

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF  
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)  
SISTEMA SÃO MIGUEL (EIXO NORTE)  
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

1. *Dimensionamento da Estação de Tratamento de Água*

A Estação de Tratamento de Água (ETA) projetada para o Sistema São Miguel (Eixo Norte) será responsável pelo tratamento de água bruta com captação prevista no Canal de Transposição do Rio São Francisco através do processo de Dupla Filtração Pressurizada com capacidade para uma vazão de tratamento de 25,00 L/s.

1.1 *Vazões de Projeto*

Com a finalidade de abastecimento de água tratada para consumo humano, conforme *padrões de potabilidade* definidos pela *Portaria do Ministério da Saúde Número 2.914 de 12/12/2011*, apresenta-se a *vazão média* de projeto para fins de tratamento de água bruta assim como a *vazão máxima* permitida para pleno funcionamento da Estação de Tratamento de Água proposta por meio do processo da *dupla filtração pressurizada*.

Vazão Média ( $Q_{MÉDIA}$ )	25,00 L/s
Vazão Média ( $Q_{MÉDIA}$ )	90,00 m³/hora
Vazão Máxima ( $Q_{MÁXIMA}$ )	30,00 L/s
Vazão Máxima ( $Q_{MÁXIMA}$ )	108,00 m³/hora

1.2 *Filtros Descendentes Pressurizados*

1.2.1 *Cálculo do Diâmetro do Filtro Descendente Pressurizado*

Em função do *tempo de funcionamento* previsto para o sistema de abastecimento de água, da *vazão média* para fins de tratamento, da *taxa de filtração* prevista na Estação de Tratamento de Água assim como do *número de filtros* recomendados, calcula-se o diâmetro necessário aos filtros descendentes pressurizados através da formulação abaixo.

$$D_F = \sqrt{\frac{TFS \times Q_{MÉDIA} \times 4}{TF \times \pi \times N}}$$

Sendo:

Tempo de Funcionamento do Sistema (TFS)	20,00 horas
Vazão Média ( $Q_{MÉDIA}$ )	25,00 L/s
Vazão Média ( $Q_{MÉDIA}$ )	90,00 m³/hora
Taxa de Filtração (TF)	240,00 m³/m².dia
Número de Equipamentos (NE)	10,00 unidades
Número de Filtros (N)	5,00 unidades
Diâmetro do Filtro Descendente ( $D_F$ )	— metros
Diâmetro do filtro descendente calculado ( $D_F$ )	1,38 metros
<b>Diâmetro do filtro descendente adotado (<math>D_F</math>)</b>	<b>1,50 m</b>
<b>Altura do filtro descendente adotada (<math>H_F</math>)</b>	<b>3,00 m</b>

Em função do *dimensionamento hidráulico* previsto para a estação de tratamento de água, serão adotados dez filtros descendentes pressurizados (número de equipamentos) com camadas filtrantes distintas. Todos os equipamentos apresentam as mesmas dimensões para verificação hidráulica e, para fins de tratamento, utiliza-se uma dupla filtração consecutiva com dois filtros descendentes em série e cinco módulos em paralelo.

1.2.2 *Tubulação de Saída dos Filtros Descendentes Pressurizados*

1.2.2.1 *Cálculo da Tubulação de Saída dos Filtros Descendentes Pressurizados*

Em seguida, através da formulação apresentada posteriormente, calcula-se o diâmetro adotado para a tubulação de saída dos filtros descendentes pressurizados.

$$D_T = \sqrt{\frac{4 \times Q_{MÁXIMA}}{\pi \times V_E}}$$

Sendo:

Vazão Máxima ( $Q_{MÁXIMA}$ )	30,00 L/s
Vazão Máxima ( $Q_{MÁXIMA}$ )	108,00 m³/hora
Velocidade econômica ( $V_E$ )	0,50 m/s
Velocidade econômica ( $V_E$ )	1.800,00 m/hora
Diâmetro da tubulação de saída calculado ( $D_T$ )	— m
Diâmetro da tubulação de saída calculado ( $D_T$ )	0,2764 m
<b>Diâmetro da tubulação de saída adotado (<math>D_T</math>)</b>	<b>300 mm</b>

