

Estudos dos trihalometanos (*)

Luís Henrique Horta de Macedo (1)
Masseo Noguti (2)
Heitor Yoshio Abe (3)

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Os Trihalometanos (THM)

Em 1974, surgiram nos Estados Unidos, através de trabalhos de R. H. Harris, as primeiras indicações da possibilidade de correlação entre a água de abastecimento e o câncer. Os estudos foram levados a efeito em Nova Orleans, onde a mortalidade por câncer é uma das mais altas daquele país.

Como consequência desses estudos, uma série de outros foram realizados. A EPA (Environmental Protection Agency) publicou em 1977 o relatório do "National Organics Monitoring Survey", com o resultado de pesquisa em 113 sistemas de abastecimento, de 27 compostos orgânicos "suspeitos de causar problemas à saúde da população". Dentre esses 27 compostos, quatro eram os chamados trihalometanos. Estavam presentes em todas as águas que recebiam cloro como desinfetante e apresentavam concentração superior aos demais contaminantes organo-sintéticos.

As consequências não se fizeram esperar. Em 1978, a EPA fez publicar a emenda proposta para o "National Interim Primary Drinking Water Regulations" onde aparecia pela primeira vez, entre os níveis de contaminantes, o valor 0,10 mg/l para o total de trihalometanos. A mesma emenda sugeria a utilização de carvão ativado granular como solução para a remoção dos produtos organo-sintéticos da água.

O ato gerou de imediato uma onda de reação por parte dos profissionais

que trabalham com abastecimento de água naquele país, refletida por vários artigos publicados, principalmente no "Journal da AWWA" (American Water-Works Association).

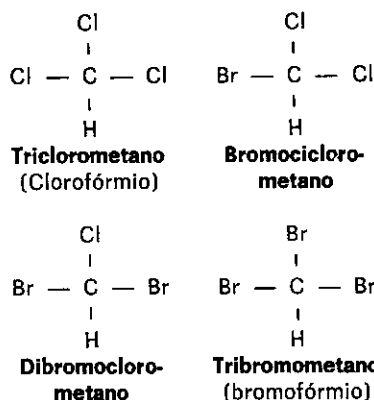
Apesar da controvérsia, a proposta foi mantida e, em 29 de novembro de 1979, o regulamento tornou-se definitivo. Desta forma, julgou-se prudente evitar que as águas de abastecimento contivessem trihalometanos acima de 100 µg/l, apesar de não haver indicações indiscutíveis sobre o problema.

Hoje, no mundo inteiro, os trihalometanos passaram a preocupar os serviços de abastecimento de água e como não poderia deixar de ser, também à Sabesp.

Mas o que são trihalometanos?

São membros de um grupo de compostos químicos orgânicos que contém um átomo de hidrogênio, um átomo de carbono e três átomos de cloro, bromo ou iodo.

Dos 10 possíveis compostos formados pela combinação dos cinco átomos acima enumerados, apenas quatro ocorrem de modo significativo:



Destes quatro compostos, o que aparece mais comumente, e o que tem chamado mais a atenção, é o clorofórmio, por ser também o que se forma em maior quantidade.

Esses compostos raramente existem na água bruta, sendo formados no tratamento, após a cloração. Eles são produzidos principalmente a partir de ácido húmicos, fúlvicos e himatomelânicos que chamamos, por essa razão, de precursores dos trihalometanos ou simplesmente precursores.

Os precursores aparecem na água bruta devido à decomposição de matéria vegetal que vem ter aos leitos dos rios e lagos sendo, portanto, mais abundantes em mananciais protegidos e que possuem maior quantidade de vegetação em suas margens. Em geral, os organo-sintéticos não são precursores.

Quanto aos efeitos sobre a saúde humana, podemos dizer que são objeto de estudo, sendo os THM suspeitos de serem potencialmente carcinogênicos.

1.2. Controle de Trihalometanos

Sendo a formação de trihalometanos decorrente principalmente da reação de orgânicos precursores com cloro, seu controle pode ser conseguido das seguintes maneiras:

- tratamento para remover precursores antes de se fazer a cloração;
- tratamento para remoção de trihalometanos após sua formação;
- uso de desinfetantes que não produzem trihalometanos.

