

Verificação do Perfil Hidráulico da ETA Bolonha

1. Considerações Iniciais

Este documento tem por finalidade apresentar a sequencia de cálculos do perfil hidráulico da ETA Bolonha com o objetivo principal de avaliar os níveis d'água a serem impostos em razão da ampliação de sua capacidade de tratamento. Desta forma os cálculos serão apresentados a partir do nível d'água imposto pelas unidades de jusante.

A vazão máxima admitida para a ETA deverá ser igual a 6.700 L/s já incorporando o reciclo da água de lavagem e também considerando-se a vazão máxima passível de ser fornecida pelo sistema de adução de água bruta e que é igual a 6.400 L/s

2. Vazões de dimensionamento

2.1 Vazão de operação sem o retorno da água de lavagem: 6400 L/s

2.2 Vazão de operação com o retorno da água de lavagem: 6700 L/s

3. Cálculo do nível d'água no canal geral de água filtrada a montante do vertedor Creager

Características do vertedor Creager

Largura do vertedor: 4,88 m

Cota da crista do vertedor Creager: 15,900 m

3.1 Vazão nominal (sem o retorno da água de lavagem): 6,400 m³/s

3.2 Vazão máxima (com o retorno da água de lavagem): 6,700 m³/s

$$Q = 2,2 \cdot B \cdot (h)^{3/2}$$

$$h = \left(\frac{Q}{2,2 \cdot B} \right)^{2/3}$$

Cálculo da lâmina d'água máxima no vertedor Creager

Altura da lâmina líquida para vazão nominal: $\Delta H =$ 0,71 m

Altura da lâmina líquida para vazão máxima: $\Delta H =$ 0,73 m

Nível d'água máximo no vertedor Creager sem o retorno da água de lavagem:	16,608 m
Nível d'água máximo no vertedor Creager com o retorno da água de lavagem:	16,630 m

4. Cálculo do nível d'água no canal de água filtrada das ETAs 1 e 2

Cada ETA possui um canal de coleta de água filtrada e ambos se reúnem em um canal geral de água filtrada gerando uma perda de carga localizada

Largura do canal geral de água filtrada:	4,88 m
Cota do fundo do canal geral de água filtrada:	13,900 m
Lâmina d'água no canal geral de água filtrada (vazão nominal):	2,708 m
Lâmina d'água no canal geral de água filtrada (vazão máxima):	2,730 m

Largura do canal individual de água filtrada:	2,00 m
Cota do fundo do canal individual de água filtrada:	14,940 m
Lâmina d'água no canal individual de água filtrada (vazão nominal):	1,668 m
Lâmina d'água no canal individual de água filtrada (vazão máxima):	1,690 m

Velocidade no canal geral de água filtrada (vazão nominal):	0,484 m/s
Velocidade no canal geral de água filtrada (vazão máxima):	0,503 m/s

Velocidade no canal individual de água filtrada (vazão nominal):	0,959 m/s
Velocidade no canal individual de água filtrada (vazão máxima):	0,991 m/s

$$\Delta H = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Com base na geometria dos canais individuais de água filtrada e do canal geral, pode-se adotar um valor de K igual a 5. Desta forma, tem-se que:

Coeficiente de perda de carga adotado:	5	
Perda de carga calculada para vazão nominal:	$\Delta H =$	0,060 m
Perda de carga calculada para vazão máxima:	$\Delta H =$	0,064 m
Perda de carga calculada para vazão nominal:	$\Delta H =$	5,98 cm
Perda de carga calculada para vazão máxima:	$\Delta H =$	6,44 cm

5. Cálculo do nível d'água no canal de água filtrada das ETAs 1 e 2 em seu ponto extremo

Os canais individual de coleta de água filtrada de cada ETA apresentam comprimentos de 61,0 metros cada. Desta forma, devem ser calculadas as suas perdas de carga distribuídas.

$$h_d = \frac{(V.n)^2 L_c}{R_h^{4/3}}$$

Nível d'água de jusante no canal de água filtrada (vazão nominal): 1,728 m
Nível d'água de jusante no canal de água filtrada (vazão máxima): 1,755 m

Largura do canal individual de água filtrada:	B=	2,00 m
Coefficiente de Manning adotado:	n=	0,013
Comprimento dos trechos retos:	L=	61,0 m
Raio Hidráulico (vazão nominal):	Rh=	0,633 m
Área da secção de escoamento (vazão nominal):	A=	3,456 m ²
Raio Hidráulico (vazão máxima):	Rh=	0,637 m
Área da secção de escoamento (vazão máxima):	A=	3,509 m ³

