

Roteiro simplificado para dimensionamento hidráulico de uma ETA¹

Atentar para a tecnologia de tratamento especificada no Termo de Referência (TR) da disciplina TIM II, lembrando que cada uma delas possui arranjos específicos e que devem ser dimensionadas apenas as unidades de tratamento relativas à tecnologia solicitada no TR. A Tabela 1 deve ser consultada para orientar o trabalho do grupo.

Tabela 1 – Processos e operações unitárias que compõem diferentes tecnologias de tratamento de água

Nome da tecnologia	Processos e operações unitárias**
Tratamento convencional*	Mistura rápida (ou coagulação), floculação, decantação e filtração descendente
Tratamento com flotação	Mistura rápida (ou coagulação), floculação, flotação e filtração
Dupla filtração	Mistura rápida (ou coagulação), filtração ascendente, filtração descendente
Filtração direta com floculação	Mistura rápida (ou coagulação), floculação e filtração descendente
Filtração direta descendente	Mistura rápida (ou coagulação) e filtração descendente
Filtração direta ascendente	Mistura rápida (ou coagulação) e filtração ascendente
Filtração em múltiplas etapas	Pré-filtração e filtração lenta
Filtração lenta	Filtração lenta

*Também conhecida como tratamento de ciclo completo

**A desinfecção e a fluoretacão não estão citadas por serem obrigatórias em qualquer ETA projetada para fornecimento coletivo de água

Apresenta-se a seguir o roteiro simplificado para dimensionamento das unidades que constituem uma ETA convencional.

Unidade de mistura rápida (roteiro simplificado)

Existem diversos tipos de unidades de mistura rápida, neste exemplo será considerado o emprego de um medidor Parshall para promover a mistura rápida, o esquema é apresentado na Figura 1. Definir o medidor Parshall que será utilizado com base na Tabela 3 a partir da vazão Q que será tratada na ETA.

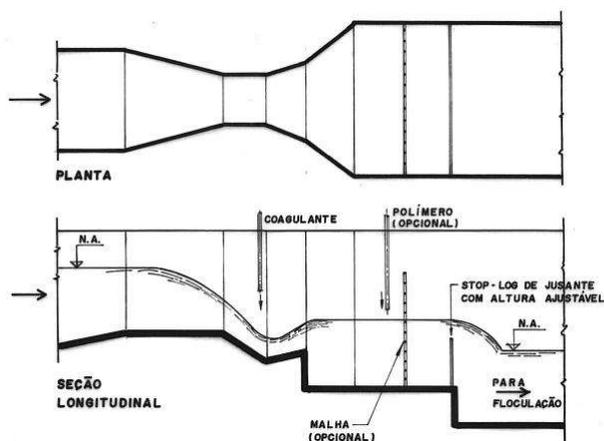


Figura 1 – Representação esquemática de um medidor Parshall

Unidade de floculação (roteiro simplificado)

Existem diversos tipos de unidades de floculação, neste exemplo será considerado o emprego da unidade mecanizada cujo esquema é apresentado na Figura 2.

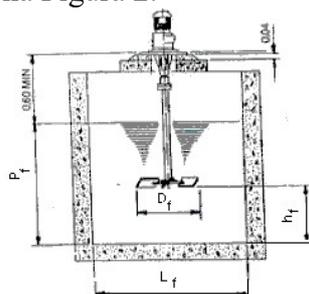


Figura 2 – Representação esquemática de um floculador mecanizado

¹ Para informações complementares, consultar livros de tratamento de água e a NBR-12216.

Dimensionar a unidade de floculação de uma ETA considerando que deve haver no mínimo duas linhas de floculação sendo que cada linha possui pelo menos três câmaras em série. Os gradientes de velocidade médios de floculação (G), atendendo recomendação de norma, variarão de 10 a 70 s^{-1} . Adotar um tempo de floculação (T_f) que esteja compreendido entre 30 a 40 min. Adotar os seguintes dados:

- Seção da câmara em planta: quadrada
 - Profundidade útil (P_f): 3,5 a 4,5 m
 - Lado da câmara (L_f)= máximo 7,5 m para o tipo de rotor considerado neste exemplo
 - Tipo de equipamento: turbina de escoamento axial
 - Tipo de rotor: paletas inclinadas a 45° ($K_{ib} \cong 1,4$)
 - Diâmetro do rotor (D_f) = adotar um valor que satisfaça as relações geométricas do item 4.
 - Distância do rotor ao fundo da câmara (h_f)= 1,1 m
- Cálculo do tempo de detenção (T_d) em uma câmara: $T_d = T_f/n$, em que n é o número de câmaras em série
 - Cálculo do volume de 1 câmara: $V = Q' \times T_d$. (No caso, $Q' = Q/(\text{número de linhas de floculação})$).

