

I-312 – INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA TAXA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA SATURADA COM AR DISSOLVIDO EM SISTEMA DE FLOCO-FLOTAÇÃO PARA TRATAMENTO DE LODO DE ETA

Karina Oliveira Chaves ⁽¹⁾

Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Doutoranda em Engenharia Civil no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Manoel do Vale Sales

Doutor em Engenharia Civil pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC).

José Capelo Neto

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Endereço ⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Seção Laboratorial de Qualidade de Água (SELAQUA), Bloco 720, Universidade Federal do Ceará, Av. Humberto Monte, s/n, 60451-970, Fortaleza – CE, Brasil. E-mail: chaves_karina@ymail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da taxa de recirculação, como parâmetro de processo da flotação por ar dissolvido numa unidade piloto de Floco-flotação por ar dissolvido (FFAD), cuja etapa de floculação e flotação está agregada no mesmo sistema e que ocorrem de forma simultânea. A unidade piloto Floco-Flotador por Ar Dissolvido (FFAD) foi operada com uma taxa de aplicação superficial de $57 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ e tempo de detenção hidráulico de 22 minutos. A maior eficiência de remoção de turbidez foi igual a 98,7%, quando aplicada taxa de recirculação de 15% da vazão afluente. Contudo, em todas as taxas de recirculação avaliadas (10, 15, 20 e 30%) a eficiência em remoção de turbidez superou a 95% e a água clarificada apresentou valor de turbidez inferior a 5 uT. Dessa forma, o equipamento mostrou-se robusto para o tratamento da água de lavagem de filtros com elevada quantidade de sólidos suspensos, mesmo quando submetido a grandes variações da qualidade do afluente.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Floculação.

INTRODUÇÃO

Os resíduos das Estações de Tratamento de Água (ETA), conhecidos por lodos de ETAs, são derivados dos sólidos suspensos presentes na água *in natura* em associação aos produtos químicos adicionados ao processo de tratamento. Estes lodos são gerados nos decantadores através da sedimentação dos sólidos; nos flotadores, quando estes sólidos ascendem à superfície, de forma que em ambos tratamentos se produz elevada quantidade de lodo seco. Já nas unidades filtrantes, o lodo é obtido durante a lavagem dos filtros, responsáveis por promover o desprendimento dos sólidos que ficaram retidos.

Em termos de volume de lodo produzido, observa-se que a maior quantidade de resíduos é proveniente da lavagem dos filtros, cujo volume corresponde 2 a 5% do volume de água tratada pela estação, enquanto que, a quantidade de lodo descartado pelos decantadores ou flotadores, corresponde apenas 0,1% a 0,3% do volume produzido na ETA (USEPA, 2002).

O lodo de ETA é caracterizado como um fluido não newtoniano, volumoso e tixotrópico, apresentando-se em estado gel quando em repouso e relativamente líquido quando agitado (SILVA JÚNIOR; ISAAC, 2002). Dessa forma, o lodo apresenta-se com características variadas, sendo dependente principalmente das características da água *in natura* e da tecnologia de tratamento empregada nas ETAs.

Independente do tipo de tecnologia a ser aplicada sabe-se que a etapa da filtração é comum em todas elas, atuando como uma barreira para impedir os riscos sanitários. Dessa forma, surge a importância em se estudar o tratamento do lodo gerado nesta etapa, haja vista que este lodo deve receber tratamento e ser disposto de maneira adequada (SUNDERFELD JR, 2007) conforme recomenda a Resolução nº 430/11 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), haja vista que este lodo se apresenta como potencialmente danoso ao meio ambiente. Assim, torna-se necessário tratá-los para que sejam descartados conforme os aspectos legais.