Perda de carga unitária para vazão nominal:	j=	2,857E-04	m/m
Perdas de carga distribuídas para vazão nominal:	ΔH =	0,01743	m

Perda de carga unitária para vazão máxima:	j=	3,028E-04	m/m
Perdas de carga distribuídas para vazão máxima:	ΔH =	0,01847	m

Desta forma, efetuando-se a soma das perdas de cargas localizadas e distribuídas no canal de coleta de água filtrada de ambas as ETAs 1 e 2, tem-se os seguintes níveis d'água esperados

Nível d'água no canal de água filtrada para vazão nominal:	1,746 m
Nível d'água no canal de água filtrada para vazão máxima:	1,773 m

Cota do nível d'água para vazão nominal:	16,686 m
Cota do nível d'água para vazão máxima:	16,713 m

6. Níveis d'água no sistema de filtração

Premissas de Cálculo

Área do filtro:	144	m ²
Carga hidráulica disponível:	2,00	m
Cota do vertedor de saída de água filtrada:	16,940	m
Cota da borda da calha de coleta de água de lavagem	17,900	m

O dimensionamento do sistema de filtração com taxa declinante apresenta alguns valores de perda de carga relevantes e que definem os seus níveis d'água

Para as vazões afluentes iguais a 6,4 m³/s e 6,7 m³/s, as taxas de filtração médias deverão ser iguais a 240 m³/m²/dia e 251 m³/m²/dia

Perda de carga no meio filtrante limpo trabalhando com uma taxa de filtração igual a 251 m³/m².dia

$$\Delta H = 0,434 \text{ m}$$

Desnível entre lavagens de unidades de filtração (N2-N1):	(N2-N1)=	0,32 m
Desnível durante a lavagem do filtro mais sujo (N3-N2):	(N3-N2)=	0,03 m

Deste modo, tem-se que os nível d'água no sistema de filtração deverão ser iguais a:

Nível d'água para todos os filtros limpos	N.A.=	17,374 m
Nível d'água para os filtros após a lavagem do filtro mais sujo da bateria	N.A.=	18,620 m
Nível d'água para os filtros antes da lavagem do filtro mais sujo da bateria	N.A.=	18,940 m
Nível d'água para os filtros durante a lavagem do filtro mais sujo da bateria	N.A.=	18,970 m

De acordo com os cálculos efetuados são esperadas seguintes taxas de filtração para os filtros para a condição de vazão máxima

Operação Normal	
Filtro	Taxas de Filtração (m ³ /m ² /dia)
F1	597,04
F2	531,2
F3	468,1
F4	408,66
F5	353,7
F6	303,81
F7	259,3
F8	220,17
F9	186,2
F10	157,01
F11	132,12
F12	111
F13	93,16
F14	78,13
F15	65,5
F16	54,89

Durante Lavagem	
Filtro	Taxas de Filtração (m ³ /m ² /dia)
F1	603,6
F2	537,56
F3	473,97
F4	414,12
F5	358,75
F6	308,37
F7	263,29
F8	223,64
F9	189,25
F10	159,57
F11	134,3
F12	112,84
F13	94,72
F14	79,44
F15	66,61
F16	Em lavagem

7. Cota do nível d'água no vertedor de saída de água filtrada

Largura do vertedor:	5,8 m
Área de filtração:	144 m ²
Taxa de filtração máxima do filtro:	603,6 m ³ /m ² /dia
Vazão máxima do filtro:	1,006 m ³ /s

$$H_{vert.} = \left(\frac{Q_v}{1,838.L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Carga hidráulica máxima sobre o vertedor: $\Delta H = 0,207$ m

Cota do nível d'água no vertedor de água filtrada para vazão máxima $\Delta H = 17,147$ m

8. Determinação da cota do nível d'água no canal geral de água decantada

A cota do nível d'água máximo no canal de água decantada deverá ser ditada pelas unidades de filtração. Do ponto de vista hidráulico, ele deverá ser tratado como um conjunto de três trechos em série

Cota do nível d'água máximo no sistema de filtração (Vazão máxima): 18,970 m
Cota do fundo do canal geral de água filtrada: 17,550 m

Lâmina d'água no canal geral de água decantada (vazão máxima): 1,420 m

8.1 Canal de água decantada - Trecho 1

Vazão do canal no trecho 1: $Q = 1,675$ m³/s
Velocidade no trecho 1: $v = 0,590$ m/s

