2} - 1\right)$$

$$y_3 = 0,138 \text{ m}$$

j) Cálculo da profundidade no final do trecho divergente:

$$\begin{aligned} y_2 &= y_3 - N + K \\ y_2 &= 0,138 - 0,057 + 0,025 \\ y_2 &= 0,106 \text{ m} \end{aligned}$$

k) Cálculo da velocidade no final do trecho divergente:

$$\begin{aligned} v_2 &= \frac{Q}{A} = \frac{Q}{y_2 \times C} \\ v_2 &= \frac{0,008}{0,106 \times 0,178} \\ v_2 &= 0,42 \text{ m/s} \end{aligned}$$

l) Cálculo da perda de carga no ressalto hidráulico:

$$\begin{aligned} h_f &= H + N - y_3 \\ h_f &= 0,172 + 0,057 - 0,138 \\ h_f &= 0,091 \text{ m} \end{aligned}$$

m) Cálculo do tempo de residência médio no trecho divergente:

$$\begin{aligned} \theta_h &= \frac{G_{\text{Parshall-tabelado}}}{(v_1 + v_2)/2} \\ \theta_h &= \frac{0,305}{(2,00 + 0,42)/2} \\ \theta_h &= 0,25 \text{ s} \end{aligned}$$

n) Cálculo do gradiente de velocidade:

$$\begin{aligned} G &= \sqrt{\frac{Y \times h_f}{\mu \times \theta_h}} \\ G &= \sqrt{\frac{998,2 \times 0,091}{102,6 \times 10^{-6} \times 0,25}} \\ G &= 1.882 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

8 FLOCULAÇÃO

A etapa de floculação tem como objetivo promover uma agitação lenta e controlada da água já misturada com os reagentes químicos, de forma a favorecer o crescimento e a consolidação dos flocos formados na fase anterior (coagulação). Esta etapa é essencial para garantir a eficiência da decantação, uma vez que flocos bem formados sedimentam mais rapidamente e com maior estabilidade.

Na ETA, o processo de floculação será realizado por meio de três Floculadores Mecânicos de formato cilíndrico, dispostos em série, fabricados em PRFV, material que garante excelente resistência mecânica, à corrosão e à abrasão, além de longa vida útil.

Cada floculador é projetado para proporcionar diferentes intensidades de agitação, respeitando o tempo de contato necessário para o crescimento dos flocos, conforme descrito a seguir:

- **Primeira câmara – agitação alta:** favorece o início da aglomeração dos microflocos, aproveitando a energia residual da mistura rápida;
- **Segunda câmara – agitação média:** permite a ampliação e consolidação dos flocos sem danificá-los;
- **Terceira câmara – agitação lenta:** possibilita o crescimento final dos flocos, garantindo sua estrutura adequada para posterior sedimentação.

Durante a floculação, a ação mecânica dos agitadores promove a interação entre as partículas coloidais e os coagulantes, favorecendo o aumento do tamanho dos flocos. A agitação é cuidadosamente controlada para que os flocos se desenvolvam sem sofrer ruptura, o que comprometeria a eficiência da decantação e da filtração subsequente.

Essa transição gradual entre diferentes níveis de energia cinética nas câmaras é fundamental para manter o equilíbrio entre a mistura e a integridade dos flocos.

A água proveniente da Calha Parshall, já com as dosagens ajustadas de alcalinizante e coagulante, entra diretamente no sistema de floculadores. Ao longo das três câmaras, forma-se o floco ideal para a sedimentação, completando-se o processo de floculação.

A disposição modular dos floculadores mecânicos permite manutenção facilitada e flexibilidade operacional, sendo compatível com a vazão de 40 m³/h da ETA projetada.

DIMENSIONAMENTO DOS FLOCULADORES:

- Vazão de projeto (Q): 30,00 m³/h = 0,008 m³/s;
- Tempo mínimo de detenção hidráulica no sistema de floculação ($TDH_{\min-floc}$): 35 min;
- Linhas de floculadores: 01 linha;

- Quantidade de flocladores por linha: 03 flocladores;
- Gradiente de velocidade:
 - Floclador 01 (G_{01}): 70 s^{-1} ;
 - Floclador 02 (G_{02}): 40 s^{-1} ;
 - Floclador 03 (G_{03}): 10 s^{-1} ;
- Temperatura de operação: 20°C ;
- Viscosidade do fluido (μ): $102,6 \times 10^{-6} \text{ kgf.s/m}^2$;
- Peso específico da água em 20°C (γ): $998,2 \text{ kgf/m}^3$;
- Densidade da água em 20°C (ρ): $9792,3 \text{ N/m}^3$;
- Diâmetro do rotor ($D_{r.\text{floc.}}$) = $0,60 \text{ m}$.

