

I-117 - COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA POR MEIO DE FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO (FAD) E SEDIMENTAÇÃO

Gislayne Alves Oliveira⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Mestranda em Engenharia Ambiental, área de concentração em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Keila Fernanda Soares Hedlund⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestranda do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela UFSM.

Elvis Carissimi⁽³⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Passo Fundo. Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS e na University of Utah (Estados Unidos). Professor Adjunto Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSM. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSM.

Geraldo Rampelotto⁽⁴⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia Civil, área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Doutorando em Engenharia Civil na UFSM.

Endereço⁽¹⁾: Av. Roraima, 1000 – Camobi – Santa Maria - RS - CEP: 97 105 - 900 - Brasil - Tel: (55) 96318290 - e-mail: gislaynealvesoliveira@gmail.com

RESUMO

Tendo em vista a degradação dos recursos hídricos e a necessidade em aprimorar as técnicas de tratamento de água, para cumprir as legislações referente aos padrões de potabilidade, o presente trabalho busca avaliar e comparar a eficiência dos processos de flotação por ar dissolvido e sedimentação, sendo analisado os seguintes parâmetros: temperatura, pH, cor aparente e turbidez. O estudo foi desenvolvido em escala de bancada com amostras de água provenientes da Sanga Lagoão do Ouro, que atravessa a Universidade Federal de Santa Maria. Para os ensaios de sedimentação e flotação adotou-se a mesma programação nos processos de coagulação e floculação. Os ensaios preliminares quantificaram a melhor dosagem de alcalinizante (hidróxido de sódio - NaOH) e coagulante (sulfato de alumínio - $Al_2(SO_4)_3$), sendo estas de $0,028g.L^{-1}$ e $0,08g.L^{-1}$, respectivamente. Com relação ao pH, este apresentou uma variação entre 6,1 a 8,4 em todos os testes realizados. A remoção média da cor na flotação por ar dissolvido foi de 72,8% e na sedimentação 49,6%, representando uma eficiência de 23,2% superior para a flotação, e na remoção da turbidez a flotação apresentou 79,4% e a sedimentação 52,1% sendo a flotação mais eficiente 27,3%, demonstrando que a flotação por ar dissolvido é uma alternativa no tratamento de água para a adequação de parâmetros físicos.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos Hídricos, Tratamento, Eficiência.

INTRODUÇÃO

O aumento da degradação dos mananciais, implica na busca de novas tecnologias e aprimoramento das Estações de Tratamento de Água (ETA) para cumprir os padrões de potabilidade para consumo humano estabelecidos pela legislação.

A maioria das ETAs no Brasil utilizam as etapas de tratamentos de água convencionais, o qual segue com coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. Porém algumas ETAs já utilizam o processo de flotação por ar dissolvido (FAD) utilizado para clarificação de água bruta em substituição ao processo de sedimentação. Esse processo surgiu a partir da necessidade em solucionar problemas das unidades de sedimentação, pois, certas partículas, devido à baixa densidade, apresentam pequena velocidade de sedimentação (ou, às vezes, tendência à flutuação) após coagulação e floculação, onde muitas vezes parte dos flocos formados nestes casos não sedimenta nos decantadores, sobrecarregando as unidades de filtração subsequentes (CENTURIONE FILHO; DI BERNARDO, 2000).

A sedimentação é destinada para a separação de partículas presentes na água pela ação da gravidade. E a FAD é baseada na separação de partículas (sólidas e líquidas) de uma fase líquida através da adesão de bolhas de gás, geralmente o ar, que aderindo à superfície das partículas, provocam a ascensão, onde são retiradas após atingirem uma determinada concentração.

No tratamento de águas para abastecimento, a FAD vem sendo utilizada, nos casos em que os mananciais de captação são ricos em nutrientes orgânicos ou possuem concentrações elevadas de algas cianofíceas (cianobactérias), e, ainda, para as águas com baixa turbidez, baixa alcalinidade e cor elevada (APHA, 1998). Diante da importância do tratamento da água para o abastecimento da população, o presente artigo busca avaliar e comparar a eficiência dos processos de flotação por ar dissolvido e sedimentação, analisando os seguintes parâmetros: temperatura, pH, cor aparente e turbidez.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em escala de bancada no Laboratório de Engenharia e Meio Ambiente (LEMA) e no Setor de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As amostras de água utilizadas nos ensaios são provenientes da Sanga Lagoão do Ouro, que atravessa a Universidade e recebe contribuição de efluentes domésticos da cidade, localizado nas coordenadas 29°42'38.51"S e 53°42'05.10"O. De acordo com Brunet *et al.* (2011), a nascente da Sanga Lagoão do Ouro localiza-se no Residencial Novo Horizonte, percorrendo o Núcleo Habitacional Fernando Ferrari, Vila Santos Dumont, Vila Santa Tereza, Vila Assunção e o Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com um total de 11,5 km de extensão.