Determinação das perdas de cargas distribuídas

$$h_d = \frac{(V.n)^2 L_c}{R_h^{\frac{4}{3}}}$$

Largura do canal individual de água filtrada: $B = 2,00$ m
Coeficiente de Manning adotado: $n = 0,013$
Comprimento dos trechos retos: $L = 57,0$ m
Raio Hidráulico (vazão máxima): $R_h = 0,587$ m
Área da secção de escoamento (vazão máxima): $A = 2,840$ m²

Perda de carga unitária para vazão máxima: $j = 1,197E-04$ m/m
Perdas de carga distribuídas para vazão máxima: $\Delta H = 0,00682$ m
Perdas de carga distribuídas para vazão máxima: $\Delta H = 0,68211$ cm

Determinação das perdas de cargas localizadas

A perda de carga mais significativa no trecho 1 é uma curva 90 cujo valor de K pode ser adotado como sendo igual a 1,67

$$\Delta H = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Coeficiente de perda de carga adotado: 1,67

Perda de carga calculada para vazão máxima: $\Delta H = 0,030$ m
 Perda de carga calculada para vazão máxima: $\Delta H = 2,961$ cm

8.2 Canal de água decantada - Trecho 2

Vazão do canal no trecho 2: $Q = 3,35$ m³/s
 Velocidade no trecho 2: $v = 0,737$ m/s

Determinação das perdas de cargas distribuídas

$$h_d = \frac{(V \cdot n)^2 L_c}{R_h^{4/3}}$$

Largura do canal individual de água filtrada: $B = 3,20$ m
 Coeficiente de Manning adotado: $n = 0,013$
 Comprimento dos trechos retos: $L = 32,0$ m
 Raio Hidráulico (vazão máxima): $R_h = 0,752$ m
 Área da secção de escoamento (vazão máxima): $A = 4,544$ m²

Perda de carga unitária para vazão máxima: $j = 1,342E-04$ m/m
 Perdas de carga distribuídas para vazão máxima: $\Delta H = 0,00430$ m
 Perdas de carga distribuídas para vazão máxima: $\Delta H = 0,42958$ cm

Determinação das perdas de cargas localizadas

A perda de carga mais significativa no trecho 2 é uma bifurcação cujo valor de K pode ser adotado como sendo igual a 1,65

$$\Delta H = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Coeficiente de perda de carga adotado: 1,65

Perda de carga calculada para vazão máxima: $\Delta H = 0,046$ m
 Perda de carga calculada para vazão máxima: $\Delta H = 4,571$ cm

8.3 Canal de água decantada - Trecho 3

Vazão do canal no trecho 3:	Q=	1,675 m ³ /s
Velocidade no trecho 3:	v=	0,369 m/s

Determinação das perdas de cargas distribuídas

$$h_d = \frac{(V \cdot n)^2 L_c}{R_h^{4/3}}$$

Largura do canal individual de água filtrada:	B=	3,20 m
Coefficiente de Manning adotado:	n=	0,013
Comprimento dos trechos retos:	L=	18,1 m
Raio Hidráulico (vazão máxima):	R _h =	0,752 m
Área da secção de escoamento (vazão máxima):	A=	4,544 m ²

Perda de carga unitária para vazão máxima:	j=	3,356E-05	m/m
Perdas de carga distribuídas para vazão máxima:	ΔH=	0,00061	m
Perdas de carga distribuídas para vazão máxima:	ΔH=	0,06075	cm

Determinação das perdas de cargas localizadas

A perda de carga mais significativa no trecho 3 é a existência de um trecho afogado, podendo-se admitir uma entrada e saída de canal

$$\Delta H = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Entrada de tubulação:	K=	0,5
Saída de tubulação:	K=	1,0
Total:		1,5

Coefficiente de perda de carga adotado: 1,5

Perda de carga calculada para vazão máxima:	ΔH=	0,010 m
Perda de carga calculada para vazão máxima:	ΔH=	1,039 cm

8.4 Determinação do nível d'água máximo no canal de água decantada

Somatória das perdas de carga distribuídas:	ΔH=	0,0117 m
Somatória das perdas de carga distribuídas:	ΔH=	1,172 cm

Somatória das perdas de carga localizadas:	ΔH=	0,0857 m
Somatória das perdas de carga localizadas:	ΔH=	8,571 cm

