



INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo

L. A. Coral^a, R. Bergamasco R^b, F. J. Bassetti^c

a. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSC, Florianópolis-SC, lucila_coral@yahoo.com.br

b. Departamento de Engenharia Química-UEM, Maringá-PR, Brasil
rosangela@deq.uem.br

c. Departamento de Química e Biologia-UTFPR, Curitiba-PR, Brasil.
bassetti@utfpr.edu.br

Resumo

Este estudo permitiu verificar a viabilidade técnica de utilização de um polímero natural em substituição ao sulfato de alumínio como agente de coagulação e floculação no tratamento de águas para consumo. Visando a comparação em termos de eficiência, foram analisados parâmetros físico-químicos básicos como pH, turbidez, alcalinidade, sólidos sedimentáveis e matéria orgânica, mensurados após teste de jarros, utilizando-se concentrações de coagulantes pré-estabelecidas entre 10 e 60 mg.L⁻¹, em intervalo de 10 mg. Os resultados obtidos ao final do experimento, indicam que o coagulante natural demonstrou maior eficiência quanto aos parâmetros pH e alcalinidade, obtendo-se resultados bastante próximos entre os dois coagulantes em relação aos demais parâmetros analisados. Pode-se concluir, através dos resultados preliminares, que o polímero natural utilizado (Tanfloc) mostrou-se um potencial substituto ao sulfato de alumínio para o tratamento de água.

Palavras-Chave: Polímero natural- TANFLOC, Tratamento de água, Águas superficiais, coagulação.

1 Introdução

A crescente preocupação com a disponibilidade mundial de água vem exigindo uma nova consciência em relação à utilização deste recurso (Santos e Poledna, 2005). Hoje, o mau uso, aliado à crescente demanda, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto, pelo evidente decréscimo da disponibilidade de água limpa em todo o planeta.

A escassez de água deve ser vista como um fator determinante de sobrevivência e as estimativas apresentadas pelos especialistas quanto à disponibilidade da água para o futuro se mostram pouco positivas. No Brasil, assim como em demais países do mundo, a situação é preocupante, embora o país apresente uma disponibilidade

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

São Paulo – Brazil – May 20th-22nd - 2009

hídrica privilegiada. Conforme aponta Setti (2001 apud Carvalho, 2006), os principais problemas que envolvem a escassez hídrica no país decorrem, principalmente, da combinação do crescimento exacerbado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas. Neste cenário, a água doce adquire uma escassez progressiva e um valor cada vez mais elevado, tornando-se um bem econômico propriamente dito.

Os tratamentos convencionais de água, que configuram basicamente as etapas de coagulação, com sais inorgânicos, sedimentação, filtração e desinfecção, objetivando, dentre outros aspectos, a remoção de odores e compostos que afetam o gosto da água tratada (Schneider e Tsutiya, 2001), são amplamente empregados e apresentam desempenho considerado satisfatório na obtenção de água potável. Dentre as etapas do tratamento, os processos de coagulação e floculação caracterizam o início do tratamento químico e exercem influência sobre as fases subsequentes.

Nos sistemas de tratamento de água, são convencionalmente empregados coagulantes inorgânicos, de origem química, constituídos por sais de ferro e alumínio, como o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), o sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) e o cloreto férrico (FeCl_3). Estes coagulantes são efetivos na remoção de uma ampla variedade de impurezas da água, incluindo partículas coloidais e substâncias orgânicas dissolvidas. O sulfato de alumínio, em particular, vem sendo utilizado a mais de 100 anos em todo o mundo e em diferentes conceitos de sistema de tratamento, visando à remoção de materiais particulados, coloidais e substâncias orgânicas via coagulação química. Todavia, o uso extensivo do sulfato de alumínio tem sido discutido devido à presença de alumínio remanescente na água tratada e no lodo gerado ao final do processo, muitas vezes em concentrações bastante elevadas, o que dificulta a disposição do mesmo no solo devido a contaminação e o acúmulo deste metal.

Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados no sentido da utilização de coagulantes poliméricos alternativos aos coagulantes químicos para a produção de água potável, visando à melhoria do processo, permitindo a redução do lodo gerado e a ausência de metais no mesmo (Moraes, 2004). Dentre os coagulantes poliméricos, compostos derivados de taninos vegetais têm se mostrado eficientes no tratamento de efluentes e águas destinadas ao consumo humano. Taninos são designados como moléculas fenólicas biodegradáveis com capacidade de formar complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais (Castro-Silva et al., 2004), sendo eficiente na remoção de partículas presentes na água.

Extraído da casca de vegetais como a Acácia Negra, por exemplo, o tanino atua em sistemas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre essas partículas, sendo este processo responsável pela formação dos flocos e conseqüente sedimentação. Dentre suas propriedades, o tanino não altera o pH da água tratada, uma vez que não consome a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma ampla faixa de pH, de 4,5 a 8,0 (Martinez, 1996; Martinez et al., 1997). Embora o Brasil seja o país com a maior concentração de árvores tanantes do mundo, (Silva, 1999), ainda poucas empresas são conhecidas por utilizarem taninos na fabricação de produtos voltados para o tratamento de água potável e residual.

Silva (1999) atribui, como vantagem ao uso de taninos vegetais, o fato de estes possuírem propriedade de adsorção dos metais dissolvidos na água, aglutinando-os por precipitação no meio, permitindo, dessa forma, sua remoção. Além disso, permitiu a eliminação ou redução da toxidez existente na água oriunda de fontes contendo cianofíceas ou bactérias clorofiladas, por exemplo. Outra vantagem

conferida ao uso de coagulantes orgânicos é o fato de serem moléculas biodegradáveis e, portanto, destruídas no próprio tratamento, não persistindo na água tratada ou no lodo gerado. Apesar de benéfica, Castro-Silva et al. (2004) destaca que esta biodegradabilidade pode permitir o crescimento excessivo de microrganismos presentes na estação de tratamento. Embora esse estímulo ao crescimento da flora microbiana possa ser útil em sistemas de tratamento de efluentes, no tratamento de água potável, este fato pode resultar em colmatação dos diferentes compartimentos da estação, repercutindo na necessidade de manutenções mais freqüentes e elevação no custo do tratamento. Dessa forma, o uso de coagulantes orgânicos no tratamento, segundo o autor, deve levar em consideração a identificação e o controle dos microrganismos presentes na estação. Em relação ao lodo gerado no processo de tratamento de água, Richter e Azevedo (1995) indicam que, ao contrário do lodo gelatinoso e volumoso oriundo do uso do sulfato de alumínio, o lodo formado pelo uso de coagulantes poliméricos é relativamente mais denso e fácil de ser desidratado, facilitando, assim, o manuseio e a disposição do mesmo.

Dessa forma, o estudo de novas substâncias que sejam capazes de promover ação efetiva no tratamento de águas, visando uma eficiência igualitária ou até mesmo superior àquela obtida pelo uso de coagulantes químicos torna-se importante, não apenas pelo valor econômico agregado a esta nova alternativa, mas também em relação à saúde da população e a conservação do meio ambiente. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo principal, avaliar a eficiência de um polímero natural em comparação ao sulfato de alumínio na etapa de coagulação/floculação, no tratamento de águas destinadas ao abastecimento.

2 Metodologia

Utilizou-se como coagulante natural o produto Tanfloc, caracterizado como um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, apresentando coloração escura e elevada viscosidade. O produto foi cedido pela empresa TANAC, residente no Estado do Rio Grande do Sul. De acordo com a empresa fabricante, a linha Tanfloc possui origem essencialmente vegetal e se mostra competitiva com os tradicionais produtos empregados no tratamento de águas, com a vantagem de ser completamente biodegradável, o que permite a sua total digestão nas etapas biológicas do processo. Devido a sua versatilidade, o Tanfloc apresenta ação efetiva sobre variados tipos de água, assim como diversos tipos de efluentes industriais.

