



Flocação do lodo de ETA: Variáveis e mecanismos

**Manoel Maraschin¹, Keila Fernanda Soares Hedlund², Elvis Carissimi³,
Cristiane Oliveira Rodrigues⁴, Renata Segatto Pigatto⁵**

¹Mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (maraschinmanoel@gmail.com)

²Doutoranda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (keilahedlund@gmail.com)

³Professor da Universidade Federal de Santa Maria (ecarissimi@gmail.com)

⁴Professora da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (olicristiane@gmail.com)

⁵Graduanda em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria (renata.pigatto@hotmail.com)

Resumo

A disposição do lodo de estações de tratamento de água (ETA) é vista como um dos principais problemas no gerenciamento destes resíduos, havendo a necessidade da investigação das etapas de tratamento direcionando caminhos viáveis e eficientes. Deste modo, este estudo buscou avaliar a flocação do lodo dos decantadores de uma ETA através de dosagens unitárias de polímeros aniónico (P - 22) e catiônico (P - 2900) de 1 a 6 mg pol./gST, bem como a influência da concentração de sólidos nas amostras de lodo a teores de 0,5 e 1% em relação ao peso. As avaliações foram feitas em relação à remoção de turbidez da água clarificada após sedimentação dos flocos. Os resultados foram satisfatórios para concentrações do polímero P- 2900 floculadas com amostras de lodo a 1% de sólidos. Para os estudos de flocação pelo mecanismo de *dual flocculation*, foi utilizada a concentração de 1% de sólidos no lodo e dosagens proporcionais (1:1) de 0,5 a 5 mg pol./gST dos polímeros P - 2900 e P - 22. Foi avaliado que ordem de adição do polímero influenciou na flocação, com melhores resultados a partir da aplicação do polímero P - 2900 seguido pelo P - 22.

Palavras-chave: Flocação do lodo. Sólidos. Turbidez.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

Flocculation of WTP sludge: Variables and mechanisms

Abstract

The disposal of sludge from water treatment plants (WTP) is seen as one of the main problems in the management of this waste, having the need to investigate the treatment steps directing viable and efficient ways. In this way, this study sought to evaluate the flocculation of the sludge from the decanters of an WTP through unit dosages of anionic (P - 22) and cationic (P - 2900) polymers from 1 to 6 mg pol./g TS, as well as the influence of concentration of solids in the sludge samples at 0.5 and 1% by weight. The evaluations were made in relation to the turbidity removal of clarified water after sedimentation of the flakes. The results were satisfactory for concentrations of the polymer P-2900 flocculated with samples of sludge at 1% solids. For flocculation studies by the dual flocculation mechanism, the concentration of 1% solids in the sludge and proportional (1:1) dosages of 0.5 to 5 mg pol./gTS of the polymers P-2900 and P-22 were used. It was evaluated which order of addition of the polymer influenced the flocculation, with better results from the application of polymer P - 2900 followed by P - 22.

Key words: Flocculation of sludge. Solids. Turbidity.

Theme Area: Solid Waste.



1 Introdução

Em Estações de Tratamento de Água (ETA) onde há a necessidade do tratamento convencional, volumes significativos de resíduos são gerados nas unidades de clarificação, responsáveis pela remoção de partículas coloidais, suspensas ou dissolvidas por meio de processos unitários de agregação por coagulação e floculação, sedimentação ou flotação e filtração. Desta forma, ao final do tratamento da água dois subprodutos são gerados: os resíduos dos decantadores ou flotadores e das unidades de filtração.

Estes resíduos, também denominados por lodos, podem incluir compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água de captação do manancial superficial, além de outros componentes adicionados durante as etapas de potabilização. No caso do lodo de decantadores ou flotadores tem-se a maior parcela das impurezas retidas, geralmente com concentração de sólidos totais (ST) superior a 0,1 % em relação ao peso (DI BERNARDO et al., 2011). Assim, é fundamental o tratamento do lodo destas unidades primárias de clarificação, tendo em vista a possibilidade de contaminação por alguns de seus compostos. Além disso, esta parcela de resíduos é classificada na NBR 10.004 (ABNT, 2004), ficando sua disposição condicionada à lei 12.305 (BRASIL, 2010).