a. Volume total necessário de floclação ($V_{\text{nec.floc.}}$):

$$V_{\text{nec.floc.}} = Q \times \text{TDH}_{\text{min-floc}} \times 60$$

$$V_{\text{nec.floc.}} = 0,008 \times 35 \times 60$$

$$V_{\text{nec.floc.}} = 16,80 \text{ m}^3$$

b. Volume necessário em cada floclador ($V_{\text{nec.floc.-0X}}$):

$$V_{\text{nec.floc.-0X}} = \frac{V_{\text{nec.floc.}}}{\text{Quantidade de flocladores por linha}}$$

$$V_{\text{nec.floc.-0X}} = \frac{16,80}{3}$$

$$V_{\text{nec.floc.-0X}} = 5,60 \text{ m}^3$$

c. Flocladores adotados:

- Diâmetro ($D_{\text{floc.}}$): $2,00 \text{ m}$
- Altura útil ($H_{\text{floc.}}$): $3,80 \text{ m}$.

$$V_{\text{floc.-0}} = \pi \times H_{\text{floc.}} \times \left(\frac{D_{\text{floc.}}}{2}\right)^2$$

$$V_{\text{floc.-0X}} = \pi \times 3,50 \times \left(\frac{2,00}{2}\right)^2$$

$$V_{\text{floc.-0}} = 11,00 \text{ m}^3$$

d. Potência necessária para agitação:

$$P_{\text{floc-0X}} = \mu \times G_{0X}^2 \times V_{\text{floc-0X}}$$

- No Floculador 01:

$$\begin{aligned}P_{\text{floc-}} &= \mu \times G_{01}^2 \times V_{\text{floc-01}} \\P_{\text{floc-01}} &= (102,6 \times 10^{-6}) \times 70^2 \times 11,00 \\P_{\text{floc-01}} &= 5,5279 \text{ kgf. m/s} = 54 \text{ W} = 0,07 \text{ CV}\end{aligned}$$

- No Floculador 02:

$$\begin{aligned}P_{\text{floc-02}} &= \mu \times G_{02}^2 \times V_{\text{floc-02}} \\P_{\text{floc-}} &= (102,6 \times 10^{-6}) \times 40^2 \times 11,00 \\P_{\text{floc-02}} &= 1,805 \text{ kgf. m/s} = 18 \text{ W} = 0,02 \text{ CV}\end{aligned}$$

- No Floculador 03:

$$\begin{aligned}P_{\text{floc-}} &= \mu \times G_{03}^2 \times V_{\text{floc-03}} \\P_{\text{floc-03}} &= (102,6 \times 10^{-6}) \times 10^2 \times 11,00 \\P_{\text{floc-}} &= 0,1128 \text{ kgf. m/s} = 1 \text{ W} = 0,002 \text{ CV}\end{aligned}$$

e. Características do agitador:

$$n_{\text{floc-}} = \left(\frac{P_{\text{floc-0X}}}{K_{\text{tb}} \times \rho \times D_{\text{r.floc.}}^5} \right)^{\frac{1}{3}} \times \text{FS}$$

Em que:

$n_{\text{floc-0X}}$: Número de rotações (s^{-1});

$P_{\text{floc-0X}}$: Potência agitação no floculador (W);

K_{tb} : Coeficiente turbina escoamento axial (adimensional);

ρ : Densidade do fluido (N/m^3);

$D_{\text{r.floc.}}$: Diâmetro do rotor (m);

FS: Fator de segurança devido ao agitador possuir inversor de frequência para ajuste preciso da rotação juntamente com a possibilidade de variar a rotação conforme necessário será adicionado um percentual de 20% na rotação

para o motor trabalhar na condição nominal a 80% de sua capacidade tendo assim uma sobrevida útil do motoredutor além de garantir uma rotação maior ou menor conforme previsto na norma ABNT NBR12.216;

- No Floculador 01:

$$n_{\text{floc-}} = \left(\frac{54}{1,63 \times 9792,3 \times 0,60^5} \right)^{\frac{1}{3}} \times 1,2$$

$$n_{\text{floc-01}} = 0,42 \text{ s}^{-1}$$

$$n_{\text{floc-01}} = 25,4 \text{ rpm}$$

1 rotação a cada 2,37 s (60/25,4 rpm).

- No Floculador 02:

$$n_{\text{floc-}} = \left(\frac{19}{1,63 \times 9792,3 \times 0,60^5} \right)^{\frac{1}{3}} \times 1,2$$

$$n_{\text{floc-02}} = 0,29 \text{ s}^{-1}$$

$$n_{\text{floc-02}} = 17,5 \text{ rpm}$$

1 rotação a cada 3,44 s (60/17,5 rpm).

- No Floculador 03:

$$n_{\text{floc-03}} = \left(\frac{1}{1,63 \times 9792,3 \times 0,60^5} \right)^{\frac{1}{3}} \times 1,2$$

$$n_{\text{floc-03}} = 0,12 \text{ s}^{-1}$$

$$n_{\text{floc-03}} = 6,9 \text{ rpm}$$

1 rotação a cada 8,66 s (60/6,9 rpm).

9 DECANTAÇÃO

Após a conclusão das etapas de coagulação e floculação, a água tratada é conduzida à unidade de decantação, onde ocorre a separação físico-gravitacional dos flocos formados. Essa fase tem como objetivo remover a maior parte da matéria em suspensão, reduzindo a carga de sólidos que seguirá para a filtração.

