

Aplicação de Polieletrólito como Solução de Emergência no Tratamento de Água *

DEPARTAMENTO DE CONTROLE SANITÁRIO DA SABESP (**)

RESUMO

O presente trabalho trata da aplicação de polieletrólito em estações de tratamento de água.

Relata uma experiência bem sucedida em situação de emergência. Finalmente, mostra ensaios levados a efeito, para a seleção de polieletrólitos disponíveis no mercado, em diversas ETAs da Grande São Paulo.

ÍNDICE

- I — Aplicação de polieletrólito como solução de emergência na Estação de Tratamento de Água do Alto da Boa Vista.
- 1 — Introdução
- 2 — Características da ETA Alto da Boa Vista
- 3 — Sistema de preparação e aplicação de polieletrólito

- 4 — Escolha do polieletrólito a ser aplicado
- 5 — Ponto de aplicação e dosagem de polieletrólito
- 6 — Dosagem média de produtos químicos
- 7 — Características da água bruta da ETA Alto da Boa Vista
- 8 — Condições de operação da ETA
- 9 — Resultados obtidos
- 10 — Conclusões
- 11 — Custos e benefícios.
- II — Estudo de laboratório.
- 1 — Técnica empregada
- 2 — Produtos testados
- 3 — ETA Alto da Boa Vista
- 4 — ETA do Guarau
- III — Aplicação de polieletrólito na ETA do Guarau.
- 1 — Introdução
- 2 — Características da ETA Guarau
- 3 — Ponto de aplicação e dosagem do polieletrólito
- 4 — Características da água bruta da ETA do Guarau
- 5 — Resultados obtidos

- 6 — Conclusão
- IV — Considerações finais.

I. APLICAÇÃO DE POLIELETRÓLITO COMO SOLUÇÃO DE EMERGÊNCIA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ALTO DA BOA VISTA.

1. Introdução

Devido ao rompimento de um dos seis decantadores da Estação de Tratamento de Água (ETA) do Alto da Boa Vista, em julho de 1976, a ETA foi obrigada a operar com apenas quatro decantadores. Em consequência, turbidez, cor e alumínio da água final atingiram valores elevados.

Para evitar a redução no abastecimento de São Paulo em aproximadamente 2,5 m³/s, foi adotada como solução de emergência a aplicação de polieletrólito, como auxiliar de floculação.

A ETA do Alto da Boa Vista foi construída para tratar um volume de 550 mil m³/dia, aproximadamente 6,4

(*) Trabalho apresentado ao 9.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte, julho de 1977.

(**) Chefe do Departamento: Engenheiro Luiz Henrique Horta Macedo.

m³/s. Devido ao rápido crescimento de São Paulo, houve necessidade de aumentar a sua capacidade de produção, melhorando sua operação e suas instalações, sem novas construções.

Atualmente, a ETA trata um volume médio de 9,4 m³/s, abastecendo aproximadamente 40% da população da Grande São Paulo.

Esta aplicação de emergência de polieletrólito foi possível graças aos testes de laboratório e à aplicação de polieletrólito na ETA do Guaraú — efetuados anteriormente pela Divisão Técnica de Tratamento — e também à colaboração do pessoal de operação da ETA Alto da Boa Vista.

2. Características da ETA Alto da Boa Vista

Trata-se de uma ETA do tipo convencional. A água bruta recebe sulfato de alumínio e cal, indo em seguida para o medidor Parshal. Depois, através de uma tubulação de 100 metros, vai para os floculadores, decantadores e filtros. Cada decantador tem seu floculador.

Floculadores

N.º de unidades: 6. Dimensões: profundidade: 4 m; comprimento: 16,40 m; largura: 22,75 m; volume: 1.490 m³.

Decantadores

N.º. de unidades: 6. Dimensões: profundidade: 4,90 m; comprimento: 100 m; largura: 25 m; área: 2.500 m²; volume: 12.250 m³.

Filtros

N.º de unidades: 24; área: 190 m²; camada de areia: 55 cm; tamanho efetivo: 0,45 a 0,55 mm; coeficiente de uniformidade: 1,3 a 1,6.

3. Sistema de preparação e aplicação de polieletrólito

Para a preparação da solução de polieletrólito em pó e líquido a uma concentração de 2%, foi utilizado um equipamento da Nalco. O equipamento de preparação consiste de:

□ Um tanque de aço inoxidável com capacidade para preparar 300 litros de solução.

□ Uma bomba centrífuga acoplada a um motor de 1,5 HP que serve como agitador para dissolver o polieletrólito em pó.

No caso do polieletrólito em pó, utiliza-se um dispersor para evitar a formação de pelotas.

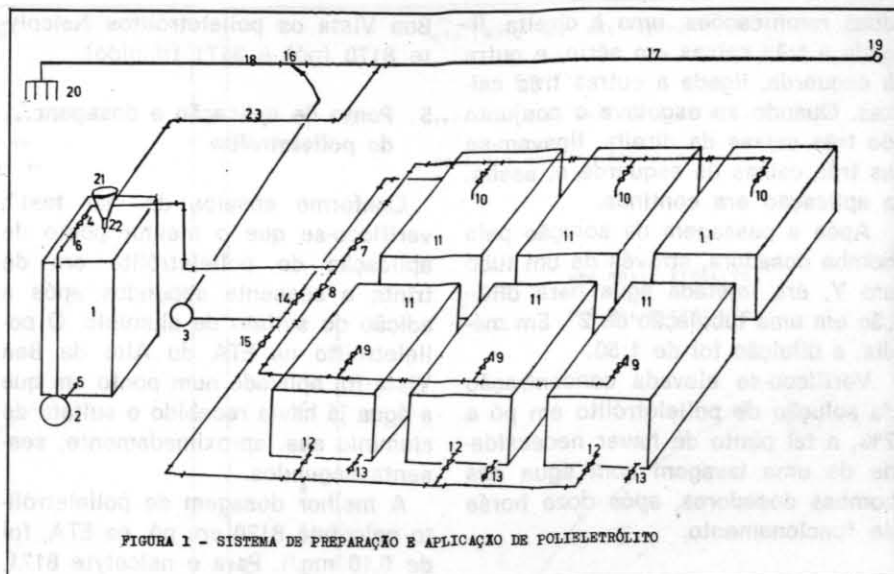


FIGURA 1 - SISTEMA DE PREPARAÇÃO E APLICAÇÃO DE POLIELETRÓLITO

ITENS DA FIGURA 1

1 — Tanque de preparação de solução.

2 — Bomba centrífuga de 1,5 HP para homogeneizar a solução.

3 — Bomba dosadora pistão com curso de 10 até 100.

4 — Registro para enviar a solução preparada para as caixas de armazenamento.

5 — Sucção da bomba centrífuga.

6 — Saída da bomba centrífuga.

7 — Registro para enviar a solução preparada para as caixas de armazenamento da esquerda.

8 — Registro para enviar a solução preparada para as caixas de armazenamento da direita.

9 — Registros para controlar a entrada da solução preparada nas caixas de armazenamento da direita.

10 — Registros para controlar a entrada de solução preparada nas caixas de armazenamento da esquerda.

11 — Caixas de armazenamento.

12 — Registros para controlar a saída de solução preparada das caixas de armazenamento.

13 — Drenos das caixas de armazenamento.

14 — Registros para succionar a solução preparada das caixas de armazenamento da esquerda.

15 — Registro para succionar a solução preparada das caixas de armazenamento da direita.

16 — "Y" — local de encontro da solução preparada com a água de diluição.

17 — Linha de água de diluição 2".

18 — Estrangulamento da linha de 2" com corrente dentro, para melhorar a mistura da solução com a água de diluição.

19 — Hidrante.

20 — Difusor que está colocado no canal de água coagulada.

21 — Cone receptor de polieletrólito pó.

22 — Dispersor.

23 — Linha de água para alimentar o dispersor.

Os tempos de preparação de 300 litros de solução dos polieletrólitos líquido e em pó foram de vinte e cinquenta minutos, respectivamente.

□ Uma bomba dosadora de pistão para dosagem da solução de polieletrólito.

A esse conjunto foi adicionada mais uma bomba dosadora de diafragma.

O conjunto motor-bomba de 1,5 HP foi adaptado para alimentar as caixas de armazenamento da solução de polieletrólito.

Foram utilizadas seis caixas de cimento amianto com capacidade de 6 mil litros, para armazenamento da solução. As seis caixas foram dispostas em série de três, interligadas

em paralelo, como se fossem caixas de 3 mil litros cada, como mostra a Figura 1.

A alimentação das caixas com solução de polieletrólito preparado foi feita por intermédio de uma tubulação de 2". Em todas as caixas foram instalados drenos para descarga, em caso de lavagem ou manutenção. Instalaram-se duas linhas de 3/4" para água — uma para alimentação do dispersor e outra para completar o nível do tanque de preparação —, reduzindo-se assim o tempo de preparação de uma carga de polieletrólito.