As amostras de água analisadas foram coletadas posteriormente a etapa de gradeamento na Estação de Tratamento de Água (ETA) do Rio Irai, localizada na região metropolitana de Curitiba-PR, Brasil. As amostras foram, inicialmente, submetidas as etapas de coagulação/floculação, realizadas em escala de bancada a partir de teste de jarros ("jar test"), tendo sido adicionados os coagulantes a serem estudados (sulfato de alumínio e TANFLOC), em concentrações variáveis entre 10 e 60 mg.L⁻¹, com intervalos de 10 mg. Após homogeneização, a água coletada foi transferida para copos de bécquer em volumes iguais a 1,0 litro e a cada um dos recipientes foi adicionado a quantidade determinada do respectivo coagulante. As amostras permaneceram sob agitação rápida por 30 segundos a 100 rpm (rotações por minuto), visando distribuir uniformemente o coagulante através da água para assegurar uma coagulação homogênea, e 15 minutos a aproximadamente 25 rpm sob agitação lenta e homogênea. A escolha das condições de mistura rápida (gradiente de mistura rápida - G_{mr} e tempo de mistura rápida - T_{mr}) assim como das condições de mistura lenta (gradiente de floculação - G_f e tempo de floculação - T_f) são importantes, considerando-se que estes dependem significativamente de fatores como o mecanismo dominante de coagulação, tipo de coagulante químico,

qualidade da água bruta, entre outros. Conforme destaca Di Bernardo et al. (2002), em geral os valores de G_{mr} que otimizam o processo variam de 200 à 2.000 s^{-1} e de 1 a 30 s para T_{mr} . Em relação a floculação, tem-se variações de 10 a 60 s^{-1} para G_f e 10 a 40 minutos para T_f . Estações de Tratamento de Água (ETAs) normalmente recomendam que o gradiente de velocidade de mistura rápida seja superior a 1000 s^{-1} e para mistura lenta esteja entre 10 s^{-1} e 100 s^{-1} . Estes valores podem ser extrapolados ao teste de jarros com rotações na mistura rápida superiores a 120 rpm por 10 segundos e rotações abaixo de 50 rpm para a fase de mistura lenta por 15 minutos. Desta forma, os gradientes de velocidade e tempos aplicados no presente estudo não atenderam fielmente aos valores considerados anteriormente e utilizados em ETAs, mas se apresentam relativamente próximos a estes destes (ROCHA, 2007).

Após um período de decantação de 15 minutos, as amostras tratadas foram submetidas aos seguintes ensaios: sólidos sedimentáveis, pH, turbidez, alcalinidade e matéria orgânica, sendo todos estes realizados de acordo os procedimentos determinados pelo Standard Methods 21^a edição (APHA, 2005). Cada uma das amostras foi transferida para cones de Imhoff para a determinação dos sólidos sedimentáveis, permanecendo em repouso por período igual a 1 hora, sendo os valores determinados em $mg.L^{-1}$. As amostras foram então filtradas em papel filtro quantitativo, visando a remoção da matéria coagulada para a realização das demais análises. A determinação do pH da amostra foi realizada em pHmetro (Digimed DM20), sendo os resultados fornecidos em unidades de pH. Para a determinação dos valores de turbidez, utilizou-se o método nefelométrico em turbidímetro microprocessado (DEL LAB – DLM 2000B), no qual se procedeu a leitura das amostras, cujo resultado é expresso em valores de NTU por números inteiros. Para as análises de alcalinidade, optou-se pelo método titulométrico, sendo utilizado indicador misto e titulação com ácido sulfúrico 0,02 N, obtendo-se resultados em termos de $mg.L^{-1}$ de $CaCO_3$. Em último estágio, foram realizadas as análises de matéria orgânica, cujo método consiste na oxidação da matéria orgânica não nitrogenada por meio de um oxidante ($KMnO_4$), em meio ácido a quente, sendo os resultados expressos em $mg.L^{-1}$ de O_2 . As amostras não utilizadas imediatamente