### 1.2.3 Dimensões da base dos Filtros Descendentes Pressurizados

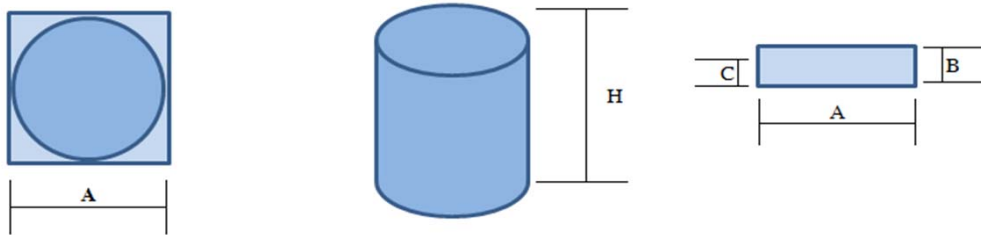


Figura 1 - Detalhes esquemáticos do suporte dos filtros descendentes

Anteriormente, de acordo com a **Figura 1**, apresenta-se uma ilustração esquemática em planta baixa e vista frontal da base necessária ao assentamento do filtro descendente pressurizado para fins de dimensionamento. Portanto, calcula-se o volume da estrutura de acordo com a formulação seguinte.

$$V_{BF} = A_{BF} \times H$$

Sendo:

Diâmetro do filtro descendente adotado ( $D_F$ )	1,50 m
Dimensão relativa ao comprimento e profundidade (A)	1,70 m
Dimensão relativa à altura (B)	0,40 m
Dimensão (C)*	0,20 m
Volume da estrutura de suporte do filtro descendente ( $V_{BF}$ )	— m³

\*A Dimensão C representa a diferença em função da altura da base e o nível do terreno, deste modo, o suporte representa uma estrutura semi-enterrada.

**Volume da estrutura de suporte do filtro descendente ( $V_{BF}$ )** **1,16 m³**

## 1.3 Leito de Secagem

### 1.3.1 Cálculo da quantidade de sólidos secos precipitados

Através da formulação apresentada abaixo, calcula-se a quantidade de sólidos secos precipitados levando-se em consideração o depósito anual da matéria em um volume de 1.00 m³ de água tratada.

$$S = \frac{(0.20 \times C) + (k_1 \times T) + (k_s \times D_s)}{1.000.00}$$

Sendo:

Cor (C)	10,00 °H
Turbidez (T)	15,00 UNT
Dosagem de Sulfato ( $D_S$ )	20,00 mg/L
Coefficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ )	1,20 adimensional
Coefficiente de dosagem de sulfato ( $k_s$ )	0,26 adimensional
Quantidade de sólidos secos precipitados (S)	— kg/m³
<b>Quantidade de sólidos secos precipitados (S)</b>	<b>0,03 kg/m³</b>

### 1.3.2 Cálculo do volume médio anual

Em seguida, através da formulação apresentada, calcula-se o volume médio anual de água tratada pela Estação de Tratamento de Água proposta.

$$V_T = \frac{(365.00 \times 84,600.00 \times Q_{MÉDIA})}{k_2}$$

Sendo:

Vazão Média ( $Q_{MÉDIA}$ )	25,00 L/s
Vazão Média ( $Q_{MÉDIA}$ )	90,00 m³/hora
Coefficiente do dia de maior consumo ( $k_2$ )	1,20 adimensional
Volume Médio Anual ( $V_T$ )	— m³
Volume Médio Anual ( $V_T$ )	643.312.500,00 L
<b>Volume Médio Anual (<math>V_T</math>)</b>	<b>643.312,50 m³</b>

### 1.3.3 Cálculo da Massa de Sólidos Suspensos

Através da formulação apresentada abaixo, calcula-se a massa de sólidos suspensos, após processo de aglutinação, gerada anualmente na etapa de precipitação no tratamento da água bruta na Estação de Tratamento de Água.

$$M_S = S \times V$$

Sendo:

Concentração de sólidos suspensos no lodo (S)	2,52 %
Volume Médio Anual ( $V_T$ )	643.312,50 m³
Massa de sólidos suspensos precipitada ( $M_S$ )	— kg
<b>Massa de sólidos suspensos precipitada (<math>M_S</math>)</b>	<b>16.211,48 kg</b>

### 1.3.4 Cálculo da Massa de Lodo

Em seguida, através da formulação apresentada, calcula-se a massa de lodo gerada anualmente no processo de tratamento da água bruta na Estação de Tratamento de Água.

$$M_L = \frac{M_S}{C_S}$$

Sendo:

Massa de sólidos suspensos precipitada ( $M_S$ )	16.211,48 kg
Concentração de sólidos suspensos no lodo ( $C_S$ )	2,00 %
Massa de lodo precipitada ( $M_L$ )	— kg
<b>Massa de lodo precipitada (<math>M_L</math>)</b>	<b>810.574,00 kg</b>

### 1.3.5 Cálculo do volume mensal de lodo

Posteriormente, através da formulação apresentada, calcula-se o volume de lodo gerado anualmente no processo de tratamento da água bruta na Estação de Tratamento de Água.

$$V_L = \frac{M_L}{12 \times \delta}$$

Sendo:

Massa de lodo precipitada ( $M_L$ )	810.574,00 kg
Densidade do lodo ( $\delta$ )	1.008,97 kg/m³
Volume anual de lodo produzido ( $V_L$ )	— m³
<b>Volume anual de lodo produzido (<math>V_L</math>)</b>	<b>66,95 m³</b>

### 1.3.6 Cálculo da área da célula

Em seguida, através da formulação apresentada, calcula-se a área necessária ao processo de secagem do lodo no tratamento da água bruta na Estação de Tratamento de Água.

$$A_c = \frac{V_L}{n \times H_{LS}}$$

Sendo:

Volume anual de lodo produzido ( $V_L$ )	66,95 m <sup>3</sup>
Número de aplicação ( $n$ )	8,00 adimensional
Profundidade útil do lodo ( $H_{LS}$ )	0,50 m
Área necessária para secagem do lodo ( $A_c$ )	— m <sup>2</sup>
Área necessária para secagem do lodo calculada ( $A_c$ )	16,74 m <sup>2</sup>
<b>Área necessária para secagem do lodo adotada (<math>A_c</math>)</b>	<b>20,00 m<sup>2</sup></b>

### 1.3.7 Cálculo da carga de sólidos

Posteriormente, através da formulação apresentada, calcula-se a carga de sólidos aplicada ao processo de secagem do lodo no tratamento da água bruta na Estação de Tratamento de Água.

$$C_A = \frac{M_S}{A_c}$$

Sendo:

Massa de sólidos suspensos precipitada ( $M_S$ )	16.211,48 kg
Área necessária para secagem do lodo ( $A_c$ )	16,74 m <sup>2</sup>
Carga de sólidos aplicada ( $C_A$ )	— kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga de sólidos aplicada (<math>C_A</math>)</b>	<b>968,43 kg/m<sup>2</sup></b>

### 1.3.8 Dimensões do Leito de Secagem

Em seguida, através da formulação apresentada, calculam-se as dimensões necessárias ao processo de secagem do lodo na Estação de Tratamento de Água, deste modo considera-se a área requerida por célula considerando-se um número mínimo de células de quatro unidades.

$$A_R = \frac{A_c}{n'}$$

Sendo:

Área adotada para secagem do lodo ( $A_c$ )	20,00 m <sup>2</sup>
Número mínimo de células ( $n'$ )	4,00 unidades
Área requerida por célula de tratamento ( $A_R$ )	— m <sup>2</sup>
Área requerida por célula de tratamento calculada ( $A_R$ )	5,00 m <sup>2</sup>
<b>Área requerida por célula de tratamento adotada (<math>A_R</math>)</b>	<b>6,00 m<sup>2</sup></b>

Portanto, de acordo com os cálculos acima, para uma área requerida de 6 m<sup>2</sup>, definem-se as dimensões necessárias à uma célula do leito de secagem:

<b>Comprimento do Leito de Secagem (L)</b>	<b>4,00 m</b>
<b>Largura do Leito de Secagem (B)</b>	<b>1,50 m</b>

Finalmente, de acordo com dimensões adotadas para uma célula do leito de secagem, registra-se uma área requerida de 6 m<sup>2</sup> para cada célula.

#### 1.3.8.1 Verificação da Área Adotada

De acordo com as dimensões adotadas, anteriormente, para cada célula em questão, em seguida, calcula-se a área adotada para cada unidade do leito de secagem, conforme equação abaixo, para fins de verificação.

$$A = B \times L$$

Sendo:

Comprimento do Leito de Secagem (L)	4,00 m
Largura do Leito de Secagem (B)	1,50 m
Área da célula do leito de secagem calculada (A)	— m <sup>2</sup>
<b>Área da célula do leito de secagem calculada (A)</b>	<b>6,00 m<sup>2</sup></b>

Portanto, de acordo com a área requerida para cada uma das quatro células do leito de secagem, verifica-se que as dimensões adotadas são suficientes à área necessária com a finalidade de disposição do lodo para tratamento dos resíduos gerados na Estação de Tratamento de Água.

#### 1.4 Tanque de Armazenamento para Lavagem dos Filtros (TAL)

##### 1.4.1 Dimensionamento

##### 1.4.1.1 Cálculo da Vazão de Lavagem dos Filtros

Através da equação mostrada posteriormente, calcula-se a vazão necessária para lavagem dos filtros descendentes pressurizados na Estação de Tratamento de Água.

$$Q_L = V_L \times A$$

Sendo:

Vazão de Lavagem dos Filtros (Q <sub>L</sub> )	— m <sup>3</sup> /hora
Velocidade de Lavagem de Filtros (V <sub>L</sub> )	0,60 m/minuto
Área do Filtro Descendente (A)	1,77 m <sup>2</sup>
Vazão de Lavagem dos Filtros (Q <sub>L</sub> )	1,06 m <sup>3</sup> /minuto
<b>Vazão de Lavagem dos Filtros (Q<sub>L</sub>)</b>	<b>64,00 m<sup>3</sup>/hora</b>