Perdas de carga total:	$\Delta H =$	0,0974 m
Perdas de carga total:	$\Delta H =$	9,743 cm
Nível d'água no canal de água decantada para vazão máxima:		1,517 m
Cota do nível d'água para vazão máxima:		19,067 m

9. Verificação do nível d'água no canal lateral de coleta de água decantada

Cada conjunto de três decantadores possui um canal lateral de coleta de água decantada que permite o seu envio ao canal geral de água decantada

Dados relevantes para o cálculo

Vazão da ETA Bolonha:	6700 L/s
Vazão da ETA Bolonha:	6,70 m ³ /s
Número de canais laterais de coleta de água decantada:	4
Largura do canal lateral:	1,6 m
Cota do fundo do canal lateral de água decantada:	18,840 m

O nível máximo no canal lateral pode ser calculado por intermédio da seguinte expressão

$$h_0 = \sqrt{h_1^2 + \frac{2 \cdot Q^2}{g \cdot b^2 \cdot h_1}}$$

Vazão (L/s):		1675
Largura da calha de coleta (m):		1,6
Vazão unitária (L/s.m):		1046,875
Aceleração da gravidade (m/s ²):		9,81
Submergência do nível d'água (m):		0,227
Profundidade crítica (m):		0,482
Profundidade adotada para cálculo (m):		0,482
Altura máxima do nível d'água (m):	$\Delta H =$	0,834 m
Cota do nível d'água máximo no canal lateral de água decantada:		19,674 m

10. Verificação do nível d'água nas calhas de coleta de água decantada

A ETA Bolonha possui um total de 12 decantadores e cada decantador possui um total de 9 calhas de coleta de água decantada. O cálculo será efetuado admitindo-se 11 decantadores em operação e 1 unidade em manutenção

Dados relevantes para o cálculo

Vazão da ETA Bolonha:	6700,000 L/s
Vazão da ETA Bolonha:	6,70 m ³ /s
Número de decantadores em operação:	11
Número de calhas por decantador:	9
Largura da calha de coleta de água decantada:	0,4 m
Cota do fundo da calha de coleta de água decantada:	19,800 m

O nível máximo na calha pode ser calculado por intermédio da seguinte expressão

$$h_0 = \sqrt{h_1^2 + \frac{2 \cdot Q^2}{g \cdot b^2 \cdot h_1}}$$

Vazão (L/s):	74,44
Largura da calha de coleta (m):	0,4
Vazão unitária (L/s.m):	186,11111
Aceleração da gravidade (m/s ²):	9,81
Submergência do nível d'água (m):	0
Profundidade crítica (m):	0,152
Profundidade adotada para cálculo (m):	0,152
Altura máxima do nível d'água (m):	$\Delta H =$ 0,264 m
Cota do nível d'água máximo na calha de coleta de água decantada:	20,064 m

11. Verificação do nível d'água nos decantadores

Os decantadores possuem o seu nível d'água definido pelos vertedores de coleta de água decantada.

Características dos vertedores e calhas de coleta de água decantada

Número de decantadores:	12
Número de calhas de coleta de água decantada por decantador:	9,0
Comprimento individual de cada calha:	25 m
Largura da calha:	0,4 m
Altura útil da calha	0,4 m

Características dos vertedores triangulares

Largura total:	15 cm
Largura unitária:	12 cm

Vazão por calha de coleta de água de lavagem

Vazão individual para vazão nominal:	0,06 m ³ /s	59,26 L/s
Vazão individual para vazão máxima:	0,06 m ³ /s	62,04 L/s

Vazão individual para vazão nominal com uma unidade fora de operação:	0,07 m ³ /s	71,11 L/s
Vazão individual para vazão máxima com uma unidade fora de operação:	0,07 m ³ /s	74,44 L/s

Comprimento linear das calhas de coleta de água decantada:	450 m
--	-------

Número de vertedores triangulares por decantador:	3000
---	------

Vazão por vertedor triangular para vazão nominal:	0,178 L/s
Vazão por vertedor triangular para vazão máxima:	0,186 L/s
Vazão por vertedor triangular para vazão nominal menos um decantador em operação:	0,213 L/s
Vazão por vertedor triangular para vazão máxima menos um decantador em operação:	0,223 L/s

Cálculo da lâmina líquida nos vertedores triangulares

Altura da lâmina líquida para vazão nominal:	$\Delta H =$	2,72 cm
Altura da lâmina líquida para vazão máxima:	$\Delta H =$	2,77 cm
Altura da lâmina líquida para vazão nominal e um decantador fora de operação:	$\Delta H =$	2,92 cm
Altura da lâmina líquida para vazão máxima e um decantador fora de operação:	$\Delta H =$	2,98 cm

$$h = \left(\frac{Q}{1,46} \right)^{2/5}$$

Uma vez que os vertedores triangulares possuem largura individual igual a 12 cm e altura igual a 6 cm tem-se que os mesmos são adequados uma vez que a lâmina líquida para vazão máxima resulta inferior.