O sistema de decantação da Estação de Tratamento de Água será composto por um Decantador Lamelar de formato cilíndrico, fabricado em PRFV, material de alta durabilidade, leveza e resistência química, ideal para ambientes agressivos e de operação contínua.

Trata-se de um decantador de alta taxa (ou decantador acelerado), o que permite maior eficiência em menor volume, otimizando o espaço físico da unidade e melhorando o desempenho hidráulico.

O decantador opera com um conjunto de tubos lamelares instalados na parte superior do tanque, com ângulo de inclinação de 60° e comprimento de 1.000 mm, formando um sistema de placas paralelas. A água ascende lentamente através dessas lâminas, enquanto os flocos sedimentáveis colidem com as superfícies internas dos tubos, favorecendo sua retenção e deposição na parte inferior do tanque.

A estrutura lamelar aumenta a área de decantação efetiva, promovendo a sedimentação dos flocos em uma região de baixa turbulência. Os flocos, ao se acumularem, formam uma manta de lodo que desliza lentamente para a zona inferior do decantador, onde será posteriormente removida por processo de descarga controlada.

Enquanto isso, a água clarificada continua sua trajetória ascensional e é coletada por calhas posicionadas na parte superior do equipamento, sendo conduzida para a etapa seguinte do processo – a filtração.

Algumas vantagens do sistema lamelar:

- Aumento da eficiência de remoção de sólidos;
- Redução da área ocupada em planta;
- Operação contínua e com baixa manutenção;
- Otimização do processo de separação sólido-líquido.

O uso do decantador lamelar é especialmente vantajoso em ETAs compactas e modulares, como a proposta neste projeto, por oferecer alto desempenho em estruturas com dimensões otimizadas.

Dados do projeto

- Velocidade de Sedimentação (v_s): $1,74 \text{ cm/min} = 0,00029 \text{ m/s} = 25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$;
- Tempo de Detenção Hidráulica (TDH_{Dec}): 40 min;

- Quantidade de tanque: 01 unidade;
- Comprimento do tubo lamelar: 1,00 m;
- Distância entre lamelas: 0,05 m;
- Ângulo de inclinação dos elementos tubulares: 60°;
- Inclinação para descarte de lodo: 50°.

a. Relação comprimento / largura (L)

$$L = \frac{l}{d}$$

$$L = \frac{1,00 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} = 20 \text{ (adimensional)}$$

Onde:

L: relação comprimento / espaçamento (adimensional);

l: comprimento do elemento tubular ou da placa (m);

d: distância entre unidades sucessivas de placas paralelas (m).

b. Fator de área (f)

$$f = \frac{\text{sen } \theta \times (\text{sen } \theta + L \times \cos \theta)}{S}$$

$$f = \frac{\text{sen } 60^\circ (\text{sen } 60^\circ + 20 \times \cos 60^\circ)}{11/8}$$

$$f = 6,84 \text{ (adimensional)}$$

Onde:

θ = ângulo de inclinação dos elementos tubulares (°)

L = relação comprimento / espaçamento (adimensional)

S: fator de eficiência (1 para placas planas paralelas, 4/3 para tubos circulares e 11/8 para tubos quadrados) (adimensional)

c. Velocidade de escoamento entre as lamelas (v_0)

$$v_0 = \frac{v_s (L \cos(\theta) + \text{sen}(\theta))}{S}$$

$$v_0 = \frac{25 \times (20 \times \cos(60) + \text{sen}(60))}{11/8}$$

$$v_0 = 197,56 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$v_0 = 13,72 \text{ cm/min}$$

OK (inferior a 20 cm/min).

d. Cálculo de área necessária para o decantador ($A_{\text{nec.Dec.}}$)

$$A_{\text{nec.Dec.}} = \frac{Q}{f \times v_s}$$

$$A_{\text{nec.Dec.}} = \frac{0,008 \text{ m}^3/\text{s}}{6,84 \times 0,00029 \text{ m/s}}$$

$$A_{\text{nec.Dec.}} = 4,03 \text{ m}^2$$

Onde:

$A_{\text{nec.Dec.}}$: Área necessária de decantação (m^2);

Q: Vazão Nominal (m^3/s);

f: fator de área (adimensional);

v_s : Velocidade de sedimentação (m/s).

e. Cálculo da área real utilizada para o decantador ($A_{\text{Dec.}}$)

Para o decantador será utilizado um diâmetro de 3,80 metros.

$$A_{\text{Dec.}} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A_{\text{Dec.}} = \frac{\pi \times 3,80^2}{4}$$

$$A_{\text{Dec.}} = 11,34 \text{ m}^2$$

Onde:

$A_{\text{Dec.}}$: Área do Decantador (m^2);

$D_{\text{Dec.}}$: Diâmetro do decantador (m).

