

## I-250 – USO DE POLÍMEROS COMO AUXILIARES DE FLOCULAÇÃO E FILTRAÇÃO. ESTUDO DE CASO: ETA GUARAÚ, REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

**Erika Gislene Padilha da Silva<sup>(1)</sup>**

Técnica de Saneamento e com formação em Química. Trabalha na Sabesp desde 2002, atua como Técnica em Sistema de Saneamento na ETA Guaraú.

**Ricardo de Lima Isaac**

Possui mestrado em Engenharia Civil - Hidráulica pela Universidade de São Paulo (1993), doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (1997) e pos-doutorado pela University College London (1999). Atualmente é Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual de Campinas.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Estrada da Santa Inês Km 02, S/N – Jardim Pedra Branca – São Paulo - SP - CEP: 02639-000 - Brasil - Tel: (11) 2233-9441 - e-mail: [egsilva@sabesp.com.br](mailto:egsilva@sabesp.com.br)

### RESUMO

A maioria das estações de tratamento encontra-se trabalhando acima de sua capacidade e requerendo um aumento de vazão em função da demanda que aumenta dia após dia. Uma grande parte dessas estações utiliza tradicionalmente o sulfato de alumínio como coagulante primário e poucas vezes usam algum tipo de polímero como auxiliar de floculação. Na escolha desses produtos nem sempre a qualidade da água a ser tratada é levada em consideração. Procurando atender aos padrões de qualidade exigidos e a sobrecarga que muitas vezes é inevitável, observa-se que em cada caso haverá um coagulante e/ou um auxiliar de floculação mais adequado a essas situações. De posse de tal constatação, faz-se necessário que se investigue em laboratório por meio novas metodologias, os vários produtos que aplicados à água bruta possibilitam obter água tratada com qualidade, em quantidade satisfatória, visando sempre o menor custo.

Este trabalho apresenta o estudo de alguns polímeros como alternativa de auxiliares de floculação/filtração no processo da ETA Guaraú. Atualmente, a busca por alternativas de material de tratamento tornou-se primordial no alcance do melhor desempenho do processo e qualidade da água a ser distribuída para a população da RMSP.

Sendo assim, o presente trabalho vem relatar um estudo realizado em uma estação de tratamento de água projetada para a vazão nominal de 33 m³/s porém, funcionando com picos de até 37 m³/s, apresentando por esse motivo, água decantada com altos valores de turbidez e cor, o que sobrecarrega os filtros.

Os estudos foram divididos em duas etapas, onde a primeira foram testes realizados em laboratório e a segunda será o teste em planta

**PALAVRAS-CHAVE:** Estação de Tratamento de Água, Aumento da capacidade de tratamento, Polímeros, Auxiliares de floculação, Cloreto de polialumínio, ETA Guaraú.

### INTRODUÇÃO

Dentre os principais objetivos de uma estação de tratamento de água (ETA) está a remoção de partículas coloidais e em suspensão, incluindo-se aí os microrganismos que, via de regra, se comportam como partículas na água, devido o seu tamanho e a carga superficial. A eficiência dos processos físico-químicos na adequação da qualidade da água bruta àquela exigida pelo padrão de potabilidade é medida, na operação rotineira da ETA, através da turbidez. O valor desse parâmetro para a água filtrada, indicado pela Portaria do Ministério da Saúde 518/2004, que estabelece o padrão de potabilidade no País, deve ser igual ou inferior a 1,0 UNT, similar ao de muitos outros países. Objetiva-se, deste modo, propiciar condições adequadas para a desinfecção final, reduzindo a probabilidade de microrganismos patogênicos comuns ficarem escudados da ação do agente desinfetante, notadamente o cloro. Entretanto, a preocupação com a ocorrência de microrganismos patogênicos emergentes e oportunistas nas águas de abastecimento, em formas bastante resistentes à desinfecção, tais como os oocistos do protozoário *Cryptosporidium* – haja vista o emblemático e grave surto de criptosporidiose de Milwaukee, Estados Unidos, em 1993 – reacenderam a busca pelo aprimoramento das estações quanto à sua concepção, projeto, operação e manutenção. Tal fato impulsionou a pesquisa científica e tecnológica relativa aos processos físico-químicos aplicados no tratamento de água. Almeja-se uma máxima remoção de partículas

na clarificação obtida pelas etapas de coagulação, floculação e decantação, complementada pela filtração em meio granular. Na literatura sugerem-se ou requerem-se eficiências de remoção de oocistos da ordem de 4-log para a ETA convencional. Adicionalmente, recomenda-se que a turbidez da água filtrada seja monitorada individualmente em cada filtro e permaneça, como meta, com valor igual ou inferior a 0,5 UNT a maior parte do tempo. Algumas companhias de saneamento podem estabelecer metas de qualidade que vão além dos valores estipulados na legislação, como por exemplo, de 0,1 UNT para a turbidez da água filtrada. Presume-se que quanto maior a remoção de partículas medidas indiretamente por meio do parâmetro turbidez, maior a remoção ou menor o risco de ocorrência de oocistos na água filtrada e final.