A solução de polieletrólito 2% era succionada pela bomba dosadora através de uma tubulação de 1" com

duas ramificações, uma à direita, ligada a três caixas em série, e outra à esquerda, ligada a outras três caixas. Quando se esgotava o conjunto de três caixas da direita, ligavam-se as três caixas da esquerda e, assim, a aplicação era contínua.

Após a passagem da solução pela bomba dosadora, através de um tubo em Y, era injetada água para diluição em uma tubulação de 2". Em média, a diluição foi de 1:50.

Verificou-se elevada concentração da solução de polieletrólito em pó a 2%, a tal ponto de haver necessidade de uma lavagem com água das bombas dosadoras, após doze horas de funcionamento.

4. Escolha do polieletrólito a ser aplicado

Com base em estudos anteriores efetuados pelo laboratório da Sabesp, foram selecionados os seguintes auxiliares de floculação para a ETA Alto da Boa Vista:

Superfloc N 100 COL da Cyanamid Química do Brasil.

Separan NP10 da Dow Chemical Company.

Nalcolyte 8170 e 8171 da Nalco Chemical Company.

Sílica ativada.

Este estudo está detalhado no item II deste trabalho.

Foram aplicados na ETA Alto da

Boa Vista os polieletrólitos Nalcolyte 8170 (pó) e 8171 (líquido).

5. Ponto de aplicação e dosagem do polieletrólito

Conforme ensaios de "jar test", verificou-se que o melhor ponto de aplicação do polieletrólito era de trinta a sessenta segundos após a adição do sulfato de alumínio. O polieletrólito na ETA do Alto da Boa Vista foi aplicado num ponto em que a água já havia recebido o sulfato de alumínio aos, aproximadamente, sessenta segundos.

A melhor dosagem de polieletrólito nalcolyte 8170 em pó, na ETA, foi de 0,10 mg/l. Para o nalcolyte 8171, líquido, foi de 0,20 mg/l.

6. Dosagem média de produtos químicos no período de julho a setembro de 1976

- sulfato de alumínio: 23 ppm
 cal: pré-alkalinização: 4,5 ppm
 correção do pH final: 6,5 ppm
 cloro: pré-cloração: 2,2 ppm
 pós-cloração: 1,9 ppm

7. Características da água bruta da ETA do Alto da Boa Vista

Durante o período de julho a setembro de 1976, as principais caracte-

terísticas da água bruta apresentaram as seguintes variações:

Turbidez: 15-21 FTU

Cor: 50-90 UC

pH: 6,3-6,6

Alcalinidade: 6,4-6,8 ppm em CaCO₃.

8. Condições de operação da ETA

A ETA Alto da Boa Vista foi projetada para tratar 6,4 m³/s. Seu volume médio de água tratada, no período de julho a setembro de 1976, foi de 9,4 m³/s.

Para esses volumes, damos abaixo as taxas de escoamento superficial dos decantadores para seis, cinco e quatro decantadores em funcionamento. O número de filtros em funcionamento foi, constantemente, 22.

9. Resultados obtidos

Apresentamos a seguir os resultados médios de turbidez, cor e alumínio obtidos em vários períodos.

10. Conclusões

Pela Tabela 1 verifica-se que o tempo de floculação foi sensivelmente diminuído. Esse tempo insuficiente de floculação traz como consequência a formação de flocos leves e pouco resistentes. Não se consegue uma boa remoção desses flocos no decantador, sobrecarregando-se os filtros. Quando há alta taxa de filtração e flocos pouco resistentes, estes, ao atingirem a camada filtrante, se quebram e conseguem atravessar o filtro, apresentando valores elevados de turbidez, cor e alumínio residual na água final, como mostra a tabela 2. Segundo ensaios de "jar test", feitos em laboratório, o tempo ótimo de floculação é de 25-30 minutos. Entretanto, quando se aplica polieletrólito, pode-se reduzir o tempo de floculação para onze minutos, sem prejuízo da floculação, decantação e filtração.

Pela Tabela 2 observa-se que, a partir da vazão de 9,4 m³/s, da taxa de escoamento superficial de decantação de 54 m³/m² dia (seis decantadores), do tempo de floculação de dezesseis minutos e da taxa de filtração de 178 m³/m² dia, a adição do polieletrólito já produz efeito na qualidade da água final, acentuando-se à medida que aumenta a taxa de aplicação dos decantadores e diminui o tempo de floculação.

Pela Figura 2 nota-se que, à medida que cresce a taxa de escoamento

Tabela 1

Vazão (m ³ /s.)	N.º decantadores em funcionamento	Taxa de escoam. superficial do decantador (m ³ /m ² dia)		Temp. de decantação (min.)	Temp. de floculação (min.)	Taxa de filtração (m ³ /m ² dia)
		Bruta	Final			
6,4	6	37	186	23	121	
9,4	6	54	126	16	194	
9,4	5	65	108	13	194	
9,4	4	81	97	11	194	

Tabela 2

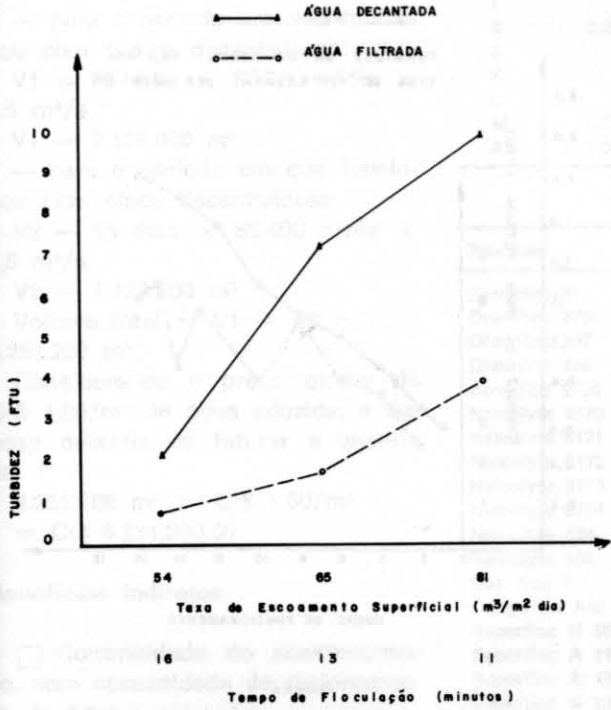
Resumo — Resultados médios

1976 Período	Tratam. c/poli-eletról.	Turbidez (FTU)				Cor (U.C.)		Alum. resid. final (mg/l)	N.º de decantadores
		Bruta	Decan.	Filtr.	Final	Bruta	Final		
1/7-8/7	não	15,0	2,2	0,81	0,62	90	2,2	0,20	6
16/7-21/7	não	16,5	10,0	4,4	4,0	68	12,4	0,51	4
23/7-28/8	sim	19,2	5,5	0,52	0,68	65	2,5	0,10	4
29/8-9/9	sim	17,6	5,1	0,46	0,52	55	2,5	0,07	5
11/9-30/9	não	17,5	7,3	1,81	1,62	49	2,8	0,15	5

ETA ALTO DA BOA VISTA

Figura -2

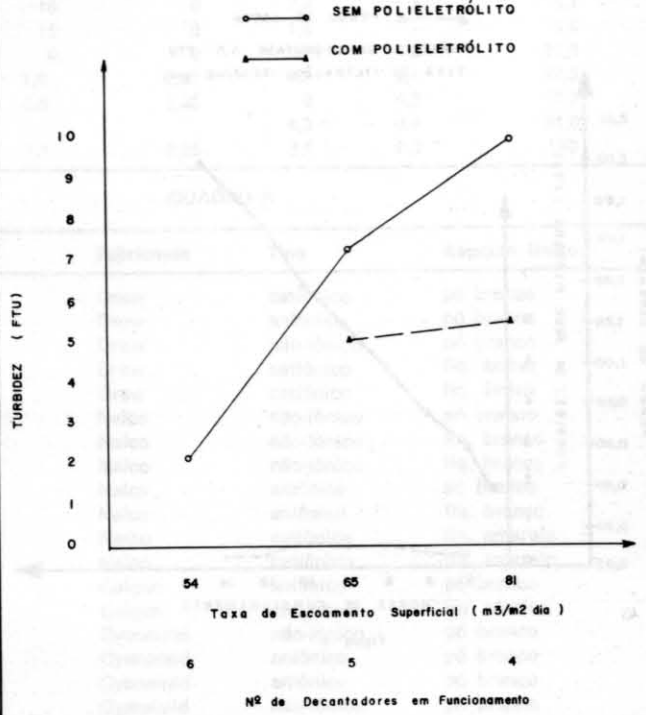
Influência da Taxa de escoamento Superficial do decantador e da diminuição do tempo de floculação na turbidez (sem polieletrólito)