Estudos demonstram que a tecnologia da Flotação por Ar Dissolvido (FAD) tem sido viável para este fim (CHAVES; SALES; CAPELO NETO, 2011). Para isso, o parâmetro operacional: taxa de recirculação de água saturada com ar, deve ser avaliado a fim de verificar a melhor relação entre quantidade de sólidos presentes na amostra e a quantidade de ar requerida para que estes sólidos sejam flotados (relação A/S), sendo este o objetivo da presente pesquisa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente da ETA, a água de lavagem do filtro (ALF), era coletada por bomba submersa e armazenada em contêineres, durante a operação de limpeza das unidades filtrantes (filtros rápidos descendentes). A coleta da ALF era realizada a cada início do ensaio, e por gravidade, o efluente armazenado era enviado ao equipamento Floco-Flotador, sendo a vazão controlada por válvula de gaveta com auxílio de rotâmetro.

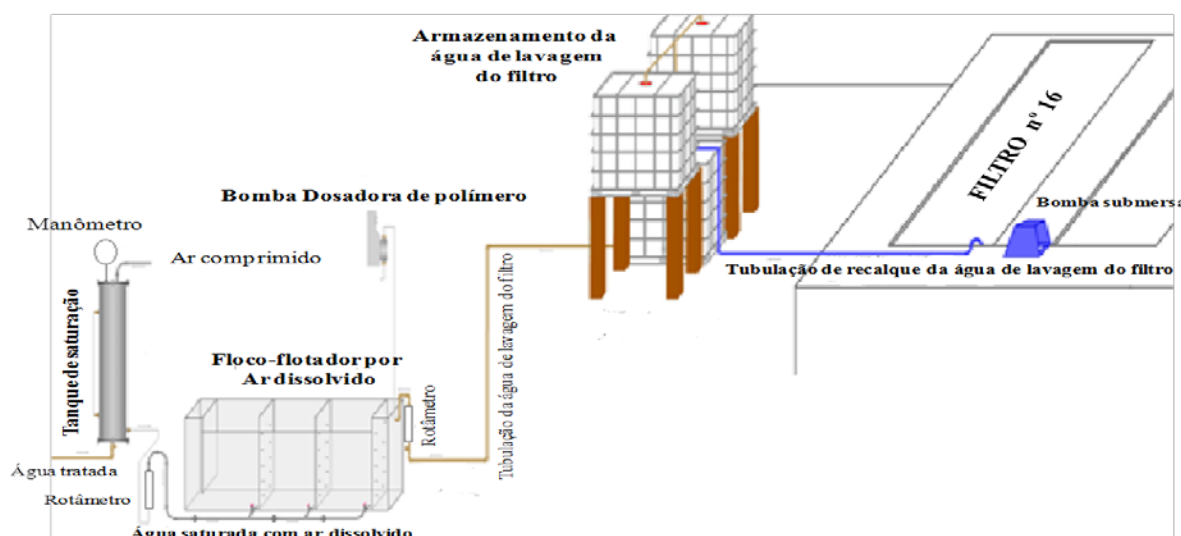


Figura 1 - Esquema geral da unidade piloto de flotação por ar dissolvido para tratamento da água de lavagem do filtro.

O equipamento FFDA agrega em uma mesma unidade o floculador de cortina (placas verticais perfuradas que delimitam as câmaras de flotação) e a câmara de flotação, ambos sendo composto por placas em acrílico transparente. Possui formato retangular, com altura útil de 0,75m, comprimento de 1,95m e largura de 0,25m. O equipamento FFDA é dividido em cinco câmaras. A primeira denomina-se câmara de mistura, sendo utilizada para a introdução da água de lavagem afluenta juntamente com a dosagem de polímero. O gradiente hidráulico da tubulação de entrada é aproveitado para promover a mistura do polímero. A injeção de ar dissolvido ocorre na parte inferior das 3 câmaras seguintes, chamadas câmaras de flotação, tendo como objetivo promover o contato e a agregação das micro bolhas de ar ao floco em formação. A última placa, contendo uma divisória em acrílico não perfurado, delimita a última câmara, câmara de captação, a qual é utilizada para a coleta de água clarificada.

O sistema de recirculação de água saturada é constituído basicamente por um vaso de PVC, reforçado com fibra de vidro, que recebe água saturada com ar sob pressão de um conjunto motor-bomba e de um compressor, respectivamente. Três válvulas em aço inox do tipo agulha são responsáveis pela despressurização e injeção da

água saturada com ar atmosférico nas câmaras de flotação do equipamento. A pressão na câmara de pressurização foi mantida entre 4 e 5 Kgf/cm² e temperatura média de 27 °C.