No primeiro caso, teríamos a eliminação da pré-cloração ou sua remoção para após a decantação. Neste caso, procuraríamos remover os precursores por desestabilização e precipitação. São numerosos os casos apresentados pela literatura especializada, onde a simples eliminação da pré-cloração tem resolvido satisfatoriamente o problema. Não obstante, deve-se atentar para o fato de que ficamos sem um processo que inúmeras vezes tem-se mostrado eficiente no controle a algas, fermentação do lodo de fundo dos decantadores e oxidação de inúmeras substâncias que causam

(*) Trabalho apresentado no 12.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Camboriú, SC, Novembro de 1983.

(1) Chefe do Departamento de Controle Sanitário, Diretoria de Operação da Região Metropolitana, Sabesp
(2) Chefe da Divisão Técnica de Tratamento, Diretoria de Operação da Região Metropolitana, Sabesp
(3) Químico da Divisão Técnica de Tratamento, Diretoria de Operação da Região Metropolitana, Sabesp

uma série de inconvenientes ao tratamento. Além do mais, com a pré-cloração conseguimos um longo tempo de contato da água com o cloro em pH, geralmente abaixo de sete.

Em muitos casos, a eliminação da pré-cloração pode não ser indicada, devido aos fatos acima descritos. Pode-se, então, deslocá-la para mais adiante no processo de tratamento ou então lançar mão de outros modos de controle.

O segundo caso — tratamento para remoção de THM após sua formação — tem como solução típica o uso de carvão ativado em colunas ou no leito filtrante. No leito filtrante, o carvão deve ser retirado e substituído periodicamente. Quando se usa colunas, deve-se dispor de reserva para substituir aquelas que se saturam e deverão sofrer regeneração.

Este processo esbarra fundamentalmente no seu custo que se torna proibitivo nas grandes estações. Apesar de sua eficiência demonstrada por várias instalações existentes nos Estados Unidos, mesmo lá o custo e a complexidade das operações tem colocado esse processo sob reservas.

No terceiro caso — uso de desinfetantes que não produzem trihalometanos — podemos lançar mão de vários desinfetantes, tais como ozona, dióxido de cloro e cloraminas.

Ozono

Tem sido usada intensamente por franceses, russos, canadenses e em pequena escala nos Estados Unidos. A par de sua eficiência na remoção de gosto e odores e de ser desinfetante altamente eficiente na eliminação de bactérias e vírus, a ozona não produz trihalometanos. Fica no entanto, o problema de não deixar residual sendo assim, por essência, um desinfetante primário.

O principal argumento contra o uso do ozona está no seu custo. Mesmo assim, em 1977, 1.039 sistemas já usavam ozona em todo o mundo.

Por ser um oxidante energético, a ozona deve produzir muitos compostos cuja formulação e efeitos à saúde são desconhecidos.

Dióxido de Cloro

Foi usado pela primeira vez como desinfetante em 1944, em Niagara Falls, sendo hoje em dia empregado também para combater problemas de gosto e odor, principalmente aqueles provenientes de algas. Face ao cloro, apresenta para as mesmas dosagens, custo em até quatro vezes superior. É de fácil preparação, mas exige atenção e cuidado por parte da operação, pois é produzido junto ao local da aplicação, a partir do clorito de sódio, em presença de cloro em pH baixo. Este processo pode ser levado à formação de clorato tornando-se então perigoso.

Estudos recentes em animais tem demonstrado que o íon clorito apresenta efeito danoso para as hemácias do sangue, em concentrações acima de 10 mg/l. Por essa razão, a EPA recomenda que o residual de ClO_2 seja inferior a 0,5 mg/l para evitar problemas em pessoas sensíveis e crianças.

Cloraminas

São resultantes da reação do cloro com amônia. Essa é uma reação rápida e preferencial sobre a formação dos organo-clorados. Dessa maneira, consegue-se impedir a formação de trihalometanos.

As cloraminas foram muito usadas como desinfetante até que se introduziu a cloração ao **break point**. A nova técnica se mostrou muito mais eficiente na eliminação de vírus e bactérias, predominando desde então. Mesmo assim, um relatório de 1963 revelou a existência de 308 estações de tratamento nos Estados Unidos utilizando-se de cloramina e servindo uma população de aproximadamente 23 milhões de pessoas.

Aqui no Estado de São Paulo, a cidade de Campinas faz uso de cloraminas há mais de 40 anos e a cidade de Limeira há mais de 15 anos.