A cota referenciada da crista dos vertedores triangulares dos decantadores da ETA Bolonha é igual a 20,200 m. Deste modo, considerando a nova elevação em função do aumento de vazão, tem-se que:

Cota da crista dos vertedores triangulares na ETA Bolonha: 20,200 m

Cota do nível d'água nos decantadores da ETA Bolonha para vazão nominal: 20,227 m

Cota do nível d'água nos decantadores da ETA Bolonha para vazão máxima: 20,228 m

Cota do nível d'água nos decantadores da ETA Bolonha para vazão nominal e um decantador fora de operação: 20,229 m

Cota do nível d'água nos decantadores da ETA Bolonha para vazão máxima e um decantador fora de operação: 20,230 m

12. Verificação do nível d'água no canal geral de água decantada

A entrada da água floculada em cada unidade de sedimentação é efetuada por duas comportas submersas de secção quadrada com dimensão igual a 1.200 mm

Dimensões da comporta de entrada de água floculada

Número de comportas:	2	unidades
Largura:	1,2	m
Altura:	1,2	m
Área unitária da comporta:	1,44	m ²
Área total das comporta:	2,88	m ²
Coeficiente de descarga:	0,6	

Número total de decantadores: 12 unidades

Número de decantadores em operação (1 unidade em manutenção): 11 unidaes

Cálculo do nível d'água considerando 12 unidades em operação

Vazão nominal afluyente a cada decantador laminar: 0,533 m³/s
Vazão máxima afluyente a cada decantador laminar: 0,582 m³/s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	ΔH=	4,86E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	ΔH=	5,78E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	ΔH=	0,49	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	ΔH=	0,58	cm

Cálculo do nível d'água considerando 11 unidades em operação

Vazão nominal afluyente a cada decantador laminar: 0,640 m³/s
Vazão máxima afluyente a cada decantador laminar: 0,670 m³/s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	ΔH=	6,99E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	ΔH=	7,66E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	ΔH=	0,70	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	ΔH=	0,77	cm

Cota do nível d'água no canal de água decantada da ETA Bolonha para vazão nominal:	20,232 m
Cota do nível d'água no canal de água decantada da ETA Bolonha para vazão máxima:	20,233 m
Cota do nível d'água no canal de água decantada para vazão nominal e um decantador fora de operação:	20,236 m
Cota do nível d'água no canal de água decantada para vazão máxima e um decantador fora de operação:	20,237 m

13. Verificação do nível d'água no sistema de floculação

13.1 Determinação no nível d'água na terceira câmara de floculação

A passagem da água floculada a partir da terceira câmara de floculação para o canal geral de água floculada é efetuada por meio de duas comportas de superfície com largura unitária igual a 1.200 mm

Dimensões da comporta de saída de água floculada

Número de comportas:	2	unidades
Largura:	1,2	m
Altura:	1,2	m
Área unitária da comporta:	1,44	m ²
Área total das comportas:	2,88	m ²
Coefficiente de descarga:	0,6	

Número total de floculadores:	12 unidades
Número de floculadores em operação (1 unidade em manutenção):	11 unidaes

Cálculo do nível d'água considerando 12 unidades de floculação em operação

Vazão nominal afluyente a cada unidade de floculação:	0,533 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada unidade de floculação:	0,558 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	4,86E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	5,32E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	0,49	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	0,53	cm

Cálculo do nível d'água considerando 11 unidades de floculação em operação

Vazão nominal afluyente a cada unidade de floculação:	0,640 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada unidade de floculação:	0,670 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	6,99E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	7,66E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	0,70	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	0,77	cm

Cota do nível d'água na terceira câmara de floculação para vazão nominal:	20,237 m
Cota do nível d'água na terceira câmara de floculação para vazão máxima:	20,239 m
Cota do nível d'água na terceira câmara de floculação para vazão nominal e um floculador fora de operação:	20,243 m
Cota do nível d'água na terceira câmara de floculação para vazão máxima e um floculador fora de operação:	20,245 m