Testes na Unidade Piloto de Floco-Flotação por ar dissolvido

Ensaio de Floco-flotação foram realizados para avaliar a melhor taxa de recirculação da água saturada com ar dissolvido frente ao menor valor de turbidez residual presente na água clarificada. Para isso, utilizaram-se os seguintes parâmetros operacionais:

- Taxas de recirculação (TR): 10%, 15%, 20% e 30% da vazão afluente;
- Taxa de aplicação superficial (TAS): 54 m³.m⁻².d⁻¹;
- Dosagem de polímero catiônico: 1mg.L⁻¹.

Após a análise dos dados obtidos, foram verificados quais destes parâmetros conduziram a melhor eficiência em remoção de turbidez.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

É difícil e exige muito critério analisar o desempenho de um sistema de tratamento quando este recebe uma água natural como afluente, pois esta água sofre variações sensíveis em pequenos intervalos de tempos e cujas características podem variar a cada ensaio (CAMPOS; REALI, 1985). Assim, pode-se dizer que essa dificuldade torna-se ainda mais elevada quando se estuda a água residual oriunda da lavagem de filtro (ALF) obtida após a limpeza dos filtros que alcançaram a sua capacidade de filtração (saturação).

Conforme esperado, houve variações nos valores de turbidez da ALF durante os ensaios de Floco-Flotação por Ar Dissolvido (FFAD) os quais se encontram presentes na Figura 2. Acredita-se que estas variações possam estar vinculadas à forma de armazenamento da ALF, as características da água *in natura* e a dosagem de produtos químicos utilizados durante a potabilização da água. Tais fatores favorecem a ocorrência de processos de coagulações diferentes, capazes de formar flocos com tamanhos variados e por consequência, serem capazes de alterar a carreira de filtração (tempo entre a lavagem do filtro).