3 Resultados e discussão

Anteriormente a apresentação dos valores obtidos no estudo, deve-se explicitar as características da água utilizada. Analisando-se os parâmetros mencionados anteriormente, obtiveram-se os seguintes valores para a água "in natura": sólidos sedimentáveis com valor inferior a 1,0; pH igual a 6,83; valor de turbidez igual a 12,67 NTU; alcalinidade de 13,65 $mg.L^{-1}$; e teor de matéria orgânica com valor igual a 8,38 $mg.L^{-1}$. Os demais resultados, provenientes do estudo com os coagulantes utilizados são descritos e melhor visualizados a partir dos gráficos expostos na seqüência da seção.

Em relação aos sólidos sedimentáveis, pode-se verificar um aumento no teor de sólidos sedimentáveis bastante expressivo a partir da adição dos coagulantes estudados. Como é possível observar na Fig. 1, as amostras tratadas com o Tanfloc resultaram em um maior teor de sólidos sedimentáveis em comparação ao sulfato de alumínio, embora ambos os coagulantes tenham demonstrado maior eficiência de remoção de sólidos em função do aumento de sua concentração. Silva (1999), em estudos utilizando tanino em diferentes concentrações na presença de um alcalinizante ($CaCO_3$), também observou a formação de um maior quantidade de sólidos quando comparado com os resultados obtidos para o sulfato de alumínio. Em uma análise visual, pode-se verificar que os flocos formados pelo Tanfloc

apresentavam-se mais definidos e aglutinados quando comparados com o sulfato de alumínio. De acordo com a literatura, a forma do floco originado pela adição de Tanfloc, possui forma irregular, apresentando uma superfície relativamente maior, o que proporciona uma maior área de contato se comparado ao floco originado pelo sulfato de alumínio, obtendo-se, assim, uma clarificação mais eficiente, com uma menor cor e turbidez final (Tratamento de Água, 2006).

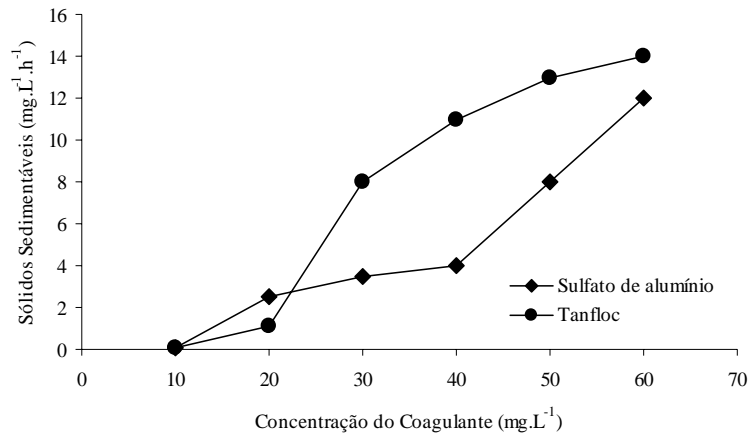


Figura 1. Teores de sólidos sedimentáveis obtidos a partir das diferentes concentrações dos coagulantes Tanfloc e sulfato de alumínio

Como pode ser verificado no experimento, embora ambos os coagulantes tenham influenciado em um pH da água inicialmente superiores ao obtido para a água "in natura" (6,93), os valores de pH referentes às amostras tratadas com o Tanfloc se mostraram praticamente constantes para todas as concentrações utilizadas, conforme indicado na Fig. 2. Para o sulfato de alumínio, no entanto, observou-se uma redução de pH de acordo com o aumento da concentração, o que pode ser justificado pelo fato do sulfato de alumínio ser um coagulante ácido, podendo abaixar drasticamente o pH da solução. Em relação ao Tanfloc, a linearidade de valores observada pode ser justificada pelo fato deste produto não consumir a alcalinidade do meio.