ETA ALTO DA BOA VISTA

Figura 3

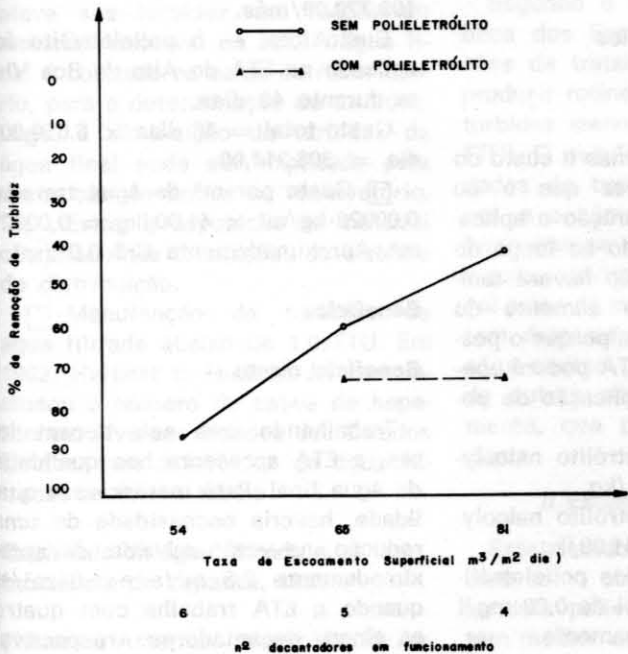
Influência do polieletrólito na Turbidez da Água Decantada



ETA ALTO DA BOA VISTA

Figura 4

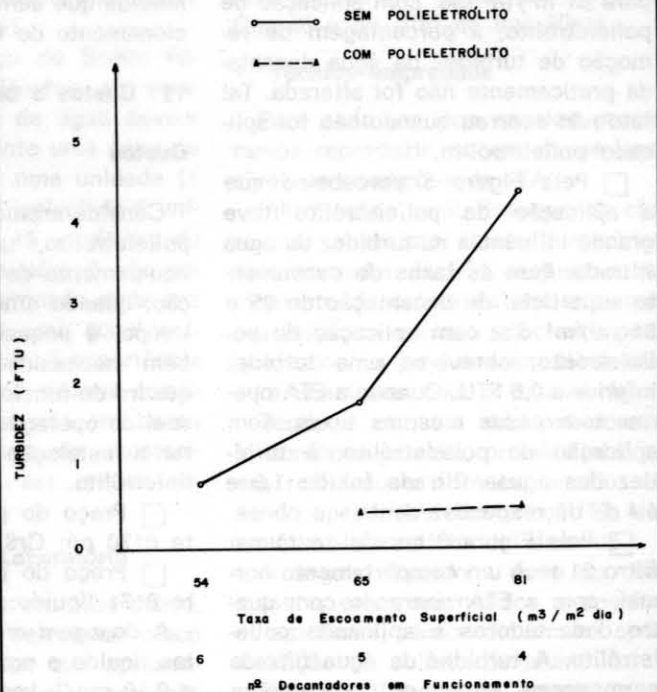
Influência do Polieletrólito Remoção da Turbidez da Água Decantada

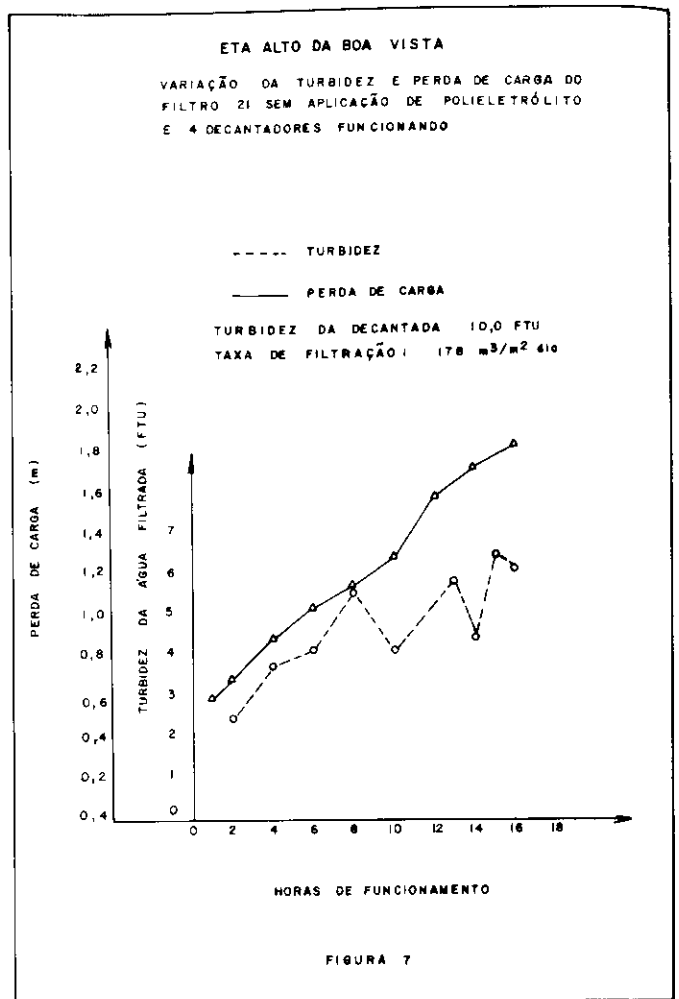
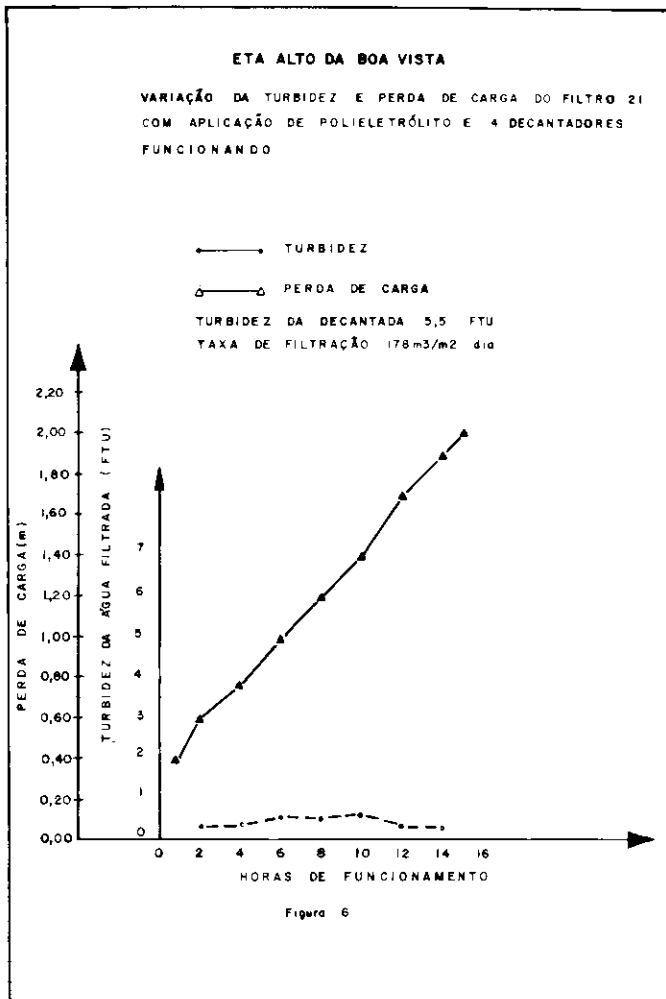


ETA ALTO DA BOA VISTA

Figura 5

Influência do Polieletrólito na Turbidez da Água Filtrada





mento superficial dos decantadores e diminui o tempo de floculação, a turbidez das águas decantada e filtrada aumenta.

□ Pelas Figuras 3 e 4 vê-se que, aumentando-se a taxa de escoamento superficial de decantação de 65 para 81 m³/m² dia, com aplicação de polieletrólito, a porcentagem de remoção de turbidez da água decantada praticamente não foi alterada. Tal fato não ocorreu quando não foi aplicado polieletrólito.

□ Pela Figura 5 percebe-se que a aplicação de polieletrólito teve grande influência na turbidez da água filtrada. Para as taxas de escoamento superficial de decantação de 65 e 81 m³/m² dia, com aplicação de polieletrólito, obteve-se uma turbidez inferior a 0,6 FTU. Quando a ETA operou com essas mesmas taxas, sem aplicação de polieletrólito, a turbidez das águas filtrada foi de 1,8 e 4,4 FTU, respectivamente.