- Calcular o lado da câmara de floculação (L_f), sabendo que ela é quadrada em planta.
- Relações geométricas a serem obedecidas (para unidades mecanizadas com equipamento do tipo turbina de escoamento axial).

$$2,0 \leq \frac{L_f}{D_f} \leq 6,6 \qquad 2,7 \leq \frac{P_f}{D_f} \leq 3,9$$

$$0,9 \leq \frac{h_f}{D_f} \leq 1,1$$

- Gradiente de velocidade médio e rotação
 $P_u = \mu V G^2$ (fazer o cálculo para $G_{\min} = 10 \text{ s}^{-1}$ e $G_{\max} = 70 \text{ s}^{-1}$)
 $P_{u\max} = 0,001 \times V \times G_{\max}^2 = \frac{\quad}{\quad} \text{ Nm/s}$ (considerando μ para a temperatura de 20° C)
 $P_{u\min} = 0,001 \times V \times G_{\min}^2 = \frac{\quad}{\quad} \text{ Nm/s}$ (considerando μ para a temperatura de 20° C)

Este cálculo é feito para especificar a potência do motor que será utilizado nas unidades de floculação.

Unidade de decantação (roteiro simplificado)

Para este exemplo, considerar o projeto de um decantador convencional com escoamento horizontal cuja remoção do lodo será realizada hidráulicamente. O esquema da unidade de decantação está representado na Figura 3.

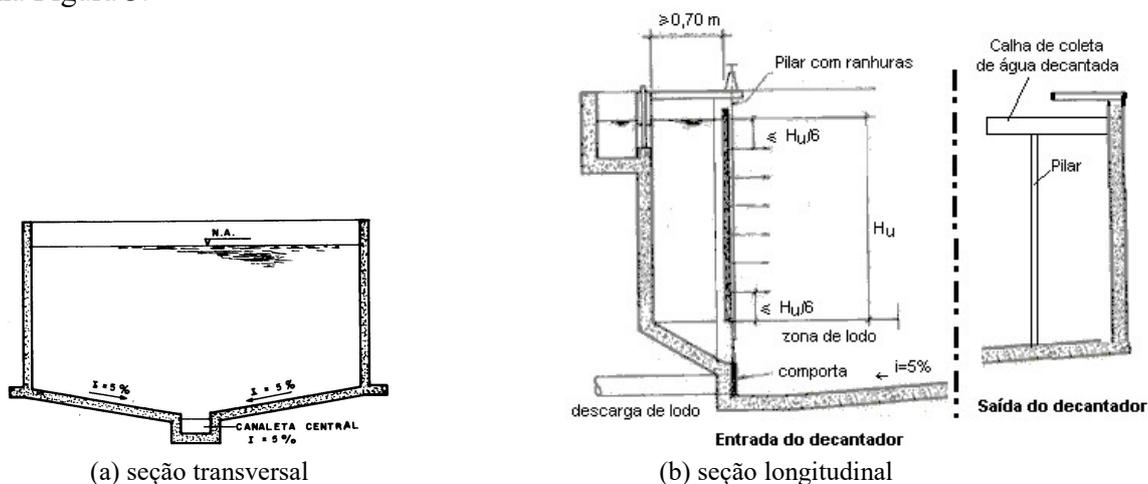


Figura 3 – Representação esquemática de um decantador convencional com escoamento horizontal