Os oocistos de *Cryptosporidium* apresentam tamanho da ordem de 4 a 6  $\mu\text{m}$ , bastante próximo àquele, em torno de 1  $\mu\text{m}$ , correspondente à menor eficiência de captura dos mecanismos da filtração em meio granular quando se consideram as condições normais de operação de uma ETA convencional: difusão, interceptação e sedimentação. Além disso, os oocistos, em geral, apresentam cargas elétricas negativas, como as demais partículas coloidais e em suspensão presentes na água, assim como os grãos coletores de areia e antracito, repelindo-se entre si. A otimização da coagulação química quanto à desestabilização das partículas pela redução ou neutralização das cargas elétricas superficiais, medidas por meio do potencial *Zeta*, e da floculação, pela melhor agregação das partículas aos flocos, assumem importância ainda maior, de modo que as partículas – quer se apresentem como flocos e microflocos, quer, eventualmente, isoladas – possam atingir os grãos coletores de antracito e areia e a eles fiquem aderidas. Neste sentido, o uso de polímeros orgânicos sintéticos como auxiliares de coagulação, floculação e ou filtração, assume importância crescente. Adsorção-neutralização de cargas e formação de pontes são os mecanismos preponderantes na ação dos polímeros (BOLTO & GREGORY, 2007).

A carreira de filtração de um filtro pode ser dividida em etapas: a etapa inicial ou de amadurecimento (*ripening*) que ocorre imediatamente após a lavagem e retorno à operação de um determinado filtro; a etapa de operação estável, em que a turbidez se mantém sistematicamente abaixo do valor estipulado como meta; e a etapa final, desde a iminência do traspasse de sólidos (*breakthrough*) até a interrupção da filtração, para nova lavagem do filtro. O risco maior, segundo diversos autores, de passagem de oocistos e outros microrganismos pode ocorrer na etapa inicial e na etapa final ou, eventualmente, se houver sobrecarga (excesso de vazão) ou falha na operação (por exemplo, erro coagulação química) durante o período estável, ocasionando picos localizados de turbidez ou, ao menos, da concentração de partículas (EMELKO, 2003). Dois critérios principais são utilizados para definir o encerramento de uma carreira de filtração: a perda de carga limite definida no projeto ou a qualidade limite (turbidez) da água filtrada. Um terceiro critério seria o tempo máximo de operação admitido.

A contagem de partículas (por tamanho e distribuição de tamanho) tem sido utilizada complementar ou alternativamente como ferramenta no estudo dos processos físico-químicos bem como na operação de ETA. Por exemplo, para detectar precocemente o início do período de traspasse (*breakthrough*) de sólidos, que possa conduzir preventivamente ao encerramento da carreira de filtração, para lavagem dos filtros, minimizando os riscos de traspasse de oocistos e outros microrganismos patogênicos. Isso porque se constatou que a curva de qualidade da água filtrada ao longo do tempo é mais sensível quando se monitora a contagem de partículas (concentração, por tamanho e distribuição de tamanhos) do que simplesmente a turbidez (ISAAC e FITZPATRICK, 2001). O monitoramento de partículas na faixa equivalente àquele dos oocistos pode levar a melhores práticas que maximizem a remoção; porém, ressalta-se que o método não é específico, isto é, não diferencia entre partícula e partícula, entre um microrganismo e outro. Estações de tratamento cujo manancial apresente sistematicamente valores baixos de turbidez e cor e que já apliquem polímeros como auxiliares de floculação e ou filtração, podem aperfeiçoar ainda mais os processos, utilizando a medida do potencial *Zeta* e a contagem de partículas, como antes descrito, na operação. Estações de tratamento de água (ETA) que tenham que operar acima de sua vazão nominal, em um contexto em que se enfrente elevada demanda, também podem se beneficiar do uso de polímeros como auxiliares ao tratamento. Na seleção desses produtos nem sempre a qualidade da água a ser tratada é levada em consideração, mas, usualmente, para cada caso haverá um coagulante e/ou um auxiliar mais adequado, em função da qualidade da água. Diante de tal constatação, faz-se necessário que se investigue experimentalmente, por meio de metodologias apropriadas, produtos, dosagens e outras condições operacionais que possibilitam obter água tratada com qualidade adequada, em quantidade satisfatória, com menor custo possível.

## OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho, parte integrante de um projeto temático mais amplo, teve por objetivo estudar, em escala de laboratório, os processos físico-químicos aplicados em estação de tratamento de água do tipo convencional para tratar água com baixa turbidez e cor aparente, sob condições de vazão ou taxa de filtração elevada, aplicando-se novos polímeros como auxiliares de floculação/filtração, no intuito de aumentar a duração das carreiras de filtração, porém mantendo-se a qualidade da água tratada dentro do padrão de potabilidade vigente ou, até mesmo, aprimorando-a.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso está sendo desenvolvido para a Estação de Tratamento de Água Guaraú, responsável por, aproximadamente, 48% da produção de água de abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A ETA Guaraú integra o Sistema Cantareira e encontra-se em operação há 36 anos. É uma planta do tipo convencional, ou seja, apresenta as etapas de coagulação química, floculação, decantação e filtração descendente com taxa constante, além disso, é praticada a pré-cloração, a inter-cloração, a desinfecção final e a fluoretação. A água bruta que abastece a estação, proveniente das represas que integram o sistema, possui valões dos parâmetros de cor e turbidez relativamente baixos durante todo o ano. Historicamente a ETA Guaraú utiliza como coagulante principal um sal a base de alumínio e, esporadicamente, a base de ferro, dependendo da qualidade da água bruta. A ETA tem vazão nominal de 33 m<sup>3</sup>/s; entretanto, opera com picos de até 37 m<sup>3</sup>/s, apresentando, sob tal condição, água decantada com altos valores de turbidez e cor, sobrecarregando-se os filtros e encurtando-se a duração das carreiras de filtração.

Quanto à coagulação química, quando a ETA opera com o sal de alumínio, há a necessidade da adição de polímero, sendo utilizado um do tipo não iônico, atuando como auxiliar de decantação e filtração. Nos meses da utilização do sal de ferro, não há tal necessidade. A ETA Guaraú possui seis câmaras de floculação que são interligadas aos respectivos decantadores. O volume de cada um dos sistemas, câmara de floculação/decantador é de, aproximadamente, 40.000 m<sup>3</sup>. Os decantadores da ETA operam com taxa média de 80 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia. Possuem sistema de remoção de lodo contínuo, sendo que uma vez ao ano cada um dos decantadores sofre parada para limpeza e manutenção. A água decantada, após um tempo de detenção de 2 horas no decantador, apresenta remoção média de turbidez em 75% com relação à água bruta. Essa água é direcionada aos filtros. No canal de aceso ocorre a inter-cloração, com a finalidade de inibir o crescimento de microrganismos no leito filtrante.

A ETA Guaraú possui 48 filtros de dupla camada (carvão antracito e areia) e opera com taxa constante de filtração, com valor de 350 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia. O acompanhamento da operação dos filtros e encerramento da carreira é feito por meio da perda de carga no leito filtrante e pela duração limite. Em tempos atuais, a carreira média de operação de cada filtro é de 30 horas. Após a filtração são adicionados à água filtrada cloro e ácido fluorsilícico para atendimento à legislação e cal para a correção de pH da água tratada. A água final apresenta qualidade muito superior àquela que é exigida pela Organização Mundial da Saúde, além de atender aos padrões da Portaria MS-518/2004.

O presente estudo será desenvolvido ao longo de três etapas de investigação experimental, bancada, piloto e real (*scale-up*). A primeira está sendo realizada em laboratório, em reatores estáticos (aparelho de *jar-test*) para obtenção de melhores condições operacionais quanto a dosagem de sulfato de alumínio como coagulante primário e valor de pH de coagulação, tempo de mistura e gradiente ótimo de floculação, conjugados ao tipo e dosagem de polímero (catiônico, aniônico e não iônico) como auxiliar de floculação/filtração. A segunda etapa será feita em escala piloto, portanto, em fluxo contínuo, em instalação existente no local, em que estão reproduzidas as condições dos filtros da ETA. Na terceira e última etapa, baseando-se nos resultados obtidos nas duas primeiras etapas, será aplicado na estação o coagulante e auxiliar de floculação sob as condições ótimas ali determinadas, para comprovação da eficiência do tratamento em termos de qualidade da água bem como duração das carreiras de filtração. Em função das características das unidades que compõem a estação, alguns parâmetros para execução dos ensaios das etapas 1 e 2 foram pré-fixados, procurando-se simular de forma aproximada o que ocorre na mesma. A metodologia para desenvolvimento dos ensaios é aquela descrita detalhadamente por DI BERNARDO (2006).