PARÂMETROS ANALISADOS

Os parâmetros analisados na realização do experimento foram temperatura, pH, cor aparente e turbidez. As análises seguiram a metodologia descritas por *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA *et al.*, 2005). Para os ensaios foram utilizados os seguintes equipamento: teste de jarros (PoliControl, modelo FloccControl III – 10 a 600 rpm); flutador de bancada (JBF Aquaflo, modelo SAT-30BP); turbidímetro (PoliControl, modelo AP 2000P); Colorímetro (QUIMIS modelo Q406); compressor de ar (PEAH, 2.0 Hp); Peagâmetro digital (inoLab, modelo MultiLevel 3).

COLETA E PROCEDIMENTOS DE ENSAIO

Para a realização do processo de tratabilidade da água do manancial foram realizadas duas coletas em dias consecutivos, logo após a coleta foram realizados os ensaios. A água coletada foi armazenada em um galão de 150 litros, sendo homogeneizada constantemente por agitação manual.

O primeiro procedimento foi para determinar as condições ideais de coagulação e floculação no teste de jarros (Jar-test), analisando a melhor dosagem de coagulante (sulfato de alumínio - $Al_2(SO_4)_3$) e alcalinizante (hidróxido de sódio - NaOH), seguindo a programação descrita no quadro 1.

Programação no teste de jarros	Tempos e ações
R0 = 93 rpm (100 s^{-1})	0'00'' – ativa o cronômetro e adicionar o alcalinizante (Hidróxido de sódio- NaOH) nos seis jarros.
T0 = 20s	
R1 = 436 rpm (1000 s^{-1}) T1=20s R2= 436 rpm(1000 s^{-1})	0'30'' – início da mistura rápida; adicionar coagulante (sulfato de alumínio – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) nos seis jarros. 0'40'' – fim da mistura rápida.
T2=1s R2 = 51 rpm (40 s^{-1}) T2 = 720 s ($720 \text{ s}/12'00''$)	0'40'' – início da floculação. 12' 41'' – fim da floculação e início da flutuação, desligado o aparelho.
R = 0; equipamento desligado; Sedimentação Coleta da água	15'38'' – descarte (3 a 5 s) 15'42'' a 15'44'' – coleta de amostras da água 19'44'' – descarte (3 a 5 s) 19'47'' – 19' 49'' – coleta de amostras de água decantada

Quadro 1 – Programação no teste de jarros com controle automático, tempos no cronômetro e respectivas ações.

Para análise de sedimentação e flotação foi utilizada a mesma programação descrita no quadro 1, mudando apenas os tempos de coleta, descritos no quadro 2. A sedimentação ocorreu no Jar-Test e a flotação transferida logo após termino da floculação para o flotador de bancada.

Tratamentos	Tempo de coleta	Descartes (3 a 5 s)
Sedimentação	3'	2'57" a 3'02"
	7'	6'57" a 7'02"
	10'	9'57" a 10'02"
Flotação por ar dissolvido	1'10"	1'07" a 1'12"
	2'20"	2'17" a 2'22"
	4'40"	4'37" a 3'42"

Quadro 2 – Descrição dos tempos de coleta e descarte para cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 mostra a caracterização da água bruta da Sanga Lagoão do Ouro, localizado nas coordenadas 29°42'38.51"S e 53°42'05.10"O.

Tabela 1. Resultados da água bruta.

Parâmetro	1º dia	2º dia
Temperatura (°C)	23 °C	22 °C
pH	7,55	7,4
Cor (uC)	283,4 uC	235,8 uC
Turbidez (NTU)	26,2 NTU	23,5 NTU

ENSAIOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

Os primeiros ensaios no Jar-Test foram para quantificar a melhor dosagem de alcalinizante (NaOH) e coagulante ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) com concentração de 40g.L^{-1} , realizados com água bruta do primeiro e segundo dia de coleta. A melhor dosagem de NaOH para a água da Sanga foi de $0,028\text{g.L}^{-1}$, sendo testado outras concentrações que não apresentaram resultados satisfatórios. Para a dosagem de sulfato de alumínio o melhor valor encontrado foi de $0,08\text{g.L}^{-1}$, sendo testados valores de 0,03 a $0,28\text{g.L}^{-1}$, os resultados são apresentados na Tabela 2. O pH teve uma variação de 6,1 a 8,4 em todos os testes, para a coleta de coagulação e da floculação os tempos determinados para foram de 3min e 7min. Quando a dosagem de sulfato de alumínio é reduzida ocorria um aumento na turbidez e na cor, o que não é observado em concentrações mais elevadas.