□ Pela Figura 6 conclui-se que o filtro 21 teve um comportamento normal, com a ETA operando com quatro decantadores e aplicando polieletrólito. A turbidez da água filtrada permaneceu baixa e praticamente constante ao longo do tempo de fun-

cionamento do filtro. Entretanto, quando não se aplicou polieletrólito, a curva de turbidez foi totalmente anormal, conforme a Figura 8. Verifica-se que há passagem de grande quantidade de flocos através do filtro e que essa passagem cresce à medida que aumenta o tempo de funcionamento do filtro.

11. Custos e benefícios

Custos

Consideraremos apenas o custo do polieletrólito, uma vez que o do equipamento de preparação e aplicação, quando amortizado ao longo do tempo, é pequeno. Não haverá também necessidade do aumento do quadro de funcionários, porque o pessoal de operação da ETA poderá operar a instalação de aplicação de polieletrólito.

□ Preço do polieletrólito nalcolyte 8170 pó: Cr\$ 80,00/kg.

□ Preço do polieletrólito nalcolyte 8171 líquido: Cr\$ 41,00/kg.

A dosagem média dos polieletrólitos líquido e em pó foi de 0,20 mg/l e 0,10 mg/l, respectivamente.

Tomando como base:

□ Polieletrólito líquido 8171: Cr\$ 41,00/kg

□ Dosagem média: 0,20 mg/l = 0,20 g/m³ = 0,00020 kg/m³

□ Vazão média: 9,4 m³/s.

O custo diário será: 9,4 m³/s × 41,00/kg × 0,00020 kg/m³ × 86.400 s/dia = **6.659,00/dia.**

□ Custo mensal: 30 × 6.659,00 = **199.770,00/mês.**

Custo total — o polieletrólito foi aplicado na ETA do Alto da Boa Vista durante 46 dias.

Custo total = 46 dias × 6.659,00/dia = 306.314,00

□ Custo por m³ de água tratada: 0,00020 kg/m³ × 41,00/kg = 0,0082/m³. Aproximadamente Cr\$ 0,01/m³.

Benefícios

Benefício direto

Trabalhando com seis decantadores, a ETA apresenta boa qualidade de água final. Para manter essa qualidade, haveria necessidade de uma redução, na vazão aduzida, de aproximadamente 2,5 m³/s e 1,0 m³/s, quando a ETA trabalha com quatro e cinco decantadores, respectivamente.

A ETA trabalhou 44 dias com quatro decantadores. Desses 44 dias, em 33 dias foram aplicados polieletrólitos. Trabalhou ainda mais treze dias, com cinco decantadores, utilizando polieletrólito.

O volume que a ETA deixaria de aduzir, durante o período em que foi aplicado o polieletrólito, seria:

— para o período em que funcionou com quatro decantadores:

$$V1 = 33 \text{ dias} \times 86.400 \text{ s/dia} \times 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V1 = 7.128.000 \text{ m}^3$$

— para o período em que funcionou com cinco decantadores:

$$V2 = 13 \text{ dias} \times 86.400 \text{ s/dia} \times 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V2 = 1.123.200 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = V1 + V2 = \dots 8.251.200 \text{ m}^3.$$

Considerando o preço médio de Cr\$ 1,00/m³ de água aduzida, a Sabesp deixaria de faturar a quantia de:

$$8.251.200 \text{ m}^3 \times \text{Cr\$ } 1,00/\text{m}^3 = \text{Cr\$ } 8.251.200,00$$

Benefícios indiretos

Continuidade do abastecimento, sem necessidade de racionamento de água.

Evitar a deposição de lodo (flocos) nos reservatórios e caixas-d'água, eliminando a necessidade de freqüentes limpezas. Pela Tabela 2 se vê que, se a turbidez da água filtrada é maior que 0,8 FTU, há diminuição de turbidez da água final. A água filtrada da ETA recebe cal e cloro e, em seguida, passa por um reservatório de 45 mil m³. Sabe-se que a adição de cal na água filtrada eleva sua turbidez, em função do material insolúvel da cal. A água final é coletada na saída do reservatório, para a determinação de turbidez. Logo, a diminuição da turbidez da água final pode ser explicada pela deposição de flocos no reservatório.

Evitar a deposição de material coagulado nas tubulações do sistema de distribuição.

Manutenção da turbidez da água filtrada abaixo de 1,0/FTU. Em 1962, Herbert E. Hudson Jr. correlacionou o número de casos de hepatite em diversas cidades dos Estados Unidos com a turbidez da água filtrada, conforme tabela.

Qualidade da água filtrada e incidência de hepatite, 1953

("Journal American Water Works Association", outubro de 1961 - High -

QUADRO I

Cidade	Turbidez média	Bactérias		Pré-cloração ppm	Pós-cloração ppm	N.º de casos de hepatite por 100 mil pessoas
		% Presuntivo	% porções positivas Confirmativo			
E			0,05	4,0	0,2	0
F		0,8	0,14	8,5	0,5	2,4
G	0,15	0,15	0,08	6,0	0,1	3,0
C	0,10		0	1,0	0,3	4,7
H	0,25	12	0,01	7,0	0,3	4,9
I		16	0	2,4	1,5	5,1
B	0,2	15	0	1,6		8,6
J		0	0	0,75	1,0	11,5
K		1,0	0,03	4,9	0,4	12,5
L		4,5	1,25	0	0,3	17,3
M	0,3			4,3	0,4	31,0
A	1,0	7,1	0,05	3,6	0,7	130

QUADRO II

Produtos	Fabricante	Tipo	Aspecto físico
Drewfloc 21	Drew	catiônico	pó branco
Drewfloc 270	Drew	aniônico	pó branco
Drewfloc 307	Drew	não-iônico	pó branco
Drewfloc 410	Drew	catiônico	liq. âmbar
Amerfloc 2/20	Drew	catiônico	liq. âmbar
Nalcolyte 8170	Nalco	não-iônico	pó branco
Nalcolyte 8171	Nalco	não-iônico	liq. branco
Nalcolyte 8172	Nalco	não-iônico	liq. branco
Nalcolyte 8173	Nalco	aniônico	pó branco
Nalcolyte 8174	Nalco	aniônico	liq. branco
Nalcolyte 634	Nalco	catiônico	liq. amarelo
Nalcolyte 603	Nalco	catiônico	liq. amarelo
Cat. floc T	Calgon	aniônico	pó branco
Coagulant Aid 253	Calgon	catiônico	liq. incolor
Superfloc N 100 PWG	Cyanamid	não-iônico	pó branco
Superfloc A 110 PWG	Cyanamid	aniônico	pó branco
Superfloc A 130 PWG	Cyanamid	aniônico	pó branco
Superfloc N 100 S	Cyanamid	não-iônico	pó branco
Superfloc N 100 COL	Cyanamid	não-iônico	pó branco
Superfloc CMS 135	Cyanamid	não-iônico	pó branco
Superfloc 573	Cyanamid	catiônico	liq. âmbar
Superfloc 562 R	Cyanamid	não-iônico	liq. incolor
Separan NP 10	Dow	aniônico	pó branco
Separan AP 30	Dow	aniônico	pó branco
Separan AP 273	Dow	aniônico	pó branco
Silicato de sódio	Cia. Imperial (ICI)	aniônico (após ativação)	liq. incolor (necessidade de ativação)

Quality Water Production and Water Disease — Quadro I)

Segundo o Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos, as estações de tratamento de água devem produzir rotineiramente uma água de turbidez menor que uma unidade (1 FTU). O padrão permissível de 5 unidades de turbidez, 15 unidades de cor, e o número de odor 3 são valores que se vêm tornando cada vez menos aceitos para uma considerável parte da população. A experiência tem demonstrado que nessas condições muitas pessoas vão em busca de outras alternativas de abastecimento, que podem ser menos seguras.

II Estudo de Laboratório

Este estudo, feito em laboratório, teve como objetivo selecionar cinco ou seis polieletrólitos que apresentem melhor desempenho na remoção de turbidez da água decantada. Fo-

ram testadas as águas das ETAs do Guaraú e do Alto da Boa Vista.

1. Técnica empregada

Para cada um dos ensaios procuramos reproduzir, no que fosse possível, as condições da ETA.

Informações como dosagem de cloro, cal e sulfato foram fornecidas pelo operador da ETA respectiva no momento da coleta da amostra, que era feita em volume suficiente para que todos os produtos em teste fossem ensaiados com a mesma água. Tendo a amostra sido pré-clorada e, conforme o caso, pré-alcalinizada, era realizado o primeiro ensaio, visando apenas à determinação da dose ótima de sulfato de alumínio.

A seguir, fixando a dose do coagulante, eram submetidos a ensaios os auxiliares, sendo adicionados após a adição do sulfato de alumínio.