13.2 Determinação no nível d'água na segunda câmara de floculação

A passagem da água floculada a partir da segunda para a terceira câmara de floculação é efetuada por meio de passagem submersa

Dimensões da passagem da água floculada

Número de passagens:	1	unidades
Largura:	1,5	m
Altura:	1,5	m
Área unitária da comporta:	2,25	m ²
Área total das comporta:	2,25	m ²
Coefficiente de descarga:	0,6	

Número total de floculadores:	12 unidades
Número de floculadores em operação (1 unidade em manutenção):	11 unidaes

Cálculo do nível d'água considerando 12 unidades de floculação em operação

Vazão nominal afluyente a cada unidade de floculação:	0,533 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada unidade de floculação:	0,558 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	7,95E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	8,72E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	0,80	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	0,87	cm

Cálculo do nível d'água considerando 11 unidades de floculação em operação

Vazão nominal afluyente a cada unidade de floculação:	0,640 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada unidade de floculação:	0,670 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	1,15E-02	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	1,26E-02	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	1,15	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	1,26	cm

Cota do nível d'água na segunda câmara de flocculação para vazão nominal:	20,245 m
Cota do nível d'água na segunda câmara de flocculação para vazão máxima:	20,247 m
Cota do nível d'água na segunda câmara de flocculação para vazão nominal e um flocculador fora de operação:	20,255 m
Cota do nível d'água na segunda câmara de flocculação para vazão máxima e um flocculador fora de operação:	20,258 m

13.3 Determinação no nível d'água na primeira câmara de flocculação

A passagem da água flocculada a partir da primeira para a segunda câmara de flocculação é efetuada por meio de passagem submersa

Dimensões da passagem da água flocculada

Número de passagens:	1	unidades
Largura:	1,5	m
Altura:	1,5	m
Área unitária da comporta:	2,25	m ²
Área total das comportas:	2,25	m ²
Coefficiente de descarga:	0,6	

Número total de flocculadores:	12 unidades
Número de flocculadores em operação (1 unidade em manutenção):	11 unidades

Cálculo do nível d'água considerando 12 unidades de flocculação em operação

Vazão nominal afluyente a cada unidade de flocculação:	0,533 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada unidade de flocculação:	0,558 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	7,95E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	8,72E-03	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	0,80	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	0,87	cm

Cálculo do nível d'água considerando 11 unidades de floculação em operação

Vazão nominal afluyente a cada unidade de floculação:	0,640 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada unidade de floculação:	0,670 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	1,15E-02	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	1,26E-02	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	1,15	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	1,26	cm

Cota do nível d'água na primeira câmara de floculação para vazão nominal: 20,253 m

Cota do nível d'água na primeira câmara de floculação para vazão máxima: 20,256 m

Cota do nível d'água na primeira câmara de floculação para vazão nominal e um floculador fora de operação: 20,266 m

Cota do nível d'água na primeira câmara de floculação para vazão máxima e um floculador fora de operação: 20,270 m

14. Verificação do nível d'água no canal de água coagulada a montante das unidades de floculação

A entrada de água coagulada em cada unidade de floculação é efetuada por meio de uma comporta submersa com dimensão igual a 1.200 mm

Dimensões da comporta de entrada de água coagulada na unidade de floculação

Número de comportas:	1	unidades
Largura:	1,2	m
Altura:	1,2	m
Área unitária da comporta:	1,44	m ²
Área total das comportas:	1,44	m ²
Coefficiente de descarga:	0,6	

Número total de floculadores:	12 unidades
Número de floculadores em operação (1 unidade em manutenção):	11 unidades

Cálculo do nível d'água considerando 12 unidades de floculação em operação

Vazão nominal afluyente a cada unidade de floculação:	0,533 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada unidade de floculação:	0,558 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	1,94E-02	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	2,13E-02	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	1,94	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	2,13	cm

Cálculo do nível d'água considerando 11 unidades de floculação em operação

Vazão nominal afluyente a cada unidade de floculação:	0,640 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada unidade de floculação:	0,670 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	2,80E-02	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	3,06E-02	m
Perda de carga na comporta para vazão nominal:	$\Delta H =$	2,80	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	$\Delta H =$	3,06	cm