##### 1.4.1.2 Cálculo do Volume de Lavagem dos Filtros

Posteriormente, através da equação apresentada, calcula-se o volume necessário para lavagem dos filtros descendentes pressurizados na Estação de Tratamento de Água.

$$V_{LF} = Q_L \times TLF \times N$$

Sendo:

Volume de Lavagem dos Filtros (V <sub>LF</sub> )	— m <sup>3</sup>
Vazão de Lavagem dos Filtros (Q <sub>L</sub> )	64,00 m <sup>3</sup> /hora
Tempo de Lavagem do Filtro (TLF)	10,00 minutos
Operação de Lavagem (N)	1,00 repetição
<b>Volume de Lavagem dos Filtros (V<sub>LF</sub>)</b>	<b>10,67 m<sup>3</sup></b>

##### 1.4.1.3 Cálculo do Volume do Tanque de Armazenamento (RAT-ETA)

Em seguida, através da formulação apresentada, calcula-se o volume necessário para armazenamento de água com a finalidade de lavagem dos filtros descendentes pressurizados assim como reservação de água tratada do sistema de abastecimento de água na área da na Estação de Tratamento de Água.

$$V_T = A_B \times H$$

Sendo:

Volume do Tanque de Armazenamento (V <sub>T</sub> )	— m <sup>3</sup>
Área da base do Tanque de Armazenamento (A <sub>B</sub> )	— m <sup>2</sup>

No entanto, através da formulação apresentada anteriormente, recomendam-se as seguintes dimensões para o tanque de armazenamento necessário à lavagem dos filtros descendentes pressurizados.

Sendo:

Altura do Tanque de Armazenamento (H)	6,50 m
Diâmetro do Tanque de Armazenamento (D)	3,00 m
<b>Volume do Tanque de Armazenamento (V<sub>T</sub>)</b>	<b>45,95 m<sup>3</sup></b>

#### 1.4.1.4 Dimensões da Base

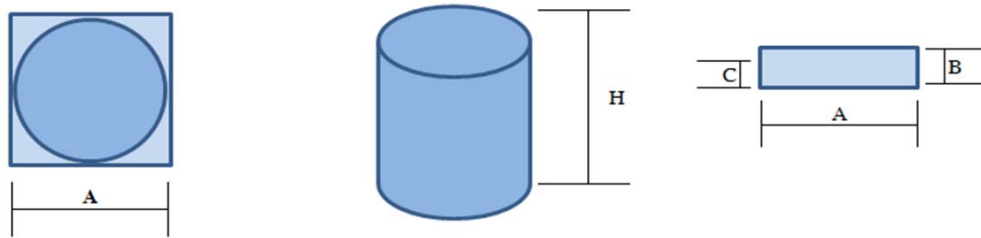


Figura 2 - Ilustração esquemática da base do tanque de armazenamento

Anteriormente, de acordo com a **Figura 2**, apresenta-se uma ilustração esquemática em planta baixa assim como a vista frontal do suporte necessário ao assentamento do tanque de armazenamento de água para lavagem dos filtros com a finalidade de dimensionamento. Portanto, calcula-se o volume da estrutura de acordo com a formulação seguinte.

$$V_B = A_B \times H$$

Sendo:

Diâmetro do tanque de armazenamento adotado (D)	3,00 m
Dimensão do comprimento e profundidade (A)	3,20 m
Dimensão da altura (B)	0,40 m
Dimensão C	0,20 m
Volume da estrutura de suporte do filtro descendente ( $V_B$ )	— m <sup>3</sup>
<b>Volume da estrutura de suporte do filtro descendente (<math>V_B</math>)</b>	<b>4,10 m<sup>3</sup></b>

#### 1.4.1.5 Tubulação de Retorno da Água de Lavagem

Através da formulação apresentada posteriormente, em seguida, calcula-se o diâmetro necessário à tubulação de retorno da água de lavagem.

$$D_R = \sqrt{\frac{4.00 \times Q_{MÁXIMA}}{\pi \times V_E}}$$

Sendo:

Diâmetro da tubulação de retorno da água de lavagem ( $D_R$ )	— m
Vazão de Lavagem dos Filtros ( $Q_L$ )	64,00 m <sup>3</sup> /hora
Velocidade econômica ( $V_E$ )	1,50 m/s
Diâmetro da tubulação de retorno da água de lavagem calculado	0,1228 m
<b>Diâmetro da tubulação de retorno da água de lavagem adotado</b>	<b>125 mm</b>