f. Velocidade real de sedimentação ($v_{s \text{ real}}$)

$$v_{s \text{ real}} = \frac{Q}{f \times A_{\text{Dec.}}}$$

$$v_{s \text{ real}} = \frac{0,008}{6,84 \times 11,34}$$

$$v_{s \text{ real}} = 0,00010 \text{ m/s}$$

$$v_{s \text{ real}} = 0,62 \text{ cm/min}$$

Onde:

$v_{s \text{ real}}$: Velocidade real de sedimentação (m/s)

Q: Vazão Nominal (m³/s)

f: fator de área (adimensional)

$A_{\text{Dec.}}$: Área do Decantador (m²)

g. Cálculo do volume do decantador ($V_{\text{Dec.}}$)

$$V_{\text{Dec.}} = \pi \times r^2 \times H_{\text{útil}}$$

$$V_{\text{Dec.}} = \pi \times 1,90^2 \times 3,5$$

$$V_{\text{Dec.}} = 39,69 \text{ m}^3$$

h. Cálculo do tempo de detenção hidráulica ($TDH_{\text{Dec.}}$)

$$TDH_{\text{Dec.}} = \frac{V_{\text{Dec.}}}{Q} \times 60$$

$$TDH_{\text{Dec.}} = \frac{39,69}{30} \times 60$$

$$TDH_{\text{Dec.}} = 79,38 \text{ min}$$

i. Taxa de aplicação hidráulica (TAH)

$$TAH = \frac{Q}{A_{\text{Dec.}}}$$

$$TAH = \frac{30 \text{ m}^3/\text{h}}{11,34 \text{ m}^2}$$

$$TAH = 2,65 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$$

10 FILTRAÇÃO

A etapa de filtração tem por objetivo remover os flocos residuais que não foram retidos durante a decantação, além de reter impurezas ainda presentes na água tratada. Trata-se de uma etapa crítica para assegurar a claridade, estabilidade microbiológica e a conformidade com os padrões de potabilidade da água.

A filtração é um processo de separação física que ocorre pela passagem da água através de um meio granular poroso, geralmente composto por camadas de pedregulho, areia grossa e areia fina. Esse meio atua como barreira para a retenção de partículas sólidas, inclusive microrganismos, por ação mecânica, química e biológica.

No contexto desta ETA, o processo se classifica como filtração rápida de fluxo descendente, apropriada para águas previamente decantadas, como é o caso deste projeto. A velocidade de escoamento é significativamente maior do que na filtração lenta, o que permite maior vazão com menor área de ocupação.

A Estação de Tratamento de Água contará com dois filtros circulares abertos de fluxo descendente, operando em paralelo, o que garante:

- Flexibilidade operacional (possibilidade de manutenção alternada);
- Redundância e segurança no processo;
- Capacidade de manter a vazão contínua mesmo em regime de limpeza de um dos filtros.

Cada filtro será composto por:

- Camadas filtrantes graduadas (pedregulho na base, seguido de areia grossa e fina);
- Sistema de drenagem e coleta de água filtrada, com fundo falso;
- Dispositivo para retrolavagem, permitindo limpeza periódica por inversão do fluxo com água, a fim de remover o material particulado acumulado.

Características Técnicas da Filtração:

- Tipo: Rápida, de fluxo descendente;
- Quantidade de unidades: 02 filtros circulares;
- Meio filtrante: Camadas de areia e pedregulho;
- Sentido do escoamento: Descendente (gravidade);
- Função: Retenção final de sólidos suspensos e melhoria da qualidade visual e microbiológica da água.

Essa configuração assegura que a água entregue para desinfecção e distribuição final esteja dentro dos parâmetros exigidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, completando eficazmente o ciclo de tratamento.

Dados do projeto:

- Taxa máxima de filtração (TMF): $400 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d} = 16,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$
- Vazão: $8,33 \text{ L/s} = 0,008 \text{ m}^3/\text{s} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Quantidade de filtros: 02 unidades.

a. Cálculo da área necessária para filtração ($A_{\text{nec.filtração}}$)

$$A_{\text{nec.filtração}} = \frac{Q}{\text{TMF}}$$
$$A_{\text{nec.filtração}} = \frac{30 \text{ m}^3/\text{h}}{16,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}}$$
$$A_{\text{nec.filtração}} = 1,80 \text{ m}^2$$

Onde:

$A_{\text{nec.filtração}}$: Área de filtração (m^2);

Q: Vazão (m^3/h);

TMF: Taxa máxima de filtração ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$).

Adotando-se dois filtros operando em paralelo, a área necessária para cada um será:

$$A_{\text{nec. filtro}} = \frac{A_{\text{nec.filtração}}}{2 \text{ filtros}}$$
$$A_{\text{nec. filtro}} = \frac{1,80}{2 \text{ filtros}}$$
$$A_{\text{nec. filtro}} = 0,90 \text{ m}^2$$

b. Diâmetro necessário para cada filtro ($D_{\text{nec.filtro}}$)

$$D_{\text{nec.filtro}} = \sqrt{\frac{4 \times A_{\text{nec. filtro}}}{\pi}}$$

$$D_{\text{nec.filtro}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,90}{\pi}}$$

$$D_{\text{nec.filtro}} = 1,07 \text{ m}^2$$

Onde:

$D_{\text{nec.filtro}}$: Diâmetro necessário para cada filtro (m);

$A_{\text{nec. filtro}}$ Área necessária de cada filtro (m²).