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

QUADRO III

Parâmetro	Bruta	ÁGUA	
		Pré-clorada	Pré-clorada e Pré-alcalinizada
pH	6,9	6,5	7,4
cor (U.C.)	65	65	65
Turb. (FTU)	21	19	21
Alcalinidade (mg/l de CaCO ₃)	7	6	8

QUADRO IV

Tempo (min)	Operação
0	Agitação de 120 rpm e a adição do coagulante
1/2	Adição do auxiliar
1	Agitação de 60 rpm
6	Agitação de 40 rpm
11	Agitação de 20 rpm
21	Parada da agitação

QUADRO V

Produto	Auxiliar (ppm)	pH	TURBIDEZ		
			Vs = 5,0	Vs = 3,5	Vs = 2,0
Sílica ativada	0,0	5,4	18,0	12,0	7,8
	0,5	5,4	17,0	12,0	6,7
	1,0	5,3	14,0	9,8	6,4
	1,5	5,3	9,9	7,1	5,1
	2,0	5,3	7,3	5,5	5,2
	3,0	5,3	5,4	4,4	4,2
	3,5	5,4	5,8	4,5	4,0
	4,0	5,4	3,4	2,7	2,6
	5,0	5,4	1,3	0,80	0,78
	6,0	5,4	0,84	0,62	0,57
Superfloc N 100 COL	0,00	5,4	18,0	15,0	6,6
	0,05	5,4	12,0	7,5	5,0
	0,10	5,3	8,8	6,5	4,9
	0,30	5,3	5,1	4,8	4,5
	0,60	5,3	5,2	4,9	4,8
	1,00	5,4	6,3	6,2	6,2
Separan NP 10	0,00	5,5	22,0	18,0	7,2
	0,05	5,5	17,0	10,0	5,3
	0,10	5,5	13,0	6,5	4,3
	0,30	5,5	4,8	3,6	3,5
	0,60	5,4	4,1	3,8	3,8
	1,00	5,4	4,3	4,2	4,2
Nalcolyte 8170	0,00	5,6	14,0	6,9	5,2
	0,05	5,5	12,0	5,5	4,2
	0,10	5,4	10,0	5,4	4,2
	0,30	5,4	4,4	4,2	4,2
	0,60	5,4	4,4	4,4	4,5
	1,00	5,5	4,8	4,8	4,8
Nalcolyte 8171	0,00	5,5	22,0	16,0	8,2
	0,05	5,6	10,0	7,0	5,0
	0,10	5,6	5,8	5,0	4,4
	0,30	5,6	5,9	5,9	5,9
	0,60	5,5	7,5	7,5	7,6
	1,00	5,6	10,0	10,0	10,0

QUADRO VI

Parâmetros	ÁGUA	
	Bruta	Pré-clorada
pH	7,5	7,0
Cor (U.C.)	17,5	17,5
Turbidez (FTU)	5,8	5,9
Alcalinidade (mg/l) de CaCO ₃	28	24

Jar Test, marca Turbitrol da Taulman Co.

Turbidímetro Hach, modelo 2100 A.

Acqua Tester da Hellige.

Potenciômetro Metrohn, modelo E 520.

Coletor de amostras simultâneo para seis frascos.

Empregaram-se as seguintes soluções:

Sulfato de alumínio a 1%.

Cal a 0,5%.

Soluções dos auxiliares de coagulação a 0,1%.

Água de cloro com concentração determinada diariamente.

2. Produtos testados

A sílica ativada, que é, igualmente, um auxiliar de coagulação, foi também estudada. Ela é obtida através da ativação do silicato de sódio pelo cloro.

Foram testados os seguintes produtos constantes no Quadro II.

A seguir relataremos, através de tabelas e figuras, as condições e os resultados dos vários ensaios realizados para os produtos selecionados.

3. ETA Alto da Boa Vista (TGA)

A água bruta foi pré-clorada ao "break point" com 2 mg/l e a seguir alcalinizada com 3,5 mg/l de cal. As águas apresentaram, em cada uma destas fases, as características indicadas no Quadro III.

Para todos os ensaios foi mantida a dosagem de 20 mg/l de sulfa de alumínio, determinada como sendo a dose ótima para a água em estudo.

Os ensaios obedeceram à programação do Quadro IV.

As amostras foram a seguir coletadas nas velocidades de sedimentação de 5,0, 3,5 e 2,0 cm/min, equivalendo uma taxa de escoamento superficial dos decantadores de 75, 52,5 e 30 m³/m² por dia respectivamente. Foram selecionados, sem qualquer classificação, os seguintes produtos: sílica ativada, superfloc N 100 COL, Separan NP 10, Nalcolyte 8170 e Nalcolyte 8171.

Os resultados obtidos podem ser visualizados no Quadro IV.

4. ETA Guaraú - TGU

A água bruta recebeu uma pré-cloração de 3 mg/l, atendendo a demanda, não tendo sido necessária a al-

calinização. As características das águas bruta e bruta pré-clorada estão indicadas no Quadro VI.

Durante todos os ensaios foi mantida fixa a dosagem de 10 mg/l de sulfato de alumínio, determinada como dose ótima. Os ensaios de "jar test" obedeceram à programação constante no Quadro VII.

A seguir, as amostras foram coletadas nas velocidades de sedimentação de 6,0, 3,0 e 1,5 cm/min, equivalendo uma taxa de escoamento superficial dos decantadores de 90, 45 e 22,5 m³/m² por dia, respectivamente. Foram selecionados seis auxiliares: sílica ativada, Nalcolyte 8170, Nalcolyte 8171, Drewfloc 307, Superfloc N 1005 e Superfloc CMS 135.

Os resultados obtidos estão contidos no Quadro VIII.

III — Aplicação de polieletrólito na ETA Guaráu

1 — Introdução

Com o objetivo de reduzir o número de floculadores e decantadores e de aprimorar a qualidade da água final, foram iniciados testes com e sem polieletrólito na ETA do Guaráu.

A primeira etapa da ETA Guaráu foi projetada para tratar uma vazão por decantador de 2,75 m³/s, ou seja, uma taxa de escoamento superficial do decantador de 40,5 m³/m²/dia. A etapa final da ETA tratará 33,0 m³/s com seis decantadores, sendo o dobro de vazão por decantador, em relação à primeira etapa, com taxa de escoamento superficial por decantador de 81,0 m³/m² dia.

"A priori", tal taxa de decantação parece exageradamente elevada, pois as ETAs da Sabesp que trabalham com taxas consideradas altas operam em torno de 60 m³/m² dia.

Hidraulicamente, os decantadores devem suportar essa sobrecarga, pois foram projetados para tais condições, porém em termos de tratamento e em se tratando de uma situação nova, nunca experimentada nas ETAs da Sabesp, foi merecedora de nosso estudo.

Após ensaios em laboratório, foram selecionados os seguintes produtos: sílica ativada, Drewfloc 307, Nalcolyte 8170 e 8171, Superfloc CMS 135 e N 100 s.

Foram aplicados os seguintes polieletrólitos.

- Nalcolyte 8170 — não-iônico, pó.
- Nalcolyte 8171 — não-iônico, líquido.

QUADRO VII

Tempo (min)	Operação
0	Agitação de 120 rpm e adição do coagulante
1/2	Adição do auxiliar
1	Agitação de 45 rpm
16	Agitação de 30 rpm
31	Agitação de 25 rpm
46	Parada da agitação

QUADRO VIII

Produto	Auxiliar (ppm)	pH	TURBIDEZ		
			Vs = 6,0	Vs = 3,0	Vs = 1,5
Sílica ativada	0,0	6,7	6,1	2,6	1,9
	0,3	6,7	4,7	0,80	0,33
	0,6	6,7	3,9	0,45	0,22
	0,9	6,7	1,5	0,30	0,18
	1,5	6,7	0,35	0,20	0,16
	2,7	6,7	0,60	0,55	0,55
Nalcolyte 8170	0,00	6,5	5,1	2,0	0,55
	0,05	6,6	6,1	0,80	0,32
	0,10	6,7	3,5	0,90	0,22
	0,30	6,7	1,5	0,32	0,26
	0,60	6,7	0,60	0,37	0,37
	1,00	6,7	0,65	0,55	0,53
Nalcolyte 8171	0,00	6,6	5,8	2,1	1,4
	0,05	6,6	4,4	1,5	0,35
	0,10	6,7	2,4	0,40	0,21
	0,30	6,7	0,45	0,25	0,25
	0,60	6,7	0,37	0,39	0,39
	1,00	6,7	0,40	0,40	0,39
Drewfloc 307	0,00	6,6	4,0	1,6	0,60
	0,05	6,7	1,5	0,60	0,40
	0,10	6,7	0,50	0,40	0,30
	0,30	6,7	0,35	0,26	0,25
	0,60	6,7	0,35	0,33	0,34
	1,00	6,8	0,40	0,40	0,36
Superfloc CMS 135	0,00	6,8	4,2	1,6	0,60
	0,05	7,0	1,5	0,60	0,55
	0,10	7,0	0,55	0,40	0,40
	0,30	7,0	0,35	0,35	0,33
	0,60	7,0	0,70	0,65	0,65
	1,00	7,0	1,2	1,2	1,2
Superfloc N 100 S	0,00	7,0	4,9	1,6	0,58
	0,05	7,0	1,7	0,54	0,53
	0,10	7,0	0,63	0,54	0,53
	0,30	7,0	0,80	0,72	0,68
	0,60	7,0	1,2	0,67	0,58
	1,00	7,0	1,4	1,2	0,76