Cota do nível d'água no canal de água coagulada a montante dos flocladores para vazão nominal:	20,272 m
Cota do nível d'água no canal de água coagulada a montante dos flocladores para vazão máxima:	20,277 m
Cota do nível d'água no canal de água coagulada para vazão nominal e um floclador fora de operação:	20,294 m
Cota do nível d'água no canal de água coagulada para vazão máxima e um floclador fora de operação:	20,301 m

15. Verificação do nível d'água no canal de água coagulada a jusante da Calha Parshall

Cada ETA possui um canal de água coagulada possibilitando o seu envio para as respectivas unidades de floclação

Largura do canal de água coagulada:	3,5 m
Cota do fundo do canal geral de água coagulada:	17,530 m
Lâmina d'água no canal de água coagulada (vazão nominal):	2,764 m
Lâmina d'água no canal geral de água coagulada (vazão máxima):	2,771 m

Velocidade no canal de água coagulada (vazão nominal):	0,331 m/s
Velocidade no canal geral de água coagulada (vazão máxima):	0,345 m/s

$$\Delta H = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Com base na geometria dos canais individuais de água coagulada, a perda de carga localizada mais relevante é uma curva 90o com um valor de K igual a 1,67. Desta forma, tem-se que:

Coeficiente de perda de carga adotado:	2		
Perda de carga calculada para vazão nominal:	$\Delta H =$	0,011	m
Perda de carga calculada para vazão máxima:	$\Delta H =$	0,012	m
Perda de carga calculada para vazão nominal:	$\Delta H =$	1,12	cm
Perda de carga calculada para vazão máxima:	$\Delta H =$	1,22	cm

Os canais individual de água coagulada de cada ETA apresentam comprimentos de 103 metros cada. Desta forma, devem ser calculadas as suas perdas de carga distribuídas.

$$h_d = \frac{(V \cdot n)^2 L_c}{R_h^{4/3}}$$

Nível d'água de jusante no canal de água coagulada (vazão nominal):	2,764	m
Nível d'água de jusante no canal de água coagulada (vazão máxima):	2,771	m

Largura do canal individual de água coagulada:	B =	3,50	m
Coeficiente de Manning adotado:	n =	0,013	
Comprimento dos trechos retos:	L =	103,0	m
Raio Hidráulico (vazão nominal):	R _h =	1,072	m
Área da secção de escoamento (vazão nominal):	A =	9,674	m ²
Raio Hidráulico (vazão máxima):	R _h =	1,073	m
Área da secção de escoamento (vazão máxima):	A =	9,698	m ³

Perda de carga unitária para vazão nominal:	j = 1,686E-05	m/m
Perdas de carga distribuídas para vazão nominal:	$\Delta H = 0,00174$	m

Perda de carga unitária para vazão máxima:	j = 1,837E-05	m/m
Perdas de carga distribuídas para vazão máxima:	$\Delta H = 0,00189$	m

Desta forma, efetuando-se a soma das perdas de cargas localizadas e distribuídas no canal de água coagulada de ambas as ETAs 1 e 2, tem-se os seguintes níveis d'água esperados

Nível d'água no canal de água coagulada a jusante da Calha Parshall para vazão nominal:	2,777	m
Nível d'água no canal de água coagulada a jusante da Calha Parshall para vazão máxima:	2,785	m

Cota do nível d'água para vazão nominal:	20,307 m
Cota do nível d'água para vazão máxima:	20,315 m

16. Verificação do nível d'água nas Calhas Parshall

A ETA Bolonha possui duas Calhas Parshall que possibilitam o envio da água bruta para ambas as ETAs 1 e 2. Desta forma, a vazão afluyente a cada uma delas pode ser considerada como metade da vazão afluyente.

Vazão nominal afluyente a cada Calha Parshall:	3200 L/s
Vazão máxima afluyente a cada Calha Parshall:	3350 L/s

Cada Calha Parshall apresenta uma largura de garganta igual a 183 cm. A sua equação de descarga pode ser escrita da seguinte forma:

Calha Parshall (cm):	183,00
Temperatura (C):	20,00
Equação de Descarga	
k:	0,3890
n:	0,6290

$$H = K \cdot Q^n$$

Dimensões da Calha Parshall escolhida

W (cm)=	183
A (cm)=	213,5
B (cm)=	209
C (cm)=	213,5
D (cm) =	266,7
E (cm) =	91,5
F (cm) =	61
G (cm) =	91,5
K (cm) =	7,6
N (cm) =	22,9
X (cm) =	5,1
Y (cm) =	7,6

