

DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

ALESSANDRA MAGNUS LAZUTA¹; MARIANA PINETTI ANGONESE²;
VITÓRIA SOUSA FERREIRA³; BRUNO CUNHA BARTZ⁴; RUBIA FLORES
ROMANI⁵;

¹Universidade Federal de Pelotas – alessandra.lazuta@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – angonesemari@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – vitoria.sousa42@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – brunocunhabartz@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – fgrubia@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO.

O tratamento de água tem como finalidade remover as partículas suspensas e/ou coloidais, matéria orgânica, microrganismos e possíveis substâncias deletérias à saúde humana, presentes na água bruta, conciliando o menor custo de implementação, operação e manutenção, com menor impacto ambiental das áreas próximas (LIBÂNIO, 2010). De acordo com a Resolução do CONAMA 357/2005, águas doces das classes 2 e 3 devem passar por tecnologia de tratamento convencional, que consiste nas unidades de coagulação, floculação, sedimentação/flotação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação, podendo ser acrescido tratamento avançado, para a classe 3 (BRASIL, 2005).

A coagulação é um processo que ocorre na unidade de mistura rápida da estação e pode estar presente em quase todos os tipos de tecnologia de tratamento, com exceção da filtração lenta. Esse processo consiste em desestabilizar as partículas coloidais e suspensas a partir de ações físicas e reações químicas entre o coagulante, a água e as impurezas (LIBÂNIO, 2010). Alguns dos fatores que interferem na coagulação é o gradiente de velocidade e o tempo de agitação. De acordo com a NBR 12.216/92, a primeira deve ocorrer com alta turbulência e a última em poucos segundos (ABNT, 1992).

A floculação é o processo de transporte das partículas desestabilizadas para a formação dos flocos. Para que esse processo ocorra, o gradiente de velocidade é reduzido, permitindo a formação dos flocos. Assim como na coagulação, os principais fatores que interferem na floculação são o gradiente de velocidade e o tempo de detenção na unidade (LIBÂNIO, 2010; VIANNA, 1992). A NBR 12.216/92 recomenda que a velocidade da água nos canais deve estar entre 10 cm/s e 30 cm/s (ABNT, 1992).

A coagulação e a floculação têm como objetivo elevar significativamente a velocidade de sedimentação dos flocos a ser formado pela adição do coagulante. Estas unidades podem ser operadas por agitação mecânica ou hidráulica, sendo utilizados agitadores do tipo turbina ou hélice e energia hidráulica, respectivamente (LIBÂNIO, 2010; VIANNA, 1992). A NBR 12.216/92 indica para a determinação do tempo de mistura e gradientes de velocidade a realização de ensaios em laboratório, se não sendo possível a realização desses ensaios, indica também valores mínimos e máximos para cada unidade (ABNT, 1992).

O objetivo deste trabalho foi dimensionar as unidades de coagulação e floculação de uma estação de tratamento convencional de água tomando como base a vazão de uma estação de tratamento de água já existente. Este trabalho foi proposto na cadeira de “Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água” no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Pelotas.

2. METODOLOGIA

A vazão para o dimensionamento das unidades de coagulação e floculação foi baseada na vazão de projeto da ETA localizada no município de Juiz de Fora (MG) a qual opera com 600 L/s (BRAGA, 2014). A mistura hidráulica foi escolhida para ambas as unidades. A Calha Parshall foi designada para a mistura rápida e chicanas de fluxo vertical para a unidade de floculação. O roteiro de cálculo utilizado foi o proposto por Campos (2018). Para os cálculos utilizou-se o software Excel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dimensões da Calha Parshall, mostradas na figura 1, foram retiradas de Campos (2018), considerando a vazão adotada de 600 L/s. O valor da garganta (W) de 3' (91,5 cm) com as vazões entre 17,3 a 1427,2 L/s. Essa medida só foi escolhida depois de todos os cálculos resolvidos no software Excel, antes foram realizados os cálculos para as medidas de 1 ½', e 2', que apresentaram o gradiente de velocidade elevado e foram descartadas.

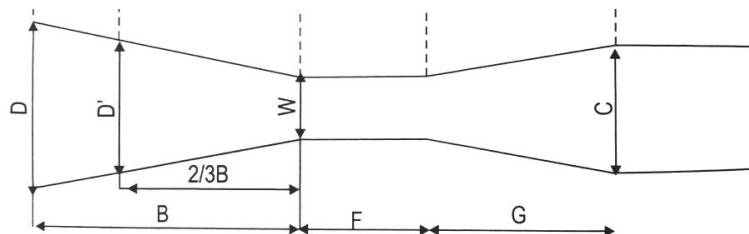


Figura 1 - Planta Calha Parshall

Fonte: LIBÂNO (2010)

O segundo passo foi consultar os valores de K e N mostrados na tabela 2, associados ao tipo de vertedor Parshall selecionado anteriormente. Essas constantes são necessárias para calcular a lâmina líquida na seção de medição de vazões.