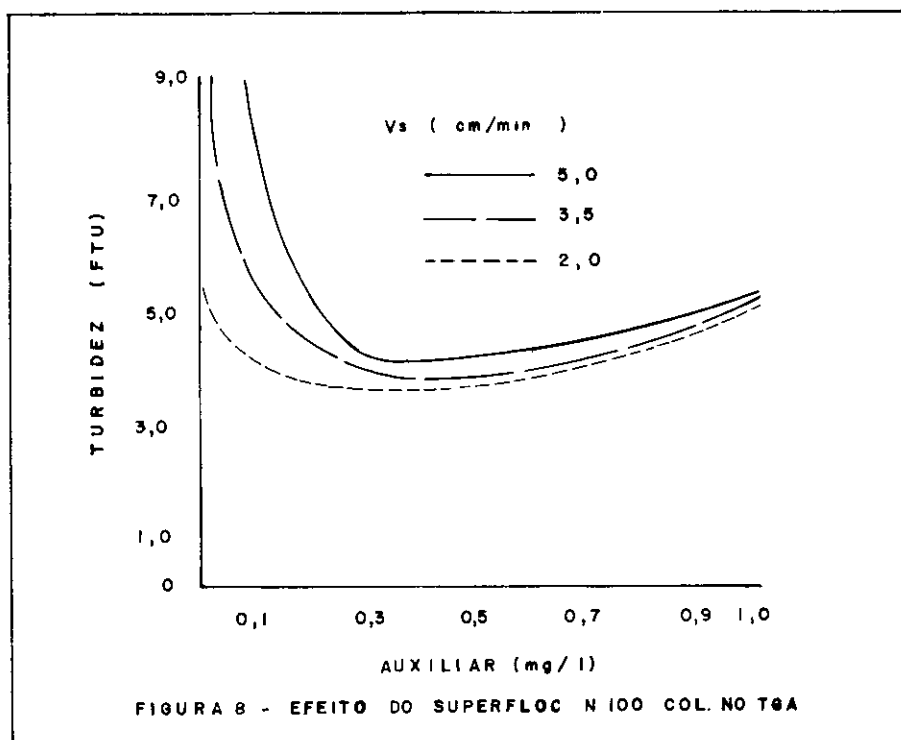
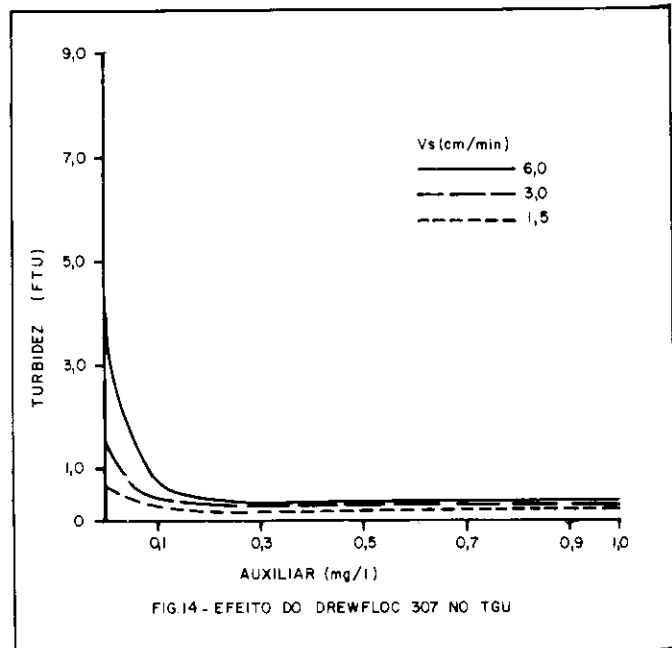
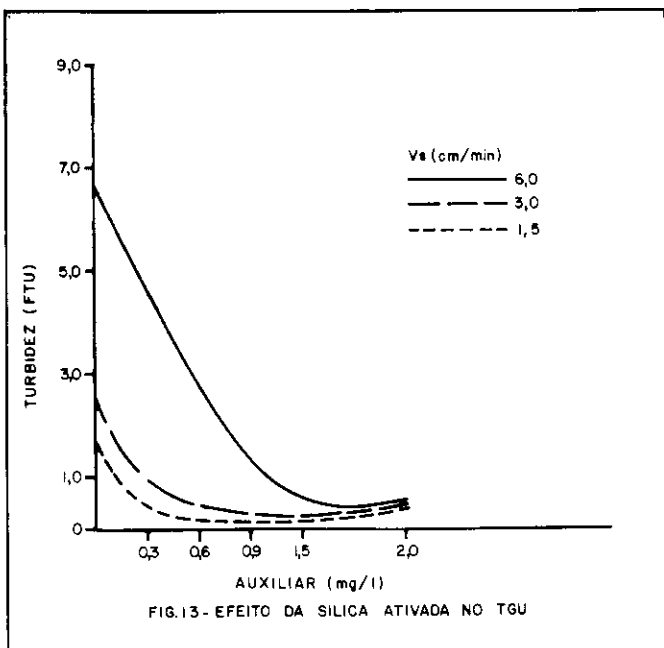
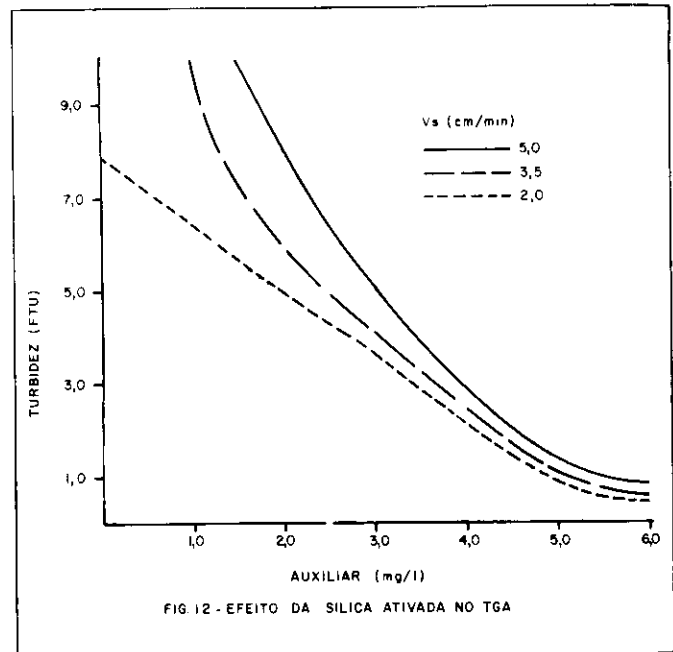
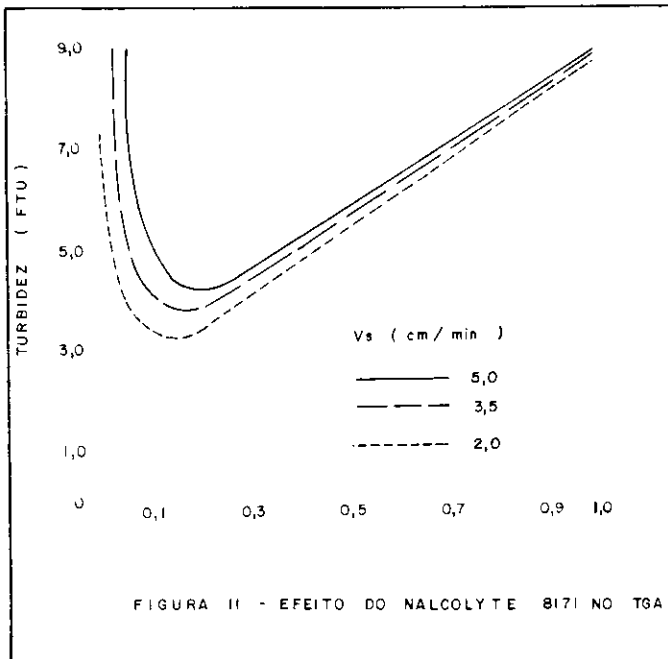
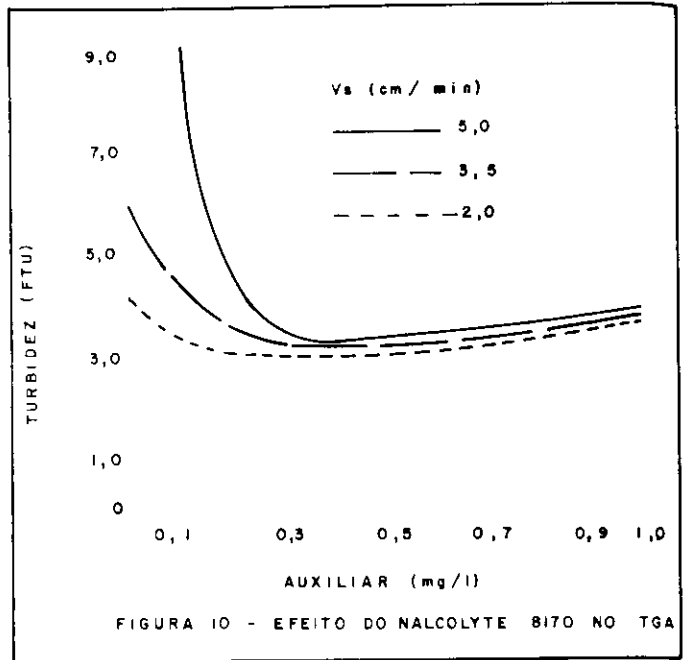