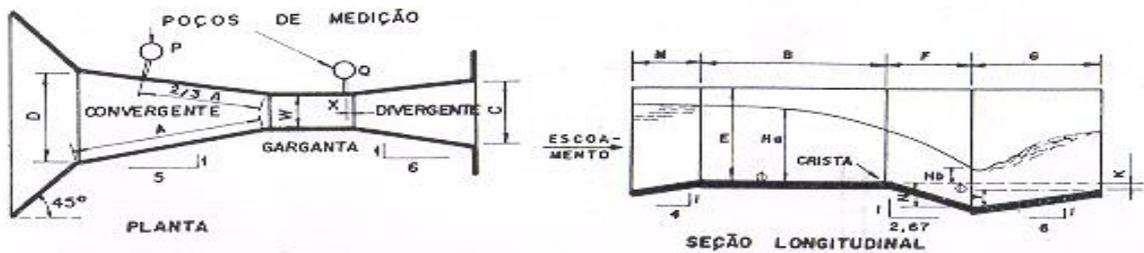


FIGURA 8.15 - VERTEDEDOR PARSHALL, E DIMENSÕES PADRONIZADAS

Os cálculos hidráulicos da Calha Parshall para as vazões nominal e máxima estão apresentadas a seguir

	3200 L/s	3.350 L/s
Largura na secção de medição (cm)=	238,80	238,80
Altura da lamina líquida na secção (m)=	0,809	0,832
Velocidade na secção (m/s)=	1,657	1,686
Energia na secção de medição (m)=	1,178	1,206
Cosseno do ângulo fictício=	-0,797	-0,805
Ângulo fictício=	142,816	143,580
Velocidade na secção 1 (m/s)=	3,742	3,769
Altura de água no início do ressalto (m)=	0,464	0,482
Cálculo do Número de Froude=	1,754	1,733
Altura conjugada do ressalto y_3 (m)=	0,942	0,965
Altura no final do trecho divergente y_2 (m)=	0,789	0,812
Velocidade no trecho divergente V_2 (m/s)=	1,900	1,933
Perda de carga no ressalto (m)=	0,096	0,096
Tempo de detenção no ressalto (s)=	0,324	0,321
Gradiente de velocidade (s-1)=	1697,039	1712,795

As cotas de implantação da Calha Parshall na ETA Bolonha são as seguintes:

Entrada da Calha Parshall no trecho convergente:	20,360 m
Garganta da Calha Parshall no início do trecho divergente:	20,130 m
Saída da Calha Parshall no final do trecho divergente:	20,270 m

Desta forma, as cotas dos níveis d'água na Calha Parshall para as vazões nominal e máxima deverão ser iguais a:

Cota do nível d'água na saída da Calha Parshall para vazão nominal:	21,059 m
Cota do nível d'água na saída da Calha Parshall para vazão máxima:	21,082 m

Cota do nível d'água na garganta da Calha Parshall para vazão nominal:	20,594 m
Cota do nível d'água na garganta da Calha Parshall para vazão máxima:	20,612 m

Cota do nível d'água na entrada da Calha Parshall para vazão nominal:	21,169 m
Cota do nível d'água na entrada da Calha Parshall para vazão máxima:	21,192 m

17. Verificação do nível d'água na estrutura de chegada de água bruta

A estrutura de chegada de água bruta em cada ETA é dotada de duas comportas submersas com secção quadrada e igual a 1.200 mm cada

Cálculo do nível d'água a montante das comportas

Vazão nominal afluyente a cada ETA:	3,200 m ³ /s
Vazão máxima afluyente a cada ETA:	3,350 m ³ /s

$$h_c = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C.S} \right)^2$$

Dimensões das comportas de entrada de água bruta em cada ETA

Número de comportas:	2	unidades
Largura:	1,2	m
Altura:	1,2	m
Área unitária da comporta:	1,44	m ²
Área total das comportas:	2,88	m ²
Coefficiente de descarga:	0,6	

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	ΔH=	1,75E-01	m
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	ΔH=	1,92E-01	m

Perda de carga na comporta para vazão nominal:	ΔH=	17,48	cm
Perda de carga na comporta para vazão máxima:	ΔH=	19,16	cm

Cota do nível d'água na estrutura de chegada de água bruta para vazão nominal:	21,343 m
Cota do nível d'água na estrutura de chegada de água bruta para vazão máxima:	21,384 m