- Estabelecer o número de decantadores (no mínimo 2)
- Adotar uma taxa de aplicação superficial (TAS) que esteja entre 20 e 40 $m^3 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ e considerar a altura útil igual a 4,0 m. Com esses dados e com a vazão, determinar a área em planta. ($A = Q/TAS$)
- Adotar a seguinte relação entre o comprimento (C) e a largura (L) do decantador: $2 \leq C/L \leq 5$
- Verificar se a velocidade de escoamento horizontal (V_L) resultou menor ou igual a 18 vezes a taxa de escoamento superficial: $V_L = (\text{vazão afluente ao decantador})/(\text{área da seção transversal})$
- Dimensionar a comporta de descarga do lodo. A área da comporta é calculada pela equação

$$A_c = \frac{A_{pd}}{4850 \cdot t_{desc}} \sqrt{H}, \text{ em que: } A_c: \text{ área da}$$

comporta (m^2), A_{pd} : área em planta do decantador (m^2), H : altura útil do decantador, t_{desc} : tempo para descarga do decantador (h). O tempo para descarga (t_{desc}) deve ser inferior a 6 h, sendo que na prática a comporta é usualmente projetada para permitir a descarga em menos de 2 h.

- Dimensionar o comprimento total das calhas de coleta de água decantada considerando que a vazão máxima por metro linear de vertedor é de 1,8 $L \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$ e que as calhas não devem ocupar mais do que 30 % do comprimento do decantador. Para dimensionar a seção

transversal das calhas, considerando-as retangular, pode-se utilizar a equação $q=1,3.B.H^{1,5}$, sendo q a vazão por calha (m^3/s), B a largura (m) e H a altura da

calha (m). Recomenda-se uma folga de aproximadamente 10 cm na altura da calha em relação ao valor calculado.

Unidade de filtração (roteiro simplificado)

Na Figura 4 tem-se a representação de uma unidade de filtração onde se pode identificar: canal de descarga da água de lavagem, canal de entrada de água decantada, calhas de coleta de água de lavagem, meio filtrante, camada suporte, fundo falso do filtro, tubulação de água para lavagem, tubulação de coleta de água filtrada e vertedor de água filtrada.

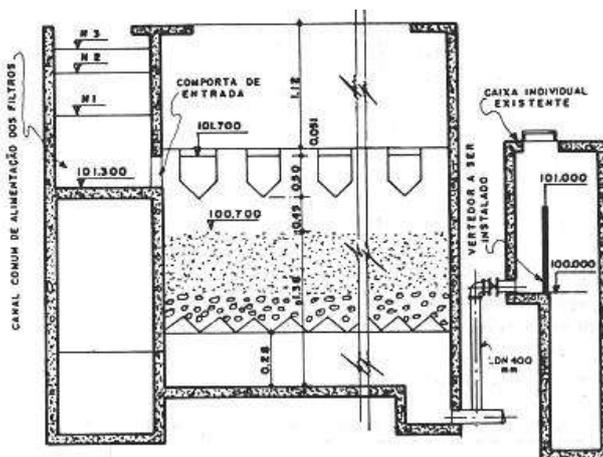


Figura 4 – Unidade de filtração

1. Calcular a área total de filtração com base na equação $TF = Q/A_F$, em que TF: taxa de filtração (considerar valores compreendidos entre 180 e $360 m^3 m^{-2} d^{-1}$ pra a filtração descendente, $TF \text{ máx}=120 m^3 m^{-2} d^{-1}$ para a filtração ascendente e $TF \text{ máx}=6 m^3 m^{-2} d^{-1}$ para a filtração lenta), A_F : área total de filtração (m^2)
2. Definir o número de unidades de filtração tomando como base os casos reais mostrados na Tabela 2. Deve-se prever no mínimo dois filtros.
3. Dimensionamento das calhas de coleta de água de lavagem. Considerar velocidade ascensional da água de lavagem igual a $0,8 m/min$ e calha retangular com descarga livre cuja vazão pode ser calculada por $Q=1,3.B.H^{1,5}$. Supor $B=0,5m$ e calhas espaçadas entre

si de no máximo $2,5 m$. Considerar uma folga de aproximadamente $10 cm$ no valor calculado de H.