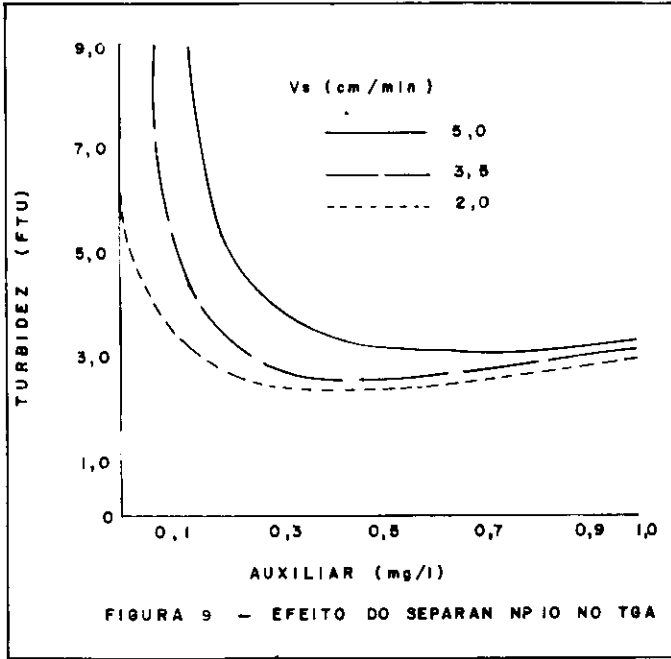
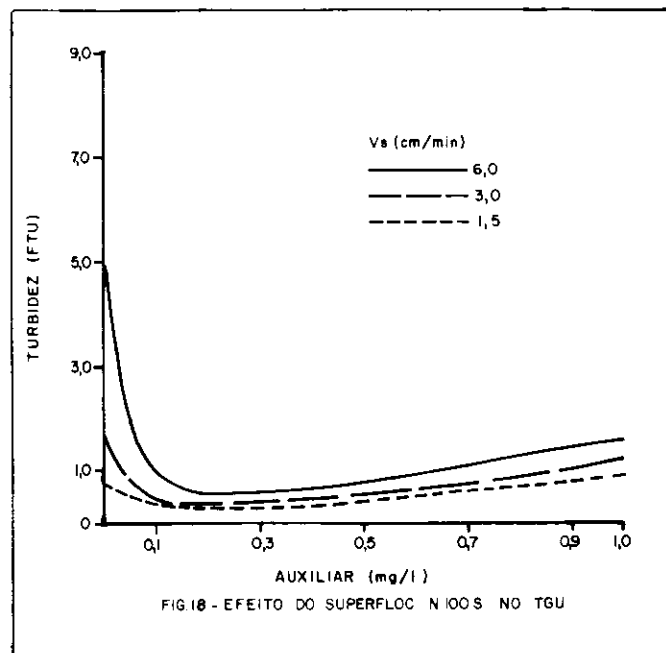
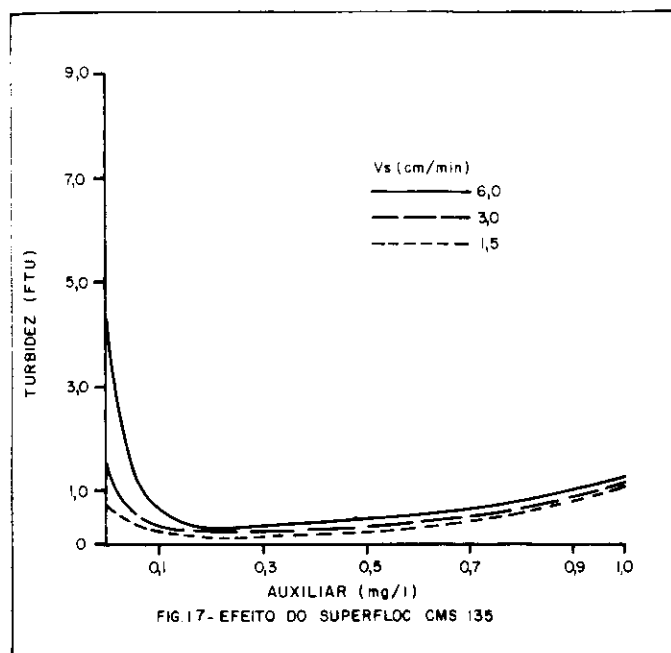
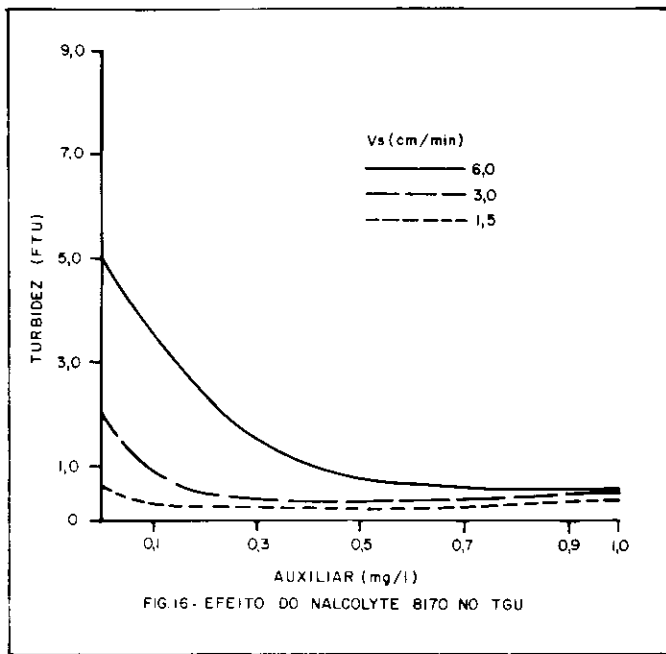
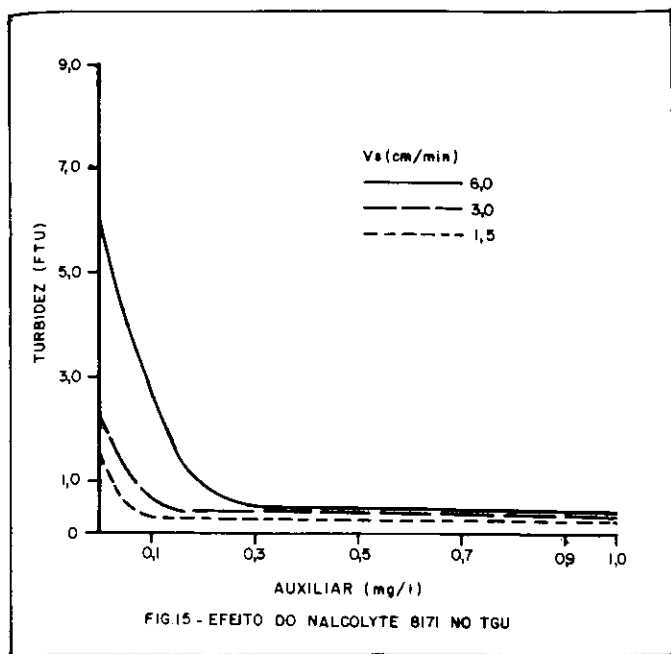