Contudo, a elevada quantidade de água no lodo limita, ou mesmo inviabiliza sua disposição, levando as empresas responsáveis pelo tratamento a efetuar descargas destes resíduos *in natura* no manancial mais próximo, geralmente a jusante do mesmo corpo de água de captação da estação. Desta forma, o tratamento do lodo tem o objetivo de concentrar os sólidos através do adensamento e ainda remover o máximo da umidade por meio da desidratação. No entanto, para que a concentração de sólidos e a desidratação do lodo ocorram de maneira eficiente é indispensável à aplicação de polímeros para agregação dos resíduos por floculação.

Geralmente o mecanismo de floculação empregado no tratamento de águas e efluentes é dado via pontes poliméricas, após um estágio de adsorção das cadeias das macromoléculas poliméricas sobre as partículas presentes no efluente (GREGORY, 1988; RUBIO, 1997). Este processo costuma ser realizado por meio de um único polímero, entretanto, muitos pesquisadores (PETZOLD et. al, 2003; SABAH et. al, 2004; RODRIGUES, 2010) avaliaram o mecanismo de floculação por *dual flocculation*. Neste método de floculação dois ou mais polímeros, com distintas propriedades são adicionados em sequência, devendo ser avaliado, além do tipo de polímero, a ordem de aplicação.

Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência da floculação do lodo do decantador de uma ETA por meio da aplicação unitária com diferentes dosagens de um único polímero, e através da combinação de dois polímeros com propriedades diferenciadas. Além disso, foi estudado o efeito da concentração de sólidos no lodo, e sua influência sobre a turbidez na água clarificada após floculação unitária de polímeros.

2 Metodologia

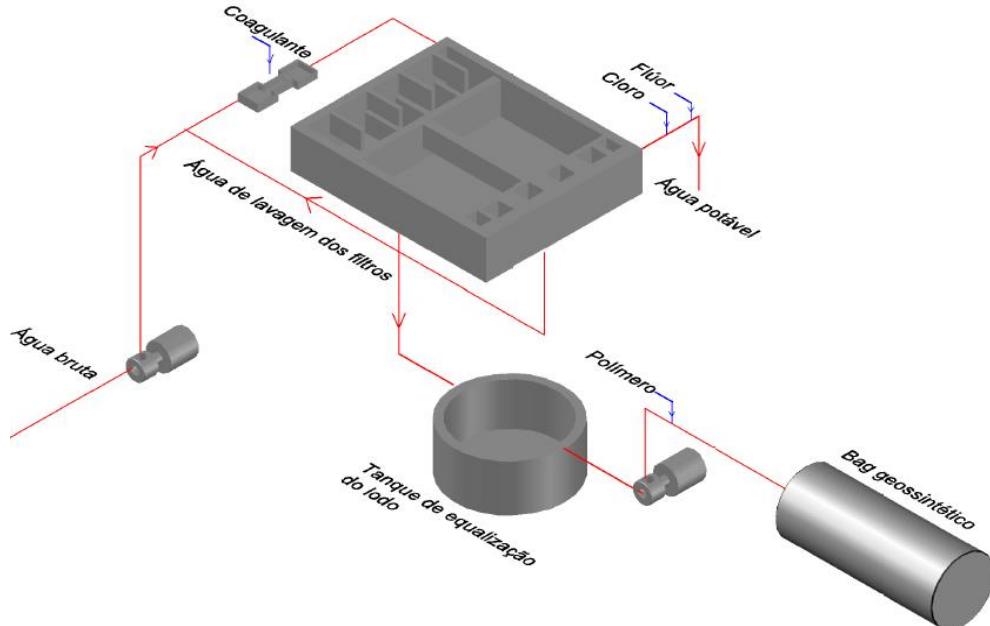
A coleta do lodo ocorreu na ETA localizada na cidade de São Gabriel, região sul do Brasil. A estação, sob concessão da empresa São Gabriel Saneamento, é responsável pelo abastecimento de água potável a cerca de sessenta mil habitantes. A captação de água ocorre através do Rio Vacacaí, e a realização do tratamento é dada pela forma convencional. Atualmente a estação conta com uma unidade de tratamento dos resíduos produzidos nos decantadores, através de bags desidratadores. Os resíduos gerados na retrolavagem dos filtros são recirculados na etapa inicial do tratamento, tendo em vista a baixa concentração de impurezas. A Figura 1 esquematiza simplificadamente o funcionamento da ETA em estudo.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 1- Esquema básico de funcionamento da ETA de São Gabriel - RS.