Adotou-se o diâmetro de 2,50 m para cada filtro (D_{filtro}), e altura (H) de 3,00 m.

c. Área real de filtração

Cada filtro possuirá a seguinte área (A_{filtro}):

$$A_{\text{filtro}} = \frac{\pi \times D_{\text{filtro}}^2}{4}$$

$$A_{\text{filtro}} = \frac{\pi \times 2,50^2}{4}$$

$$A_{\text{filtro}} = 4,91 \text{ m}^2$$

A área total de filtração será ($A_{\text{filtração}}$):

$$A_{\text{filtração}} = A_{\text{filtro}} \times 2 \text{ filtros}$$

$$A_{\text{filtração}} = 4,91 \times 2 \text{ filtros}$$

$$A_{\text{filtração}} = 9,82 \text{ m}^2$$

d. Taxa de filtração real (TF)

$$TF = \frac{Q}{A_{\text{filtração}}}$$

$$TF = \frac{30 \text{ m}^3/\text{h}}{9,82 \text{ m}^2}$$

$$TF = 3,05 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$TF = 73,20 \text{ m}^3/\text{d}$$

Onde:

TF: Taxa de filtração ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$);

Q: Vazão (m^3/h);

$A_{\text{filtração}}$: Área de filtração (m^2)

e. Especificação da camada filtrante em cada filtro

Material	Altura Leito (m)
Areia Filtrante Classif. Granul. 0,8 a 1,7 mm	0,45
Camada Suporte granulada Pen. 10 a 1/8"	0,15
Seixo Rolado Lav. Classif. Tam. 1/8 a 1/4"	0,10
Seixo Rolado Lav. Classif. Tam. 1/4 a 1/2"	0,10
Seixo Rolado Lav. Classif. Tam. 1/2 a 3/4"	0,10
Altura total do leito filtrante (H_{LF})	0,90

f. Altura de expansão do leito filtrante (H_{ELF})

$$H_{\text{ELF}} = H_{\text{LF}} \times \left(1 + \frac{\%E}{100}\right)$$

$$H_{\text{Exp.LF}} = 0,90 \times \left(1 + \frac{30}{100}\right)$$

$$H_{\text{Exp.LF}} = 1,17 \text{ m}$$

Onde:

H_{ELF} : Altura leito filtrante expandido (m)

H_{LF} : Altura leito filtrante (m)

$\%E$: % de expansão do leito filtrante (m)

g. Vazão necessária para a retrolavagem ($Q_{\text{nec.R}}$)

Como será realizada a retrolavagem em um filtro por vez, para o dimensionamento da bomba de retrolavagem considerou-se a área de um filtro:

- Assumindo taxa (TR): $600 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d} = 25 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$;

- Área de filtração: $4,91 \text{ m}^2$

$$Q_{\text{nec.R}} = \text{TR} \times A_{\text{filtro}}$$

$$Q_{\text{nec.R}} = 25 \times 4,91$$

$$Q_{\text{nec.R}} = 122,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sugestão de bomba:

Fabricante: FAMAC – FN

Modelo: FN5

Potência: 15,0 CV

Em 20 mca – $123,5 \text{ m}^3/\text{h}$;

*Ou outra bomba similar

h. Volume de água necessário para a retrolavagem dos filtros

Considerando:

- Volume total de 1 filtro (V_{filtro}):

$$V_{\text{Filtro}} = \pi \times r^2 \times H$$

$$V_{\text{Filtro}} = \pi \times 1,25^2 \times 3,0$$

$$V_{\text{Filtro}} = 14,73 \text{ m}^3$$

- Tempo de retrolavagem (t_R) = 10 minutos = 0,167 h;
- Vazão da bomba adotada (Q_R) de $123,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

O volume de água necessário para a retrolavagem de um dos filtros ($V_{\text{nec.R.filtro}}$) é de:

$$V_{\text{nec.R.filtro}} = V_{\text{Filtro}} + Q_R \times t_R$$

$$V_{\text{nec.R.filtro}} = 14,73 + 123,50 \times 0,167$$

$$V_{\text{nec.R.filtro}} = 35,31 \text{ m}^3$$

Considerando os dois filtros, o volume total necessário para a retrolavagem será:

$$V_{\text{tot.nec.R.}} = V_{\text{nec.R.filtro}} \times 2$$

$$V_{\text{nec retrolavagem}} = 35,31 \times 2$$

$$V_{\text{nec retrolavagem}} = 70,62 \text{ m}^3$$

11 LEITO DE SECAGEM (EXISTENTE)

A operação contínua da Estação de Tratamento de Água gera resíduos sólidos, principalmente na forma de lodo proveniente da decantação e da retrolavagem dos filtros. Para o adequado manejo desses subprodutos, já se encontra executado, um Leito de Secagem para de Decantação de Lodo, para realizar a separação entre a fração líquida e sólida do efluente gerado no processo.