Os parâmetros de qualidade medidos incluem turbidez, cor aparente, pH, alcalinidade, potencial Zeta, tamanho e distribuição de partículas após cada etapa do tratamento. Em função das características das unidades que compõem a estação, alguns parâmetros para execução dos ensaios foram fixados, procurando-se simular de forma aproximada o que ocorre na mesma. Os resultados apresentados indicam o melhor tipo (catiônico, aniônico ou não iônico; de alta ou média massa molecular, de alta ou média densidade de carga) e respectiva dosagem, sendo a eficiência de remoção medida em termos de turbidez, cor aparente e contagem de partículas. Curvas de iso-remoção assim construídas indicam as regiões em que predominam as melhores condições de tratamento, isto é, de maior eficiência, assim identificadas para prosseguimento dos estudos rumo à investigação e aplicação em escala real.

## PRIMEIRA ETAPA: ESTUDOS EM LABORATÓRIO

Realizaram-se ensaios de coagulação-floculação-decantação em aparelhos de “jar-test”, com a água bruta coletada na ETA Guaraú.

Na ETA Guaraú utiliza o sulfato de alumínio como coagulante primário porém a água que abastece a estação caracteriza-se por apresentar valores baixos de turbidez e cor.

A Tabela 1 contém as principais características da água bruta estudada.

**Tabela 1: Características das águas estudadas na ETA Guaraú.**

Água Bruta									
DATA	Turbidez (NTU)			Cor (UC)			pH		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
jan/10	3,98	30,98	92,8	10	70	148	6,5	6,81	7,2
fev/10	4,06	9,62	52,9	2	33	104	6,47	3,75	7
mar/10	2,72	5,24	23,3	5	16	40	6,57	6,74	7
abr/10	2,18	6,1	39,5	7,5	17,55	50	6,54	6,72	7,02
mai/10	2,62	4,31	8,56	10	17	25	6,5	6,69	7,1
jun/10	2,97	4,27	18,2	10	17	22	6,56	6,73	7,01
jul/10	2,12	3,82	17,8	4	16	35	6,53	6,75	7,16
ago/10	1	3,64	11	6	14,5	22	6,2	6,8	7,2
set/10	1,4	3,14	11	10	15,3	38	6,6	6,79	7
out/10	1,9	4,4	11,5	1,3	15,6	30	6,6	6,81	7
nov/10	1,3	3,64	14,8	6,7	21,4	40	6,5	6,79	7,2
dez/10	6,7	6,82	7,1	1,3	20,6	44,8	6,7	6,82	7,1
jan/11	2,2	48,59	341	11,1	8,1	477	6,5	6,73	7
fev/11	3,7	7,4	80,4	1,6	27	64,2	6,6	6,78	7,1
mar/11	6,3	16,71	104	4,7	51,66	140,2	6,5	6,8	7

Em função das características das unidades que compõem a estação, alguns parâmetros para execução dos ensaios foram fixados, procurando-se simular de forma aproximada o que ocorre na mesma.

Os parâmetros de coagulação, floculação e velocidade de sedimentação foram definidos em laboratório conforme as dimensões de cada unidade de coagulação, floculação e decantação.

Depois o objetivo foi o estudo de polímeros, como auxiliares de floculação e filtração, a partir dos testes efetuados de melhor dosagem do sulfato de alumínio.

Nesta etapa foram testados 12 polímeros diferentes entre catiônicos, anônicos e não iônicos, com diferença de cargas. Foram fixadas as dosagens e variado o tipo de polímero. Mas não houve grande diferença entre eles, então será realizado novamente com 2 polímeros catiônicos, 2 anônicos e 2 não iônicos, variando as dosagens.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora o tratamento de água, historicamente, tenha se iniciado empiricamente, as técnicas de tratamento tem evoluído a partir do desenvolvimento científico e tecnológico e hoje se pode afirmar apropriadamente que são empregadas, de fato, tecnologias de tratamento. Para se avançar no aperfeiçoamento das unidades de tratamento tal como exigido pelos novos desafios, por exemplo, de remoção de partículas e microrganismos tais como oocistos de protozoários, notadamente da filtração, certamente há que se tratar tais processos e operações unitárias não apenas como caixas preta (black box), mas ir fundo na compreensão dos mecanismos que atuam, quer na coagulação química, quer na filtração em meio granular. Esse estudo pretende contribuir significativamente nesse sentido. Aliando o estado da arte a um amplo estudo de caso, desde a escala de bancada e piloto, até a escala real, em uma das maiores e mais importantes estações de tratamento de água do País.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Bolto, B.; Gregory, J. (2007). Organic polyelectrolytes in water treatment. *Water Research*, 41, 11, pp. 2301-2324.
2. Emelko, M.B. (2003). Removal of viable and inactivated *Cryptosporidium* by dual and tri-media filtration. *Water Research*, v.37, 12, pp. 331-338.
3. Isaac, R. L.; Fitzpatrick, C. S. B. (2001). Upflow direct filtration: performance effects of different backwash strategies. *Transactions of the filtration society*, v. 1, pp. 117-120.
4. Di Bernardo, L. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. Editora Rima, São Carlos.