No desenvolvimento dos estudos de flocação utilizou-se um equipamento de teste de jarros. As amostras de lodo foram preparadas e floculadas com concentrações de 1 a 6 mg pol./gST de polímero catiônico com muito baixa densidade de carga (Novaflok P – 2900) e aniónico de média densidade de carga (Novaflok P – 22). O lodo foi testado a teores de sólidos totais de 0,5 e 1%, além disso, avaliou-se a flocação por meio da combinação dos dois polímeros citados em proporções estequiométricas 1:1 de 0,5 a 5 mg pol./gST. Inicialmente foi realizada a agitação rápida (120 rpm) durante 30 segundos seguida de agitação lenta (30 rpm) por período de 1 minuto. A avaliação da eficiência de flocação foi obtida por meio da leitura da turbidez residual expressa em unidade nefelométrica de turbidez (NTU) em cada teste executado em triplicata. A coleta da água clarificada para análise de turbidez ocorreu após 10 minutos do término da agitação, a 6 cm da superfície líquida.

3 Resultados e Discussão

Os resultados apresentados na Figura 2 contemplam leituras de turbidez após a flocação com um único polímero, utilizados em amostras de lodo a teores de sólidos totais de 0,5 e 1 % (5.000 mg/L e 10.000 mg/L).

Os resultados obtidos e descritos na Figura 2 demonstraram efeito significativamente diferente na remoção de turbidez a partir da agregação dos sólidos presentes no lodo para cada dosagem entre os polímeros testados. No entanto, os menores valores de turbidez medidos ocorreram com o tratamento por flocação por meio do polímero catiônico P – 2900, obtendo-se assim o melhor efeito de sedimentação das partículas sólidas presentes no lodo.

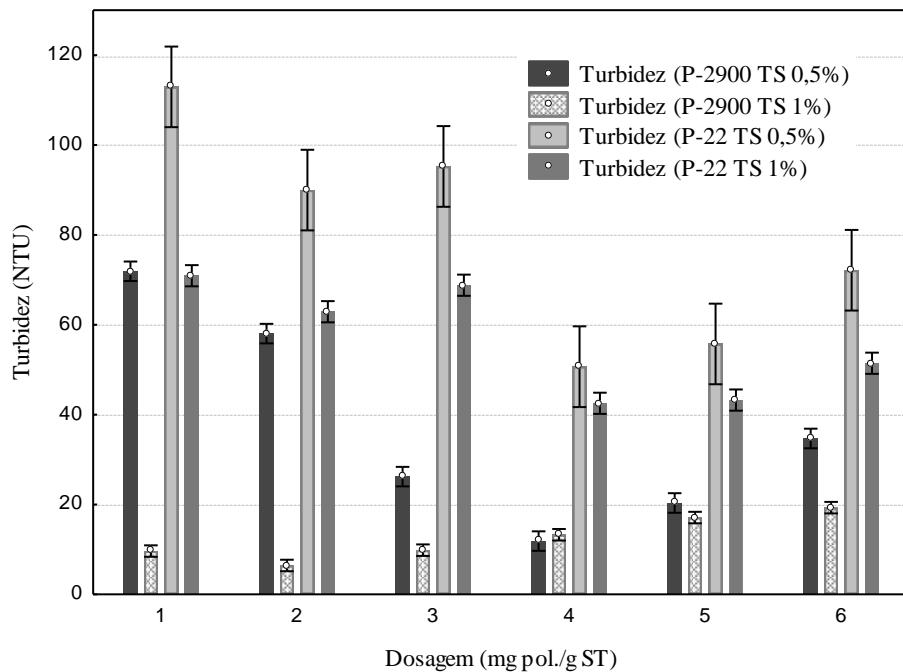
A sedimentação dos agregados mostrou-se favorecida quando a concentração do lodo foi de 10.000 mg/L, este efeito foi significativo nas menores concentrações do polímero P - 2900, tendo sido esta condição a resultar no menor nível de turbidez nos testes com flocação unitária (6,4 NTU com 2 mg P - 2900./g ST). Da mesma forma, independente do teor de sólidos no lodo, foi observado um aumento na turbidez na água clarificada a partir da dosagem de 5 mg pol./g ST, tendo em vista que o aumento das cadeias poliméricas adsorvidas pelas partículas pode ter conduzido a um efeito de reorganização do sistema, atuando de forma inversa à agregação (HUNTER, 2001).