O Leito de Secagem tem como objetivo:

- Acondicionar temporariamente o lodo gerado nas etapas de decantação e filtração, além de lodo que pode ser acumulado nos floculadores;
- Promover a sedimentação natural dos sólidos suspensos;
- Reduzir o volume de lodo a ser destinado para transporte e disposição final;
- Evitar o lançamento de carga orgânica e sólidos suspensos no meio ambiente.

O lodo em suspensão será direcionado para a Leito de Secagem por gravidade. No Leito de Secagem, devido ao tempo de retenção e à baixa velocidade de escoamento, os sólidos decantam e formam uma camada de lodo no fundo, enquanto o sobrenadante (líquido clarificado) poderá ser recirculado ou descartado, conforme os critérios ambientais estabelecidos pelos órgãos competentes.

Esse processo natural de espessamento gravitacional permite uma gestão mais eficiente do resíduo, reduzindo a frequência de remoção e o custo com transporte e disposição.

Manutenção e Destinação:

A remoção do lodo acumulado deve ocorrer de forma periódica, de acordo com o acúmulo e a capacidade do Leito de Secagem. O lodo espessado pode ser encaminhado para:

- Aterro sanitário licenciado;
- Tratamento e secagem em leitos;
- Aplicações agrícolas ou industriais, conforme análise e legislação ambiental vigente.

A implantação da Lagoa de Decantação de Lodo garante o controle ambiental da ETA, evitando impactos ao solo, aos corpos hídricos e assegurando a conformidade com os requisitos da legislação ambiental e sanitária.

a. Volume de lodo gerado:

Considerando:

- Volume de efluente gerado na retrolavagem dos dois filtros ($V_{\text{tot.nec.R.}}$): 70,62 m³;

- Estimativa de volume gerado na descarga do decantador e floculadores (V_{FD}):
 - Tempo de descarga 20 seg = 0,0056 h;
 - Quantidade de descarga por dia: 5.

$$V_{FD} = 5 \times (Q \times \text{Tempo de descarga})$$

$$V_{FD} = 5 \times (40 \times 0,0056)$$

$$V_{FD} = 1,11 \text{ m}^3$$

- Estimativa de volume total diário gerado de lodo na ETA ($V_{desc.lodo}$):

$$V_{desc.lodo} = V_{FD} + V_{tot.nec.R.}$$

$$V_{desc.lodo} = 1,11 + 70,62$$

$$V_{desc.lodo} = 71,73 \text{ m}^3$$

b. Estimativa de sólidos no volume de descarte

A quantidade de sólidos presentes nesse lodo proveniente da descarga do decantador é aproximadamente 3% e adotando 2% de sólidos da retrolavagem. Assim calcula-se a quantidade de sólidos que ficaram retido no Leito de Secagem:

$$V_{sol.} = 1,11 \times 0,03 + 70,62 \times 0,02$$

$$V_{sol.} = 1,45 \text{ m}^3$$

c. Dimensões da Lagoa

- Comprimento: 4,90 m;
- Largura: 2,20 m;
- Altura total: 2,00 m;

O Leito de Secagem de Recebimento/Decantação foi executado em concreto armado.

d. Tempo de limpeza da Lagoa de Recebimento/Decantação

$$t_l = \frac{\text{Volume do Leio}}{V_{sol.}}$$

$$t_l = \frac{20}{1,45}$$

$$t_l = 15 \text{ dias}$$

12 PLATAFORMA E ESCADA DE ACESSO

A segurança e a operacionalidade são aspectos fundamentais no projeto de unidades de tratamento de água. Para garantir o acesso seguro às estruturas e facilitar as atividades de inspeção, operação e manutenção, a Estação de Tratamento de Água contará com plataforma de acesso e escada metálica independente, devidamente projetadas segundo os princípios da ergonomia e segurança do trabalho.

Características da Plataforma:

A plataforma será instalada ao redor das principais unidades da ETA, permitindo o acesso completo aos seguintes equipamentos:

- Floculadores;
- Decantador lamelar;
- Filtros.

Especificações construtivas:

- Material: Chapa de aço carbono expandida, resistente e antiderrapante;
- Reforço: Cantoneiras metálicas laterais para rigidez estrutural;
- Apoio: Estrutura independente, com base em tubos metálicos fixados ao solo ou à fundação, sem ligação direta com os tanques, evitando transmissão de vibrações;
- Pintura: Anticorrosiva e de acabamento final em tinta amarela, para alta visibilidade e conformidade com normas de segurança.

Guarda-Corpo e Escada:

O sistema contará com guarda-corpo tubular ao longo de toda a extensão da plataforma, conforme as diretrizes estabelecidas pelas normas de segurança do trabalho (NR-12 e NR-18), garantindo proteção contra quedas.

A escada de acesso será projetada com:

- Degraus antiderrapantes;
- Corrimão bilateral;
- Inclinação adequada para conforto e segurança do operador.