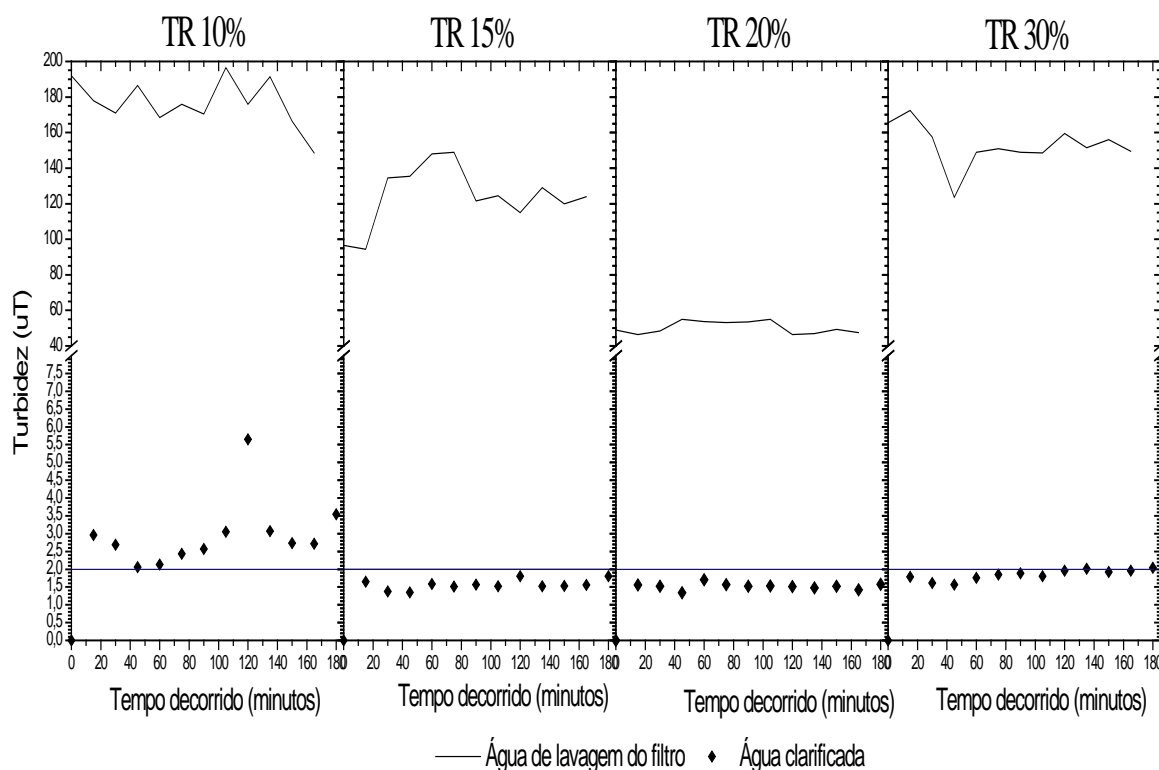


Figura 1 - Valores de turbidez da água de lavagem afluente ao FFAD durante tratamento a vazão de 1m³.h⁻¹.

Os valores de turbidez da ALF e da água clarificada (AC) obtidos nos ensaios de flocos-flotação quando aplicadas taxas de recirculação (TR) iguais a 10%, 15%, 20% e 30% da vazão afluyente estão evidenciados na Figura 2. Em relação aos valores de turbidez encontrados na AC, verifica-se que os maiores valores foram obtidos quando aplicada taxa de recirculação igual a 10% da vazão afluyente, cuja turbidez média foi igual a 3 uT na água clarificada.

É importante ressaltar que o pico de turbidez da AC (5,65 uT), ocorrido no minuto 120 da corrida com TR 10%, ocorreu devido a uma falha pontual no sistema de dosagem de polímero. Observa-se que após a reparação desta falha, o sistema logo foi restabelecido, conforme observado nos minutos posteriores do ensaio, demonstrando que o equipamento FFAD apresenta rápida resposta a intervenção e falha operacional.

Nesta TR, foi observada a ocorrência de arraste de flocos para a câmara de coleta de água clarificada (Figura 03), configurando uma flotação parcial do material suspenso na ALF. Este fato pode estar vinculado à baixa relação ar /sólido (A/S), igual a 0,02, demonstrando ser baixa a disponibilidade de microbolhas de ar disponíveis para aderir-se aos flocos formados, desfavorecendo, portanto, a ocorrência da flotação.



Figura 03 - Vista geral (à esquerda) do ensaio de FFAD com taxa de recirculação a 10% e verificação de arraste de flocos na câmara coletora de água clarificada (à direita).

Quando aplicada TR igual a 15% (relação ar/sólido de 0,04) e TR de 20% (relação ar/sólido média de 0,05) obteve-se turbidez média na AC de 1,5 uT. A partir da Figura 2, observa-se que, exceto para a TR de 10%, não foram verificadas variações significativas nos valores de turbidez das amostras de AC. Isto demonstra a estabilidade do processo de FFAD quando se emprega taxas de recirculação superiores a 10%. Acredita-se que haja uma quantidade suficiente de microbolhas de ar nas TRs de 15% e 20%, capazes de amortecer variações bruscas da turbidez da água afluyente (ALF), pois a relação A/S para estas TR são próximas e iguais a 0,04 e 0,05, respectivamente. Esta ideia pode ser confirmada quando se observa o desvio padrão de turbidez da ALF utilizada na TR de 15% que foi o maior valor (igual a 60 uT) quando comparado às outras amostras de ALF correspondentes as demais taxas de recirculação. No entanto, para a TR 20% não se pode mencionar tal consideração pelo fato do desvio-padrão ter sido o menor, apenas 4,2 uT (Tabela 01).

Tabela 1 – Estatística descritiva dos resultados de turbidez da ALF e AC quando submetidas a tratamento via FFAD com vazão de 1m³/h em diferentes taxas de recirculação (TR).