FIGURA 8 - EFEITO DO SUPERFLOC N 100 COL. NO TGA





O sistema de aplicação de polieletrólito foi o mesmo da ETA Alto da Boa Vista.

2 — Características da ETA Guarau

Trata-se de uma ETA com tratamento convencional. O volume de água bruta a ser tratado é dado por um medidor Venturi. A seguir a água bruta recebe o coagulante, que é disperso no misturador rápido, indo em seguida para os floculadores, decantadores e filtros.

Características do floculador

- Tempo de detenção: 49 minutos para vazão de 2,75 m³/s e 25 minutos para vazão de 5,5 m³/s.
- capacidade: 8.134 m³.

- profundidade: 4,9 m.
- Área: 1.660 m² (47 m x 35,3 m).
- número de agitadores: 12.

Características do decantador

- Tempo de detenção: 179 minutos para a vazão de 2,75 m³/s e 90 minutos para a vazão de 5,5 m³/s.
- Taxa de escoamento superficial: 40,5 m³/m² dia para a vazão de 2,75 m³/s e 81,0 m³/m² dia para a vazão de 5,5 m³/s.
- Volume: 29.375 m³.
- Profundidade: 4,9 m.
- Área: 5.875 m² — (47 x 125 m de comprimento).
- Número de removedores de lodo: 2.

Características dos filtros

- Filtros de dupla camada.
- N.º de filtros: 16.
- Área: 176 m².
- Camada de antracito: 53 cm.
- Tamanho efetivo: 0,85 a 0,90 mm.
- Coefficiente de uniformidade: < 1,70.
- Camada de areia: 30 cm.
- Tamanho efetivo: 0,41 a 0,45 mm.
- Coefficiente de uniformidade: < 1,55.
- Taxa de filtração: 336 m³/m²/dia.

3 — Ponto de aplicação e dosagem do polieletrólito

O ponto de aplicação de polieletrólito foi logo após a mistura rápida, aproximadamente aos dez segundos após a adição do sulfato de alumínio. A dosagem de polieletrólito variou entre 0,10 e 0,30 mg/l.

4 — Características da água bruta da ETA Guarará durante o período de 12-05-75 a 09-10-75

	Turbidez (FTU)	Cor (U.C.)	pH	(ppm CaCO ₃) Alcalinidade
Mínimo	4,0	15	6,0	15,9
Média	11,3	37,6	7,1	22,7
Máximo	180	400	7,5	27,9

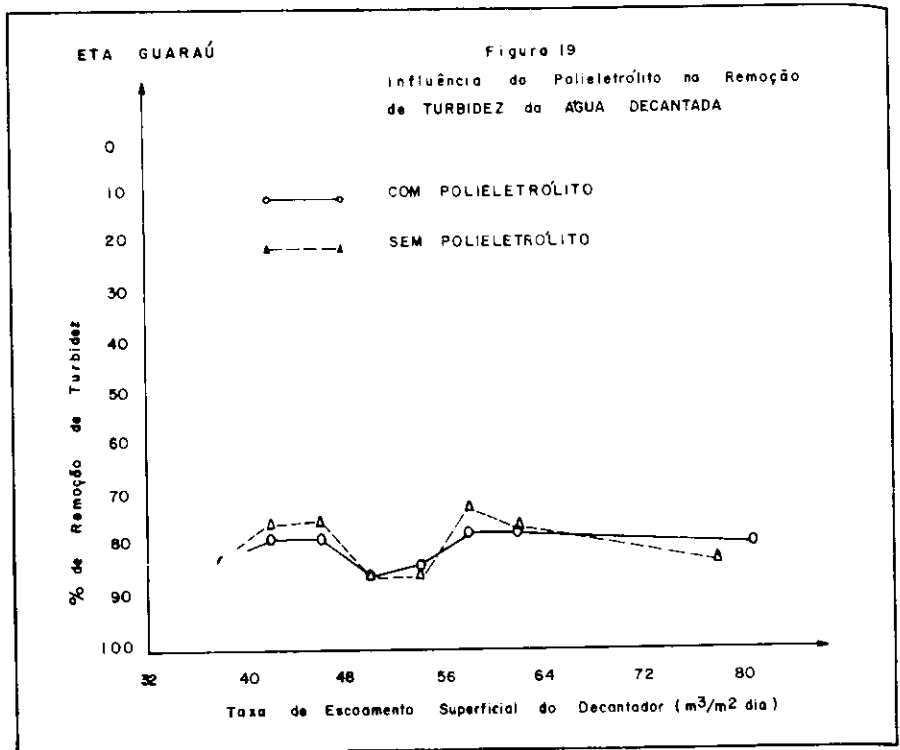
5 — Resultados obtidos

Durante a realização do teste com ou sem polieletrólito, tomamos dados semelhantes de vazões e turbidez da água bruta. Em seguida fizemos a comparação de remoção de turbidez da água decantada em função da taxa de escoamento superficial do decantador (Figura 19) Por exemplo, no dia 16-05-75 tivemos uma vazão média de 3,49 m³/s e a turbidez da água bruta foi de 18 FTU. No dia 30-05-75, as condições eram quase as mesmas, a vazão média de 3,4 m³/s e a turbidez da água bruta de 20 FTU.

No dia 20-06-75 fizemos um teste com polieletrólito e durante doze horas mantivemos uma vazão média de 5,5 m³/s. No dia 23-12-75 a ETA tratou uma vazão média de 5,3 m³/s e com a turbidez da água bruta próxima à do dia 20-06-75, sem a aplicação do polieletrólito. Os resultados estão na Tabela 3.

6 — Conclusão

Pela Figura 19, na qual foram relacionadas a taxa de escoamento superficial do decantador e a porcentagem de remoção de turbidez, observa-se que, até uma taxa de decantação de 81 m³/m² por dia, ou seja, uma vazão de 5,5 m³/s no decantador, não há grande diferença na re-



moção de turbidez entre o tratamento com e sem polieletrólito. Portanto, para a taxa de 81 m³/m² por dia não há necessidade da aplicação de polieletrólito, desde que se mantenha a qualidade da água bruta.

Com relação à turbidez da água filtrada, praticamente não houve diferença quando a ETA trabalhou com e sem a aplicação de polieletrólito.

O tempo médio de funcionamento dos filtros sem aplicação de polieletrólito foi de 56 horas. Com aplicação, foi de 43 horas.

IV — Considerações finais

1 — Os ensaios de Jar Test, efetuados em laboratório, possibilitam a seleção do polieletrólito mais adequado para uma determinada água bruta. Entretanto, não nos indicam a partir de que condições o polieletrólito começa a agir como auxiliar na

ETA. É praticamente impossível reproduzir as mesmas condições da ETA em ensaios de Jar Test.

2 — Baixa eficiência de remoção de turbidez da água decantada e/ou da água filtrada e tempo de floculação insuficiente podem ser solucionados pela aplicação de polieletrólito.

3 — Uma ETA pode operar satisfatoriamente com taxa de escoamento superficial de decantação de 80 m³/m² por dia, isto é, o dobro da taxa convencional, sem necessidade de aplicar polieletrólito. Entretanto, ela deve ser bem projetada, ter boa operação e manutenção e água bruta de boa qualidade.

4 — A aplicação de polieletrólito na ETA Alto da Boa Vista apresentou um custo adicional por metro cúbico de água tratada de aproximadamente 1 centavo.

REFERÊNCIAS:

- (1) Curso sobre tratamento de água com alta taxa de rendimento, patrocinado pelo convênio ABES/SUBIN em colaboração com o Centro Tecnológico de Saneamento Básico e a Companhia Metropolitana de Água de São Paulo.
- (2) "Ensaio sobre a aplicação de polieletrólitos na floculação de águas de abastecimento", Engenheiro José Roberto Campos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1972.
- (3) "Polyelectrolytes aids to better quality", Education Committee of American Water Works Association and United States Environmental Protection Agency, Chicago, June 1972.
- (4) "Water quality and treatment", American Water Works Association, 1971.
- (5) U.S. Public Health Service — Drinking Water Standards 1962.

TABELA 3

TRATAMENTO DIA	Com polieletrólito (0,20 ppm) 20-06-75 (12 horas)	Sem polieletrólito 23-12-75 (24 horas)
	Vazão média (m ³ /s)	5,5
Taxa de escoamento superficial do decantador (m ³ /m ² dia)	81	78
Taxa de filtração (m ³ /m ² dia)	330	320
Turbidez (FTU)	10,3	11,5
Bruta	2,2	1,9
Decantada	0,27	0,16
Filtrada	43	23
Cor (U.C.)	2,5	2,5
Bruta	22	22
Final	18	23
Alcalinidade total da água bruta (ppm)	22	22
Dosagem de sulfato de alumínio (ppm)	18	23
% de remoção de turbidez da água decantada	79	83