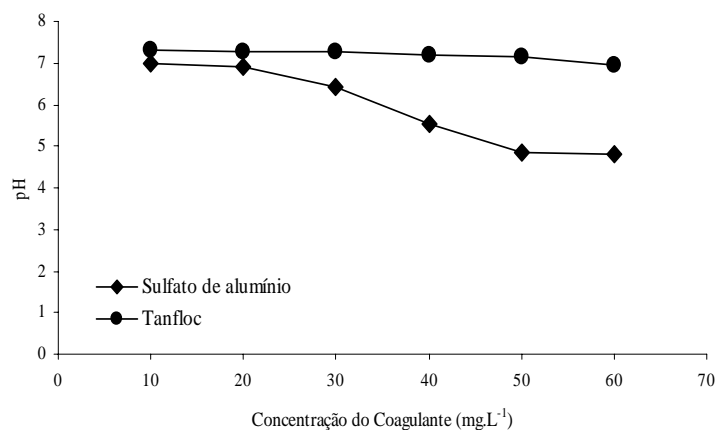


Figura 2. Valores de pH obtidos para as diferentes concentrações dos coagulantes Tanfloc e sulfato de alumínio

Em relação à turbidez, o valor inicial obtido para ambos os coagulantes foi bastante próximo àquele verificado para a água "in natura", 12,67 NTU. No entanto, como pode ser verificado na Fig. 3, o Tanfloc demonstrou promover uma redução da turbidez, até a concentração de 20 mg.L⁻¹, mais rapidamente quando comparado com o sulfato de alumínio. Para as demais concentrações os dois coagulantes apresentaram valores de turbidez muito semelhantes, verificando-se constância nos valores mesmo com o aumento das concentrações. Guedes et al. (2004), em estudos realizados sobre a coagulação/floculação de suspensões ricas em óxido de ferro, utilizaram o sulfato de alumínio como agente coagulante em proporções de 10, 100 e 1000 mg.L⁻¹ para um valor de turbidez igual a 2.300 NTU. A partir dos resultados obtidos, os autores verificaram que os valores de turbidez final permaneceram aproximadamente constantes para concentrações superiores a 100 mg.L⁻¹. Segundo os mesmos autores, estes resultados sugerem que concentrações mais elevadas de coagulante não trazem nenhum benefício em termos de redução efetiva de turbidez. Em comparação ao presente estudo, a análise realizada pelos referenciados autores, remete a compreensão de que, para a água utilizada, com valor de turbidez excepcionalmente inferior, 12,67 NTU, os valores obtidos permitem a percepção de que a concentração de 40 mg.L⁻¹ seria um valor de concentração ótimo para este parâmetro, ou seja, concentrações superiores, não promoveriam um aumento na redução de turbidez do meio.

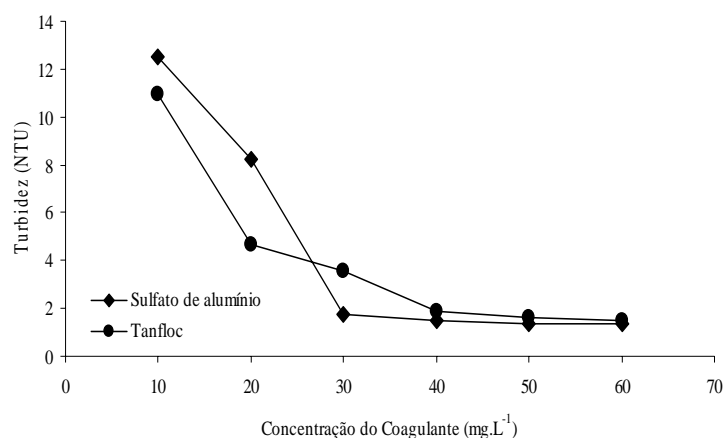


Figura 3. Valores de turbidez obtidos para as diferentes concentrações dos coagulantes Tanfloc e sulfato de alumínio