TR	Amostra	Eficiência (%)	Média (uT)	Desvio-padrão (uT)	CV	Mínimo (uT)	Máximo (uT)
10%	ALF	98,3	172,4	16,36	0,09	139	196,5
	AC		2,9	0,94	0,31	2,04	5,57
15%	ALF	98,7	124,36	60	0,48	94,45	149
	AC		1,5	0,14	0,08	1,35	1,81
20%	ALF	96,7	49,7	4,2	0,08	41,8	54,9
	AC		1,5	0,09	0,05	1,34	1,71
30%	ALF	98,4	151,25	11,2	0,07	123,5	172,5
	AC		1,8	0,15	0,08	1,57	2,05

Nota: CV- Coeficiente de Variação; ALF – Água de Lavagem do Filtro; AC – Água Clarificada.

Por último, quando aplicado TR de 30%, a turbidez média obtida na água clarificada foi de 1,8 uT. Para esta taxa, a razão média de A/S encontrada foi de 0,07. Pode-se dizer que o processo de flotação manteve-se estável por apresentar desvio-padrão da água clarificada igual a 0,15 uT. Desvio similar (0,14 uT) também foi obtido para a TR de 15%, enquanto que o menor encontrado (0,09 uT) foi durante a razão de reciclo de 20% e o maior desvio padrão (igual a 0,9 uT) na água clarificada quando empregado TR de 10%.

Assim, observa-se que considerando a relação de menor quantidade de ar requerida para o processo de flotação, tem-se que aplicação de taxa de recirculação de 15% levou a uma turbidez remanescente de 1,5uT, atingindo eficiência de 98,7% em remoção. Podendo esta TR de 15% ser considerada como parâmetro ótimo para este processo.

Em suma, o aumento da TR de 10% para 15% ocasionou uma diminuição significativa de 47% na turbidez da água clarificada. Ao elevar a razão de reciclo de 15% para 20% a melhora não foi tão pronunciada quanto à primeira, pois apenas foi verificada uma diminuição de 6% na turbidez remanescente. Por último, quando calculado a diminuição da turbidez referente ao aumento da TR de 20% para 30%, foi observado efeito contrário, ou seja, uma elevação da turbidez correspondente a 18%. Acredita-se que este aumento na turbidez esteja vinculado ao aumento da relação A/S, podendo provocar agitação excessiva no sistema o suficiente para ocasionar a quebra dos flocos e posterior arraste dos mesmos.

Quando comparado os valores médios de turbidez na água clarificada frente às diferentes taxas de recirculação, tem-se que os melhores resultados obtidos correspondem as TRs de 15 e 20%, iguais a 1,5 uT, conforme mostra a Figura 19, e apresentam desvio padrão de 0,14 uT e 0,09 uT, respectivamente (Tabela 1). Contudo, analisando apenas a turbidez média remanescente, não é possível concluir qual a melhor TR já que a turbidez das ALF (turbidez da água afluenta ao equipamento) utilizadas nas TRs de 15 e 20% foi menor que as encontradas quando aplicadas as TRs de 10 e 30%.

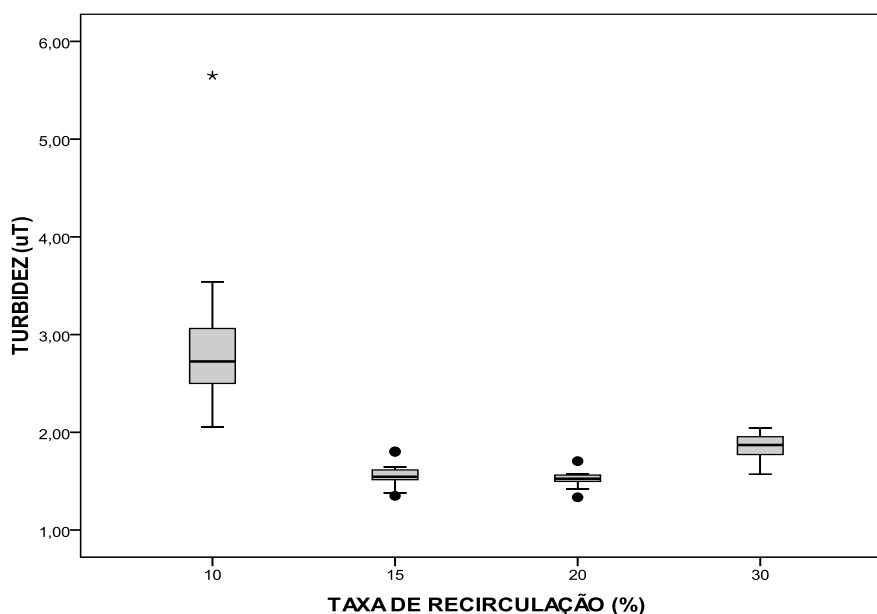


Figura 04 - Gráfico box-plot da água clarificada para as diferentes taxas de recirculação quando aplicado vazão afluenta igual a $1,0\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ com TDH igual a 22 minutos.