Tabela 2 – Informações sobre filtros de algumas ETAs brasileiras

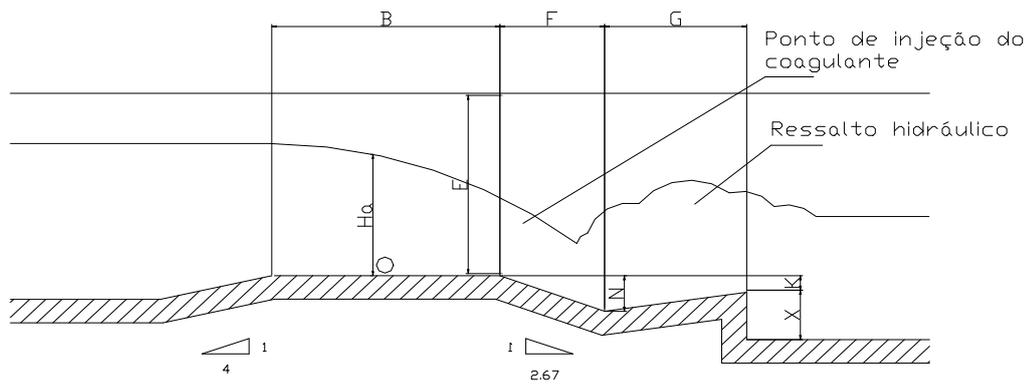
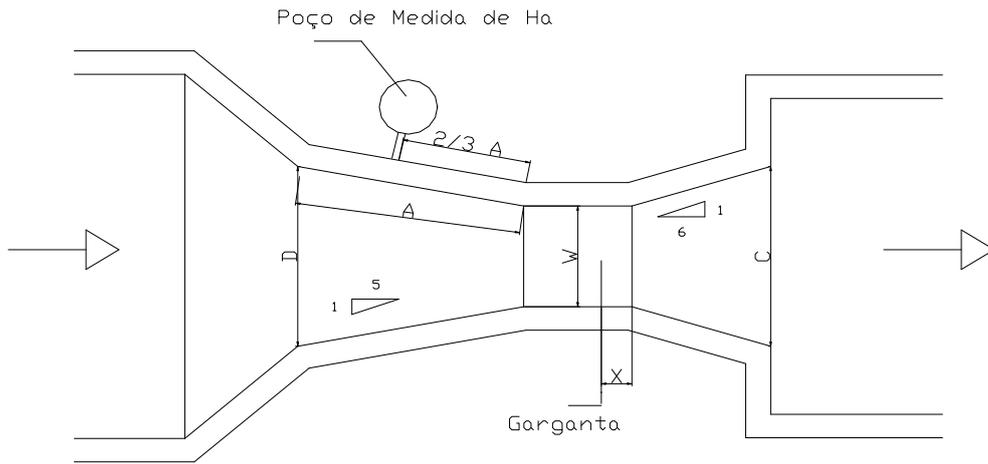
ETA	Filtros	Vazão (m^3/s)
Araras – SP	6	0,4
Campinas – SP	16	2,1
Fortaleza – CE	10	6
Guaraú – SP	48	33
Rio das Velhas – MG	24	9
São Carlos	7	0,5

Tanque de contato (roteiro simplificado para ser resolvido em sala)

É recomendado que a cloração da água visando a desinfecção seja realizada em pH inferior a $8,0$ e que o tempo de contato seja, no mínimo $30 min$. Conhecendo-se a vazão a ser tratada e definindo-se o tempo de contato pode-se então calcular o volume do tanque. Supondo, por exemplo, que a altura do tanque de contato seja h (considerar h entre 2 e $4,0 m$), o tempo t e a vazão Q, resulta a seguinte área em planta (A): $A=Q.t/h$

Tabela 3 – Dimensões do Medidor Parshall (cm) e Vazão com escoamento livre (L/s)

W (pol)	W (cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y	Vazão com Escoamento Livre (L/s)
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9	-	-	0,3 - 5,0
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7	2,5	3,8	0,8 - 53,8
6"	15,2	61,0	61,0	39,4	40,3	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4	5,1	7,6	1,4 - 110,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4	5,1	7,6	2,5 - 252,0
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	3,1 - 455,9
1 1/2'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	4,2 - 696,6
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	11,9 - 937,3
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	17,3 - 1427,2
4'	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	36,8 - 1922,7
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	45,3 - 2423,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	73,6 - 2930,8
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	85,0 - 3437,7
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	349,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	99,1 - 3950,2
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3	-	-	200,0 - 5660,0



Medidor Parshall – Planta e Corte