Para o parâmetro alcalinidade, pode-se observar uma diferença visualmente expressiva em relação aos resultados obtidos para os dois coagulantes estudados, conforme pode ser observado na Fig. 4. Para o Tanfloc, observou-se a ocorrência de apenas uma pequena redução da alcalinidade com o aumento da concentração do polímero, ao contrário do que foi verificado para o sulfato de alumínio. A redução nos valores verificados para este coagulante pode ser justificada pelo fato do mesmo consumir os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos responsáveis pela alcalinidade do meio. De acordo com Pavanelli (2001), a alcalinidade da água é importante na coagulação química, pois os coagulantes comumente têm atuação como ácidos em solução, reduzindo a alcalinidade e baixando o valor de pH, sendo necessária, freqüentemente, a adição de alcalinizantes para o equilíbrio do mesmo. Nesta análise, o Tanfloc se mostrou bastante eficiente, uma vez que os dados de alcalinidade obtidos remetem a permanência de valores relativamente constantes, mesmo com o aumento da concentração do coagulante.

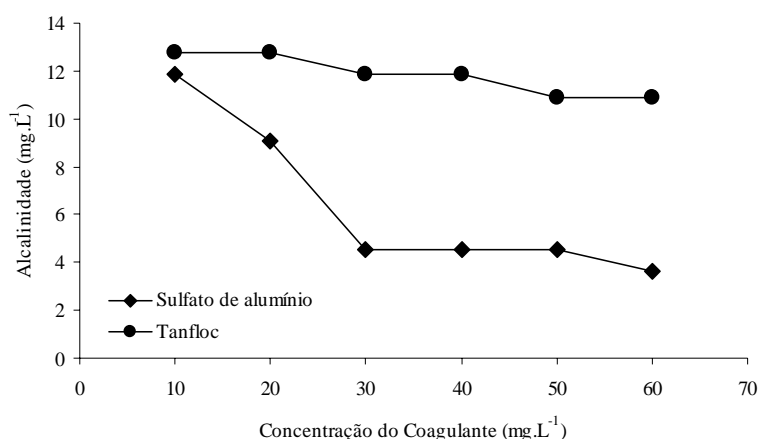


Figura 4. Valores de alcalinidade obtidos para as diferentes concentrações dos coagulantes Tanfloc e sulfato de alumínio

Com relação à remoção de matéria orgânica, conforme verificado na Fig. 5, os valores obtidos indicam a redução do teor de matéria orgânica para os dois coagulantes de acordo com o aumento da concentração dos mesmos. Para o ponto de 30 mg.L⁻¹, pela não linearidade em relação aos demais, atribui-se problemas com o manuseio ou amostragem. A água tratada com o Tanfloc apresentou, inicialmente valores de matéria orgânica superiores àquela verificada para a “água in natura”, 9,89 e 8,38 mg.L⁻¹, respectivamente. Embora seja necessária a realização de estudos mais aprofundados, pode-se dizer que o fato ocorreria devido ao Tanfloc ser um polímero de origem vegetal e, dessa forma, este possa ter vindo a integrar o valor total de matéria orgânica obtida. A água tratada com o sulfato de alumínio apresentou concentrações de matéria orgânica inferior em relação ao tratamento com o Tanfloc, mas a dosagem de coagulante empregada não foi suficiente para permitir a remoção total desta na água tratada.