Ao analisar os picos de turbidez na ALF ao longo dos experimentos, observa-se que diante deste fato não houve depreciação da qualidade da água clarificada, comprovando a flexibilidade da FFAD sob o ponto de vista da capacidade de absorver variações na qualidade da água afluenta. Esta elucidação também foi observada por Marques, Camelo e Brandão (1999) ao estudarem o tratamento de água de lavagem via FAD.

Em relação à eficiência em remoção de turbidez para as diferentes TRs, os resultados obtidos encontram-se apresentados na Tabela 1 e na Figura 5. A partir desta última, observa-se que, em média, os resultados alcançaram 98% em remoção de turbidez, com exceção da corrida com TR 20% (96,7%). A baixa eficiência da

corrida com TR 20% pode ser explicada pelo fato da turbidez afluenta ter sido baixa (média de 50 uT e desvio-padrão de 4,2 uT) comparada com as demais, o que acabou por diminuir a relação de eficiência, já que a turbidez média efluente (água clarificada) foi semelhante à encontrada na AC com TR 15% (1,5 uT).

A eficiência para as TR de 10%, 15% e 30%, foi igual a 98,32%, 98,71% e 98,45%, respectivamente. A elevação da TR para 30% não favoreceu a eficiência do processo, que pode ter sido consequência da quebra de flocos provocada pela maior turbulência gerada, aumentando, portanto, a turbidez remanescente na água clarificada.

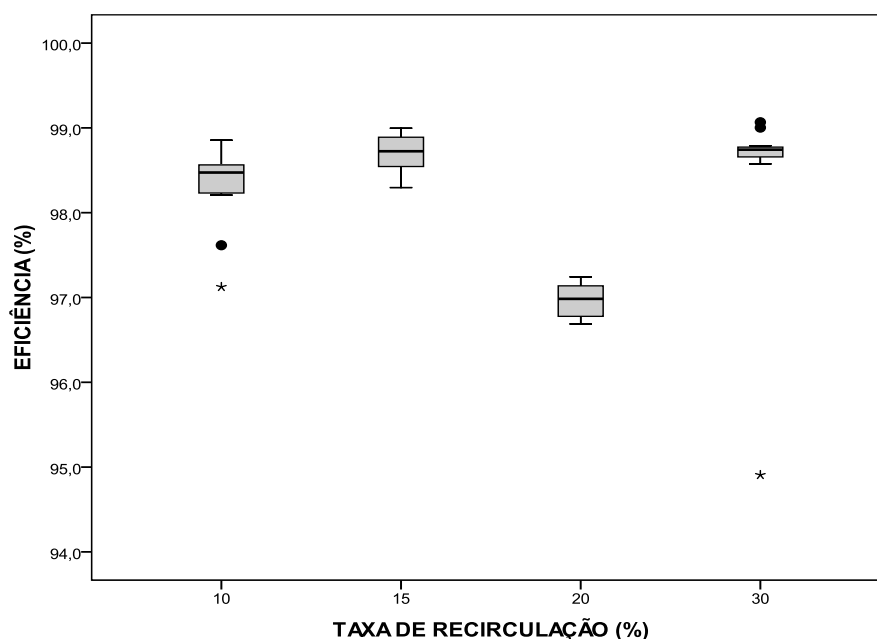


Figura 2 – Eficiências em remoção de turbidez para as correspondentes taxas de recirculação (TR) quando aplicada vazão de 1,0 m³.h⁻¹.