Esse conjunto de acesso será posicionado de forma a otimizar a mobilidade entre os equipamentos, sem obstruir rotas operacionais, e permitirá a realização das rotinas de monitoramento e manutenção com máxima segurança.

13 CASA QUÍMICA E DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS (EXISTENTE)

A Casa Química é um espaço essencial dentro da Estação de Tratamento de Água, destinado à estocagem, preparo e dosagem dos produtos químicos utilizados nas diversas etapas do processo. Este ambiente deve oferecer segurança, organização e condições operacionais adequadas, conforme as normas técnicas e sanitárias aplicáveis. A Casa Química em alvenaria já se encontra executada (conforme projeto).

Estrutura da Casa Química:

A Casa Química será equipada com:

- Tanques de armazenamento e preparo, fabricados em PRFV (Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro), com barreira química interna resistente à corrosão;
- Régua volumétrica graduada para controle visual de nível;
- Bombas dosadoras do tipo diafragma eletromagnética, destinadas à dosagem controlada dos reagentes.

Este espaço deve garantir a segurança do operador e o correto manuseio dos produtos, com ventilação adequada, iluminação suficiente e sinalização de segurança.

Estocagem de produtos químicos:

A estocagem dos produtos químicos deverá seguir critérios de organização, ventilação e segurança. Os produtos serão armazenados em almoxarifado adjacente ou em compartimentos específicos da casa química, permitindo:

- Controle fácil e seguro do estoque;
- Consumo segundo o princípio PEPS (primeiro a entrar, primeiro a sair);
- Separação física entre reagentes incompatíveis.

Reagentes utilizados:

- **Coagulante:** Será inicialmente dosado em sua forma pura. A diluição poderá ser adotada posteriormente conforme os resultados operacionais e ensaios de Jar Test;
- **Alcalinizante:** Será preparado de acordo com a necessidade de correção de pH, definida em testes laboratoriais;
- **Desinfetante:** Preparado conforme especificações do fabricante, respeitando concentração e condições de segurança;
- **Agente de Fluoretação:** Preparado conforme instruções técnicas do fabricante, visando controle de dose e eficácia.

Bombas dosadoras:

Para a dosagem precisa dos produtos químicos, serão utilizadas bombas dosadoras tipo diafragma eletromagnética, indicadas para líquidos com características agressivas, viscosas ou com odores intensos.

Principais vantagens:

- Totalmente à prova de vazamentos;
- Alta precisão na dosagem, mesmo em baixas vazões;
- Segurança em operação a seco;
- Baixa necessidade de manutenção, com possibilidade de operação contínua.

A instalação e operação correta da Casa Química garantirá o desempenho ideal do sistema de tratamento, a segurança dos operadores e a eficiência no uso dos insumos químicos.

SISTEMA DE DOSAGEM DE ALCALINIZANTE, CLORO E FLUOR

Tanques de armazenamento:

- Diâmetro do tanque: 600 mm;
- Altura útil: 1.200 mm;
- Quantidade: 03 unidades (uma para cloro, uma para flúor e outra para alcalinizante);
- Material: PRFV.

a. Cálculo do Volume dos tanques de armazenamento:

$$\begin{aligned}V_{\text{Total}} &= \pi \times R^2 \times H \\V_{\text{Total}} &= \pi \times 0,3^2 \times 1,2 \\V_{\text{Total}} &= 0,3 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Agitador para o tanque de armazenamento de alcalinizante:

Motoredutor;

Trifásico: 380V;

Potência: 0,5 CV;

Haste: Aço Inox 304;

Hélice: Aço Inox 304;

Grau de Proteção: IP 55;

Quantidade: 01 unidade (Alcalinizante).

c. Bomba Dosadora

Tipo: Diafragma;

Vazão: 0 a 10 L/h;

Pressão Máxima de Trabalho: 7 bar;

Acionamento: Eletromecânico;

Cabeçote: corpo em KYNAR e válvulas em PVDF;

Diafragma: PTFE;

Vedações Válvulas: esferas em cerâmica, O´rings em EPDM;

Grifo de purga conjunto;

Válvula de pé com filtro;

Mangueiras (sucção, injeção e purga);

Quantidade: 03 unidades (uma para alcalinizante, uma para cloro e outra para flúor).

SISTEMA DE DOSAGEM DE COAGULANTE

Dados para o tanque de coagulante:

- Diâmetro do tanque: 1.000 mm;

- Altura útil: 1.250 mm;

- Quantidade: 01 unidade;

- Material: PRFV.

a. Cálculo do Volume tanque para armazenar coagulante:

$$V_{\text{Total}} = \pi \times R^2 \times H$$

$$V_{\text{Total}} = \pi \times 0,5^2 \times 1,25$$

$$V_{\text{Total}} = 1,00 \text{ m}^3$$

b. Bomba Dosadora de coagulante

Tipo: Diafragma;

Vazão: 0 a 19 L/h;

Pressão Máxima de Trabalho: 4 bar;

Acionamento: Eletromecânico;

Cabeçote: corpo em KYNAR e válvulas em PVDF;

Diafragma: PTFE;

Vedações Válvulas: esferas em cerâmica, O´rings em EPDM;

Grifo de purga conjunto;

Válvula de pé com filtro;

Mangueiras (sucção, injeção e purga);

Quantidade: 01 unidade.