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

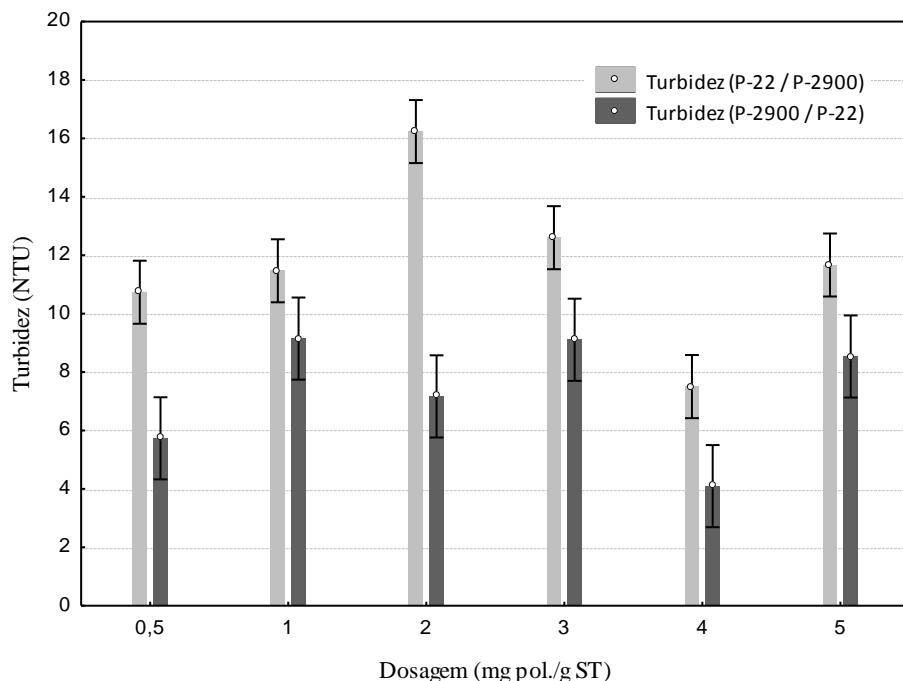
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 2 – Turbidez residual da água clarificada a partir da floculação unitária com polímeros P – 2900 e P - 22.



Os estudos de *dual flocculation*, realizados com lodo a teor de sólidos de 1%, mostraram que este mecanismo de floculação foi influenciado pela ordem de adição dos polímeros, tendo-se para todos os testes realizados maiores remoções de turbidez na água clarificada quando inicialmente adicionado o polímero catiônico P – 2900 e após 10 segundos aplicada à dosagem correspondente do polímero aniônico P – 22, conforme Figura 3.

Figura 3 – Turbidez residual da água clarificada com tratamento por *dual flocculation*.



O mecanismo de *dual flocculation* resultou na menor turbidez da água clarificada (4,10 NTU) para a dosagem de 4 mg pol./g ST, menor leitura obtida para o estudo realizado.