Segundo o manual técnico de recirculação da ALF (USEPA, 2002), o Estado da Califórnia recomenda que a água seja clarificada e apresente turbidez de até 2 uT ou remoção de sólidos maior que 80%. De forma menos restritiva, o Reino Unido recomenda valores de turbidez até 5 uT para a recirculação da água clarificada (UKWIR, 1998). Diante desse contexto, ao se comparar a média dos valores de turbidez obtidos da AC em todas as corridas de flotação, observa-se que a água clarificada quando aplicada TR 15% e 20% (média 1,5 uT) e TR 30% (média 1,8 uT), atendem à recomendação do Estado da Califórnia, sendo esta mais restritiva que a recomendação do Reino Unido. Entretanto, no Brasil ainda não se tem legislação ou norma específica que verse sobre a recirculação da ALF após clarificação.

Dentre as TR avaliadas, ao considerar a taxa que apresentasse estabilidade no processo, elevada eficiência em remoção de turbidez atrelada ao menor requerimento de ar dissolvido e alcançasse menor turbidez remanescente na AC, tem-se que o valor de 15% de recirculação de água saturada com ar dissolvido atende satisfatoriamente aos critérios selecionados, haja vista que apresentou a maior eficiência média de remoção de turbidez (98,7%), turbidez média de 1,5 uT na AC e relação A/S de 0,04.

A hipótese proposta para a elevada eficiência na remoção de sólidos neste equipamento é que a construção (layout) do FFAD favorece o contato entre os flocos e as microbolhas de ar. À medida que as microbolhas de ar ascendem à superfície chocam-se perpendicularmente com os flocos contidos na massa líquida que se movimentam horizontalmente através das cortinas (placas), favorecendo a agregação e a “flotabilidade” do floco-bolha. Contudo, a relação massa de ar/ massa de sólido (A/S) deve ser atendida, a fim de evitar ruptura e arraste de flocos.

A escolha da TR de 15% está de acordo com Filho (2000), que afirma ser necessárias taxas de recirculação na faixa de 10% a 20% para garantir a razão ar/sólidos e a dosagem de ar adequada. As eficiências e TR da presente pesquisa (FFAD) são corroboradas com os resultados obtidos por Marques, Camelo e Brandão (1999) para o tratamento de ALF (cerca de 98% de remoção em turbidez). Reali, Moruzzi e Patriazzi (2003) ao realizarem flotação por ar dissolvido em água com turbidez de 200 uT, conseguiram elevada eficiência em remoção de turbidez (97%) quando aplicada taxa de recirculação de apenas 10%. Contudo, a relação ideal A/S obtida foi elevada (0,05 a 0,06) bem como a turbidez remanescente da água clarificada (5,5 uT).

Silva e Delazari (2004) avaliando a floto-filtração da água de lavagem da ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Mogi Mirim, São Paulo, alcançaram eficiência de turbidez igual a 99,3% da água clarificada por flotação seguida de filtração, utilizando taxa de recirculação igual de 12%. Ao comparar seus resultados com os obtidos nesta pesquisa com o equipamento desenvolvido (FFAD), constata-se o potencial da floculação em cortinas agregada a flotação, já que foi possível alcançar eficiência próxima (98,7%) sem empregar a etapa de filtração.

Mahmoodian *et al.* (2007) ao realizar estudos em água de lavagem de filtros aplicando a técnica de FAD, obtiveram os melhores resultados para remoção de turbidez (97%) utilizando os parâmetros de pressão de saturação igual a 5 atm e taxa de recirculação igual a 25%. Contudo, as condições operacionais mais econômicas consideradas pelo autor foram quando aplicadas taxa de recirculação igual a 20% e pressão a 4 atm. Este valor de TR supera a faixa de valores - 5 a 15% - propostos por Richter (2001) e Di Bernardo e Dantas (2005). No caso dos resultados obtidos nesta pesquisa, em termos de valores absolutos de turbidez obtidos no FFAD, os melhores resultados alcançados foram com TR 15%, com turbidez média de 1,5 uT e remoção de 98,7%.