Tabela 1 – Constantes K e N.

W		K ₁ (°)	N ₁ (°)
pol.pé	m		
3"	0,075	3,072	0,646
6"	0,150	1,842	0,633
9"	0,229	1,505	0,654
1'	0,305	1,276	0,657
1 ½'	0,460	0,966	0,650
2'	0,610	0,795	0,645
3'	0,915	0,607	0,639
4'	1,220	0,505	0,634
5'	1,525	0,436	0,630
6'	1,830	0,389	0,627
7'	2,135	0,352	0,625
8'	2,440	0,324	0,623

Fonte: PAULA (2018, apud CAMPOS, 2018)

Os resultados da unidade de coagulação são apresentados na tabela 3. De acordo com a NBR 12.216/92, algumas orientações são importantes, como o gradiente de velocidade (700 a 1100 s⁻¹), tempo de mistura (inferior a 5s), velocidade de escoamento no início do ressalto em jatos distribuídos para a dispersão do coagulante (superior a 2m/s) e número de Froude para o ressalto

hidráulico (2,5 a 4,5) (ABNT, 1992). Os parâmetros enquadraram-se no que é preconizado pela referida norma, à exceção do gradiente de velocidade e número de Froude, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 2 - Resultados da Calha Parshall na unidade de mistura rápida.

Número de Froude	2,24
Gradiente de Velocidade (s^{-1})	1627,14
Tempo de mistura (s)	0,42
Velocidade de escoamento no início do ressalto (m/s)	3,18

Fonte: autor.

Na unidade de floculação foram adotadas quatro flocladores, com três câmaras flocladoras cada um, escalonados em série, com gradientes de 80 a $10 s^{-1}$. De acordo com a NBR 12.216/92, o espaçamento mínimo (e) entre as chicanas deve ser no mínimo de 60 cm, salvo exceções, as quais empregam dispositivos de fácil remoção, podem apresentar espaçamento menor (ABNT, 1992). Na primeira e segunda câmara foram usados dispositivos de concreto e madeira com o coeficiente de rugosidade de $\eta=0,012$, sendo a madeira de fácil remoção para limpeza. Para a terceira seção usou-se apenas concreto com o coeficiente de rugosidade de $\eta=0,013$.

Para obtenção da faixa de gradiente de velocidade no máximo de $70 s^{-1}$ e no mínimo de $10 s^{-1}$, como indicado na NBR 12.216/92, obteve valores próximos dos indicados como mostra na tabela 4 (ABNT, 1992). As dimensões do floclador são apresentadas na figura 2.

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros relevantes da unidade flocladora.

Tempo de detenção (min)		30
Número da câmara	Gradiente de velocidade, s^{-1}	Espaçamento entre as chicanas, cm (e)
1	78,09	26
2	43,58	37
3	10,57	94

Fonte: autor.

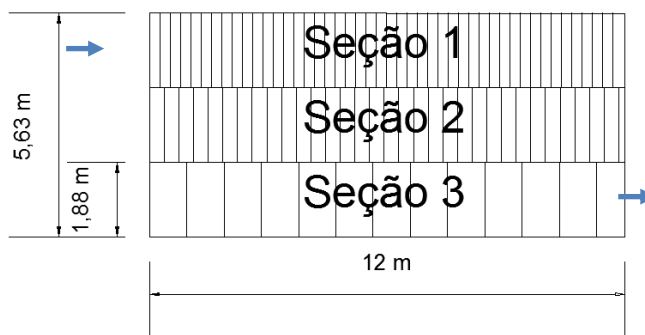


Figura 2 - Planta com medidas da unidade de floculação.

Fonte: Autor.

4. CONCLUSÕES

Em suma, os resultados foram satisfatórios, sendo bem próximos às bibliografias consultadas. Levando em conta os critérios para avaliar um dimensionamento eficiente de uma estação de tratamento devem ser comparadas com as normas existentes para o tipo específico de tecnologia e dispositivo. Este trabalho foi de extrema contribuição para formação profissional, incluída dentro da cadeira de “Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água”. O contato da teoria com a prática prevê uma visão maior da realidade onde futuramente estaremos inseridos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216**: projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

BRAGA, F. P. **Avaliação de Desempenho de uma Estação de Tratamento de Água do Município de Juiz de Fora – MG**. 2014. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Faculdade Federal de Juiz de Fora.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU nº 0,53, de 18/03/2005. 2005. pg. 58-63.

CAMPOS, V.H.A. **Concepção e Dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Água de Ciclo Completo para Abastecimento do Distrito de Miraporanga, em Uberlândia/MG**. 2018. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010.

VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992. p. 344.