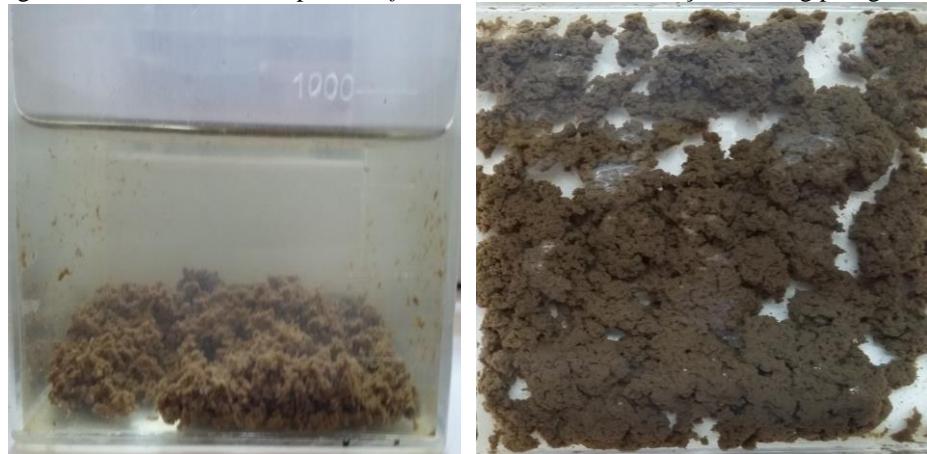


6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Para a mesma dosagem de polímero também foi observada a formação de flocos resistentes à ruptura (Figura 4), condição facilitadora para estágios de separação sólido/líquido.

Figura 4 – Flocos formados por *dual flocculation* com concentração de 4 mg pol./g ST.



4 Conclusões

Os estudos de flocação com dosagens unitárias dos polímeros P – 2900 e P – 22 possibilitaram avaliar que a concentração de sólidos no lodo tem relevância na flocação, tendo em vista maior eficiência na remoção de turbidez da água clarificada quando o teor de sólidos atingiu 1% em relação ao peso da amostra. Da mesma forma, foi possível avaliar que o polímero P – 2900 apresentou melhor agregação das partículas sólidas, tendo gerado menores leituras de turbidez residual em condições semelhantes de concentração de polímero e teor de sólidos do lodo comparativamente ao polímero P – 22.

Quanto ao mecanismo de flocação por *dual flocculation*, conclui-se que a ordem de aplicação dos polímeros teve efeito relevante na flocação, gerando em todos os testes resultados mais satisfatórios quando a ordem de aplicação foi iniciada com o polímero P – 2900 seguido do P – 22. Esta condição de agregação também gerou a menor turbidez (4,10 NTU) quando a dosagem utilizada foi 4 mg pol./gST. Porém, a dosagem unitária de 2 mg pol./gST do polímero P – 2900 mostrou-se economicamente viável para a remoção de turbidez, com valor de 6,4 NTU, em relação a maior dosagem utilizada na combinação de polímeros. Contudo, foi avaliado maior resistência dos flocos pelo mecanismo de *dual flocculation*, gerando benefícios em etapas posteriores do tratamento, em especial na desidratação mecanizada. Desta forma, este estudo demonstra a necessidade da avaliação do tratamento a ser desenvolvido para obtenção de um material estável para disposição, com avaliação das etapas de adensamento e desidratação a serem implantadas para escolha do melhor mecanismo de flocação.

Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa São Gabriel Saneamento pelo auxílio prestado na coleta do lodo e à CAPES pelo apoio financeiro recebido.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. DI B.; VOLTAN, P. E. N. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2011. 454 p.

GREGORY, J. “*Polymer adsorption and flocculation in sheared suspensions*”. **Colloids and Surfaces**. v. 31, Setembro de 1988, pg. 231 – 253.

HUNTER, R. J. **Foundations of colloid Science**. Nova York: Oxford University Press, 2001. 806 p.

PETZOLD, G.; MENDE, M.; LUNKWITZ, S. SCHWARZ.; BUCHHAMMER, H.-M. “*Higher efficiency in the flocculation of clay suspensions by using combinations of oppositely charged polyelectrolytes*”. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Engineering Aspects**, v. 218, Maio de 2003, pg. 47 – 57.

RODRIGUES, C. O. **Mecanismos de floculação com polímeros hidrossolúveis, geração de flocos aerados, floculação em núcleos de bolhas floculantes e aplicações na separação de partículas modelos por flotação**. 223 f. Tese Doutorado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RUBIO, J. **Adsorption and flocculation by poly(ethylene oxide): Mechanisms and application**. London: Imperial College of University of London, 1977. 180 p.

SABAH, E.; YUZER, H.; CELIK, M.S. “*Characterization and dewatering of fine coal tailings by dual – flocculant systems*”. **International Journal of Mineral Processing**. v. 74, Novembro de 2004, pg. 303 – 315.