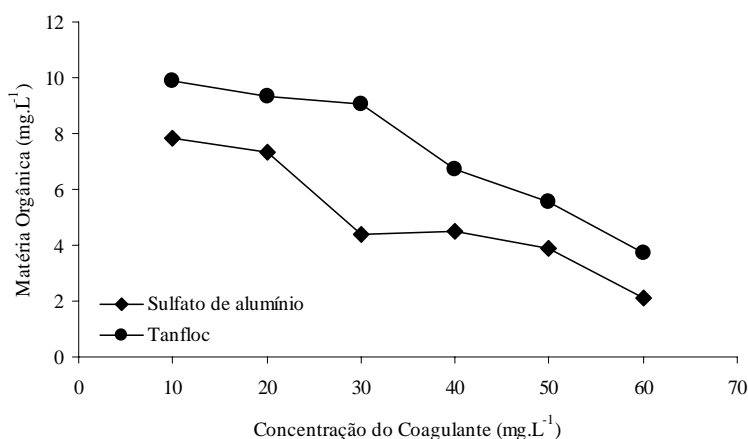


Figura 5. Valores de matéria orgânica obtidos para as diferentes concentrações dos coagulantes Tanfloc e sulfato de alumínio

4 Conclusões

De um modo geral, tanto o sulfato de alumínio como o Tanfloc se mostraram eficientes no tratamento da água utilizada no presente estudo. Para os parâmetros estudados, foi possível verificar uma equivalência nos resultados de ambos os coagulantes, a não ser para os parâmetros pH e alcalinidade, cujos valores obtidos foram visivelmente distintos.

Embora alguns estudos na literatura sugiram que a utilização de polímeros naturais não sejam tão efetivos no tratamento de água quanto no tratamento de efluentes, este tipo de coagulante apresenta vantagens a serem consideradas, como a inexistência de metais remanescentes na água tratada e no lodo gerado ao fim do processo de tratamento, facilitando a disposição final do mesmo ou a sua utilização para fins mais específicos, como a agricultura, por exemplo.

Apesar de este estudo ter sido realizado de maneira a verificar a eficiência do Tanfloc como um coagulante substitutivo ao sulfato de alumínio, muitos estudos ainda devem ser realizados de forma a caracterizar por completo este coagulante e sua eficiência no tratamento de águas para consumo humano.

5 Referências

APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21^a ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

CASTRO-SILVA, M. A. et al. *Microrganismos associados ao tratamento de águas de abastecimento com coagulante orgânico vegetal (tanato quaternário de amônio) – I. microrganismos filamentosos*. Revista Estudos de Biologia, v. 26, n. 54, p. 21-27, 2004.

DI BERNARDO, L. et al. *Ensaio de tratabilidade de águas e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: Rima, 2002.

GUEDES, C. D. et al. *Coagulação/floculação de suspensões ricas em óxidos de ferro por sulfato de alumínio*. Química Nova, v. 27, n. 5, p. 715-719, 2004.

MARTINEZ, F. L. *Taninos vegetais e suas aplicações*. Universidade de Havana, Cuba, 1996.

MARTINEZ, F. et al. *Resinas de taninos vegetais para a Remoção de metais*. Universidade de Havana, Cuba, 1997.

MORAES, L. C. K. *Estudo da coagulação e ultrafiltração para produção de água potável*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

PAVANELLI, G. *Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada*. 2001. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO, J. H. *Tratamento de água: tecnologia atualizada*. São Paulo: Edgar Blücher, 1995.

ROCHA, W. N. Fatores que afetam a coagulação [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <lucila_coral@yahoo.com.br> em 09 março 2007.

SANTOS, G. L.; POLEDNA, S. R. C. *Meio ambiente, reciclagem e tratamento de resíduos*. Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas - Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio Grande do Sul: SENAI, 2005.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTIYA, M. T. *Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso*. São Paulo: ABES, 2001.

SILVA, S. S. T. *Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto*. 1999. 87 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo, 1999.

TANAC. Tratamento de águas. Disponível em: <
http://www.tanac.com.br/PT/detCategoria.php?codcategoria_de_produtos=4>.
Acesso em: 20 fev. 2006.

TRATAMENTO DE ÁGUA. Tanfloc. Disponível em:
<<http://www.tratamentodeagua.com.br/informativos/acervo.php?cp=est&chave=37>> Acesso em: 15 fev. 2006.