14 QUADRO DE COMANDO ELÉTRICO

O quadro de comando elétrico é o componente responsável por centralizar o acionamento, proteção e controle dos equipamentos eletromecânicos da Estação de Tratamento de Água (ETA). Sua função é garantir o funcionamento automatizado, seguro e eficiente de todo o sistema, conforme as condições operacionais e demandas do processo.

Especificações Gerais:

O sistema será composto por um painel metálico fechado, com grau de proteção adequado ao ambiente (IP54 ou superior), e contará com:

- Botão de emergência (EMERGÊNCIA) de parada imediata;
- Sinalizadores luminosos de falha para motores e bombas;
- Chave seletora para acionamento manual e automático;
- Disjuntor termomagnético geral para proteção da alimentação;
- Tensão de alimentação: Trifásico 380 V / 60 Hz;
- Tensão de comando: 24 VAC, com transformador de isolamento.

Equipamentos Controlados pelo Quadro:

O painel elétrico controlará todos os equipamentos da ETA, incluindo:

- 03 motoredutores (1/2 CV) do sistema de floculação;
- 01 motoredutor (1/2 CV) do agitador do tanque de equalização;
- 04 bombas dosadoras (30 W cada) para produtos químicos;
- 01 bomba centrífuga de retrolavagem dos filtros (15 CV);
- 02 bomba centrífuga de reservação dos filtros (02 CV);
- Sistema de comunicação com chave boia, para acionamento automático da ETA, integrando com sensores de nível dos reservatórios.

Automação e Lógica de Funcionamento:

O sistema elétrico será programado com lógica de controle automatizada, permitindo:

- Operação automática da ETA: o acionamento do sistema ocorrerá quando os sensores de nível detectarem baixa nos reservatórios, ligando automaticamente:
 - A bomba de captação;
 - As bombas dosadoras;
 - Os motoredutores dos flocladores;
- A bomba de retrolavagem será acionada manual e localmente, conforme a necessidade de limpeza dos filtros.

Essa lógica assegura maior autonomia operacional, economia de energia e segurança, além de reduzir a necessidade de intervenção humana contínua.

Instalação:

O fornecimento contempla também:

- Material elétrico e mecânico completo;
- Mão de obra especializada para instalação e testes do sistema;
- Aterramento elétrico e conformidade com normas técnicas nacionais (NBR IEC 60439 e NR-10).

15 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente memorial descritivo e de cálculo foi elaborado com o objetivo de apresentar os critérios técnicos e dimensionais aplicados ao projeto de uma Estação de Tratamento de Água Compacta e Modular, com vazão nominal de 30 m³/h, destinada ao abastecimento público no Município de Alpestre – RS.

Foram contempladas todas as etapas do processo de tratamento convencional, desde correção de pH, passando pela coagulação, floculação, decantação e filtração, até a desinfecção final e o gerenciamento dos resíduos gerados, como o lodo. Também foram detalhados os sistemas auxiliares, como o quadro de comando elétrico, a casa química, e as estruturas de acesso e operação, fundamentais para garantir a segurança e a eficiência da operação.

A adoção de tecnologia modular e compacta visa atender às exigências sanitárias, ambientais e operacionais, aliando eficiência no tratamento com facilidade de instalação e manutenção, além de possibilitar futuras ampliações de capacidade com flexibilidade e menor custo.

Todos os parâmetros de projeto seguiram as diretrizes técnicas estabelecidas pelas normas brasileiras da ABNT, pelas recomendações da Portaria GM/MS nº 888/2021, e pelas melhores práticas de engenharia sanitária.

Por fim, reforça-se que a implantação desta ETA representa um passo essencial na promoção do acesso à água de qualidade, contribuindo diretamente para a saúde pública, o desenvolvimento social e a sustentabilidade ambiental da população de Alpestre – RS.

Joaquim Manoel Domingues Junior

Engenheiro Civil

CREA/SC 029.935-9

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216:2017 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-315248272>. Acesso em: 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 2.472, de 3 de setembro de 2021**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), com foco na promoção da saúde ambiental. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 06 set. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-2.472-de-3-de-setembro-de-2021-343470123>. Acesso em: 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde).

DI BERNARDO, Luiz. D.; DANTAS, Ana D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Vol. 2. 2. ed. São Carlos: RIMA, 2005.

MIERZWA, R. M. **Alocação de recursos hídricos em regiões semi-áridas**. 2001. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

NAVACHI, Edson. **Manual de operação de estações de tratamento de água**. 3. ed. São Paulo: CETESB, 2002.

NAVACHI, J. A. **Reutilização do efluentes tratados: caso de uma lavanderia industrial**. 2002. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina, 2002.

NEVES, E. T. **Curso de hidráulica**. Porto Alegre: Globo, 1982. 578 p.

SANTOS, M. A.; PACHECO, E. B. A. V. **Tratamento de água: fundamentos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2015.