Tabela 2. Valores de ensaio de coagulação e floculação.

Sulfato (g.L^{-1})	Cor (uC) - 3min	Cor (uC) - 7min	Turb. (NTU) - 3min	Turb. (NTU) - 7min
0,03	-	251,3	25,7	26,4
0,04	-	291,2	27,6	25,7
0,05	-	238,8	25,1	25,7
0,06	-	224,3	22,8	20,4
0,07	237,1	124,5	22,2	15,2
0,08	169,0	61,1	10,5	6,88
0,09	210	109,6	25,9	11,6
0,1	212,5	68,2	22,2	9,13
0,11	225,4	114,2	21,6	11
0,12	228,3	112,6	23,5	10,1
0,16	349,8	120,1	27,3	16,4
0,2	293,2	136,2	29,8	14,0
0,24	398,6	103,4	32,7	15,4
0,28	383,8	141,4	39,7	14,8

*Os valores das análises de cor não foram analisadas.

FAD E SEDIMENTAÇÃO

Os resultados mostrados na Tabela 3 indicam que quanto maior o tempo de coleta, menor é a cor e a turbidez para ambos processos de sedimentação e flotação. A remoção média da cor na FAD foi de 72,8% e na sedimentação 49,6%, representando uma eficiência de 23,2% superior, e na remoção da turbidez a FAD apresentou 79,4% e a sedimentação 52,1% sendo mais eficiente 27,3%.

Tabela 3. Resultado da variação dos parâmetros analisados para FAD e sedimentação.

Tempo de coleta	Cor (uC) - FAD	Cor (uC) - Sed.	Turbidez (NTU) FAD	Turbidez (NTU) -Sed.
1	80,7 ± 72,1	222,8 ± 163,1	9,08 ± 5,36	22,1 ± 17,2
2	79,20 ± 62,2	88,1 ± 82,8	4,78 ± 3,73	9,55 ± 7,29
3	40,9 ± 37,1	80,5 ± 65,7	3,85 ± 1,76	5,64 ± 4,76

*Os respectivos tempos de coleta está descrito no quadro 2.

Diversos trabalhos obtiveram desempenho superior para o processo de FAD, comparado com a sedimentação, de acordo com o que observado no presente estudo (LOBATO *et al*, 1997; LOPES, 2011; REALI *et al*, 2007; SANTIAGO, 2008).

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, as eficiências de remoção de turbidez e cor aparente foram mais satisfatórias para o processo de FAD que para a sedimentação. Com remoção de cor 72,8% e turbidez 79,4% com pressão de saturação respeitando o limite de 6 kgf/cm² e taxa de recirculação de 5%. Dessa forma, a FAD como alternativa no tratamento de água para remoção de parâmetros físicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: APHA, 937 p., 1998.
2. APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington: American Public Health Association. 733 p., 2005.
3. BRUN, F. G. K.; BRUN, E. J.; FUCHS, R. B. H.; BARBIERI, J.; SYMCZAKS, D. A.; SCHUMACHER, M. V. Impactos ambientais no entorno da sanga “Lagoão do Ouro” – bairro Camobi, Santa Maria (RS). **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 3, p. 551 – 557, 2011.
4. CENTURIONE FILHO, P. L.; DI BERNARDO, L. Ozonização, coagulação, floculação, flotação e filtração para remoção de algas. **Anais... XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2000.
5. LOPES, M. A. **Avaliação de diferentes coagulantes para remoção de sólidos por flotação e sedimentação de água residuária de uma indústria metal-mecânica**. Dissertação (Mestre em Ciências). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
6. LOBATO, S.J.M.; FAITANIN, L.; MORESCHI, P.V. (1997). “Implantação do processo de flotação por ar dissolvido em substituição ao processo de decantação de alta taxa no pré-tratamento da água bruta da estação de tratamento de água de Mantenópolis – ES”. **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, Foz do Iguaçu, Brasil, pp.1431-1440.
7. REALI, M.A.P.; MORUZZI, R.B.; PATRIZZI, L.J. Comparing sedimentation and dissolved air flotation (DAF) for organic iron compounds removal focusing coagulation/flocculation processes. **Revista Minerva**, São Carlos, v. 4, p. 11-18, 2007.
8. SANTIAGO, L. M. **Remoção de células de cianobactérias por processos de sedimentação e flotação por ar dissolvido: avaliação em escala de bancada**. Dissertação (Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: 2008.