Vale ressaltar que, as variações na turbidez da ALF observadas ao longo dos experimentos (Figura 17), não refletiram de forma significativa na qualidade da água clarificada (Figura 17 e 19) e na eficiência – sempre superior a 96% (Figura 20), o que comprova a flexibilidade e robustez do FFAD sob o ponto de vista da qualidade da água afluyente.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Que em todas as taxas de recirculação estudadas a eficiência em remoção de turbidez superou a 95%. O maior valor obtido foi de 98,7%, quando aplicada taxa de recirculação de 15% da vazão afluyente, cuja relação A/S foi de 0,04. Neste ensaio, a água clarificada apresentou turbidez de 1,35 uT a 1,81 uT, apresentando média de 1,5 uT.

Quando aplicada taxa de recirculação de 20% (relação A/S igual a 0,05), obteve-se a mesma turbidez média que a TR 15%. Contudo a relação de ar requerido por massa de sólidos (A/S) para esta taxa apresentou-se maior. Essa justificativa pode ser utilizada como critério decisivo para a escolha da TR considerada ótima para o processo, pois quanto menor essa relação, menor será o gasto com energia para a solubilidade do gás na água.

Quando aplicada TR de 10%, foi observado arraste de flocos, demonstrando ter havido uma flotação de forma parcial, provavelmente devido à baixa relação A/S (0,02). Ao passo que a TR de 30%, cuja relação A/S é de 0,07, a vazão de recirculação de água saturada ocasionou turbulência excessiva no sistema, o qual foi capaz de promover a quebra dos flocos formados, cuja evidência está na turbidez da água clarificada (1,8 uT).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº. 430/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, 2011.
2. CAMPOS, J. R.; REALI, M. A. P. Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de água para abastecimento. Revista DAE, v. 45, n. 142, 1985.
3. CHAVES, K. O.; SALES, M. V.; CAPELO NETO, J. Tratabilidade de lodo oxidado e não oxidado de ETA por filtração direta descendente: aspectos físico-químicos e hidrobiológicos. XXVI CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. 2011. Anais. Porto Alegre, 2011.
4. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. Métodos e técnicas de tratamento de água Edição 2ª, vol. 2. São Carlos: Rimas, 2005.
5. MARQUES, S. F.; CAMELO, A. S.; BRANDÃO, C. C. Estudo da utilização da flotação por ar dissolvido na recuperação da água de lavagem de filtros. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999, p. 1418-1427.
6. MAHMOODIAN, M. H.; AMIN, M. M.; SHAHMANSOURI, M. R.; TORKIAN, A.; GHASEMIAN, M. Treatment spent filter backwash water using dissolved air flotation: in isfahan water treatment plant. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW DIRECTIONS IN URBAN WATER MANAGEMENT, 2007, Paris. Anais... Paris: UNESCO, 2007.
7. REALI, M. A. P.; MORUZZI, R. B.; PATRIZZI, L. J. Flotação por ar dissolvido aplicada na clarificação de águas que apresentam picos de turbidez. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003. Anais... São Paulo: ABES, p.1-9, 2003. CD-ROM.
8. SILVA, N.; DELAZARI, P. V. Recuperação da água de lavagem de filtro através de uma ETA de Flotofiltração. Saneamento Ambiental: a hora da solução, v.11, 2004.
9. SILVA JÚNIOR., A. P.; ISAAC, R. L. Adensamento por Gravidade de Lodo de ETA Gerado em Decantador Convencional e Decantador Laminar. In: Congresso interamericano de ingenieria sanitaria y ambiental, 28., 2002, Cancún – México. Anais... Cancún: AIDIS, 2002. 1 CD-ROM.
10. SUNDERFELD Jr, G .C. Efeitos do recebimento do lodo da estação de tratamento por lodo ativado em batelada com aeração prolongada do município de Juitituba. 2007. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
11. UNITED KINGDOM WATER INDUSTRY RESEARCH (UKWIR). Guidance manual supporting the water treatment recommendations from the Badenoch group of experts on Cryptosporidium. London: Water Industry Research Limited, 1998.
12. USEPA. United States Environmental Protection Agency. Filter Backwash Recycling Rure –Tecnical Guidance Manual. USEPA, E.U.A., 166p, 2002.