Comparações feitas, entre cloraminas e cloro livre em pH baixo, mostram que o tempo necessário para inativação de coliformes através do cloro livre chega a ser 100 vezes menor que o da cloramina. Quando, no entanto, o pH sobe, cai a disponibilidade de $HOCl$ e o cloro livre passa a ser predominantemente formado por $ion\ OCl^-$, cujo efeito bactericida diminui sensivelmente. A $20^\circ C$ e pH de 6,5 pode-se contar com 90% de $HC1O$ e 10% de $OC1^-$; já em pH 8,5 a situação se inverte e o efeito desinfetante do cloro livre e das cloraminas praticamente se equivalem. Assim, podemos dizer que do ponto de vista bacteriológico, o cloro residual existente nas redes de distribuição pode ser tanto livre quanto combinado sob a forma das cloraminas.

Quanto a custos, um artigo publicado pela "Journal da AWWA" de janeiro de 1981, apresenta um estudo completo que leva em conta a operação e manutenção e pode ser visualizado no Quadro 1.

2. ESTUDOS DOS TRIHALOMETANOS NA SABESP. RESULTADOS PRELIMINARES

O estudo, que se apresenta resumidamente a seguir, tem por objetivo:

- Avaliar os níveis de THM na Região Metropolitana de São Paulo;
- Verificar a necessidade de mudança do processo de tratamento de água;
- Experimentar e comparar processos alternativos de desinfecção visando diminuir a formação de THM.

Como orientação geral, procurou-se não afastar da eficiência bacteriológica alcançada pela cloração, como também não perder de vista a praticidade operacional e a viabilidade econômica dos processos estudados.

2.1. Concentração de THM na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

A RMSP é abastecida integralmente pelas seguintes Estações de Tratamento de Água (ETA): Alto da Boa Vista (TGA); Rio Grande (TRG); Rio Claro (TRC); Alto Cotia (TCA); Baixo Cotia (TCB) e Guaráu (TGU).

Nos meses de outubro e novembro de 1982, foram estudadas várias análises de THM na área abastecida pelas ETAs acima citadas da seguinte forma: um no ponto no final da ETA e dois pontos no sistema de distribuição (F-1 e F-2). O ponto F-2 é um ponto mais afastado da ETA e o F-1, um ponto intermediário entre a água final da ETA e F-2.

Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 2, podendo ser visualizados graficamente através da Figura 1. Observe-se que todas as ETAs da RMSP possuem pré e pós-cloração com residual de cloro livre na água final.

Pelos resultados obtidos observa-se:

- a) a água bruta é isenta de THM;
- b) após a água tratada sair da ETA, a tendência do THM é aumentar no sistema de distribuição;
- c) comparando com o padrão americano verifica-se que as ETAs TGU, TRG e TGA estão abaixo do mesmo; as ETAs TCA e TRC estão acima e a ETA TCB no limite;
- d) as águas tratadas nas ETAs TRC e TCA, vêm de represas totalmente protegidas contra a poluição prove-

Quadro 1 — Custo anual "per capita" em cruzeiros do processo de tratamento em função da população abastecida

Processo	Faixa de população abastecida (hab.)					
	10.000 a 25.000	25.000 a 50.000	50.000 a 75.000	75.000 a 100.000	100.000 a 1 milhão	Mais que 1 milhão
Ozono	1.920	1.536	1.536	1.472	1.024	896
Dióxido de Cloro	768	512	448	448	384	384
Cloração/Amoniação	192	128	128	128	128	128
Carvão ativado granulado	3.968	3.200	3.200	2.880	2.688	2.048

Nota: Preços de agosto/1983

Quadro 2 — Concentração total (*) de THM

ETA	THM ($\mu\text{g}/\text{l}$)			
	Bruta	Final	F-1	F-2
TGA	ND	57,5	61,5	83,5
TRC	ND	134,5	192,0	203,0
TRG	ND	46,5	66,5	82,0
TCA	ND	103,5	111,5	143,5
TCB	ND	100,5	97,0	104,5
TGU	ND	38,0	52,0	59,5

Observações:

(*) A Concentração total de THM engloba os seguintes trihalometanos:
 clorofórmio (CHCl_3);
 diclorobrometano (CHCl_2Br);
 dibromoclorometano (CHBr_2Cl) e
 tribromometano (CHBr_3)

ND - Não detectado

niente da ação do homem. Seus mananciais estão situados em uma região de florestas. As concentrações de THM acima de $100\mu\text{g}/\text{l}$ provavelmente são devidas à decomposição de vegetação dos mananciais, originando os precursores do THM;

e) a formação de THM não é função do cloro aplicado, pois ETAs com baixa dosagem de cloro apresentam alta concentração de THM.

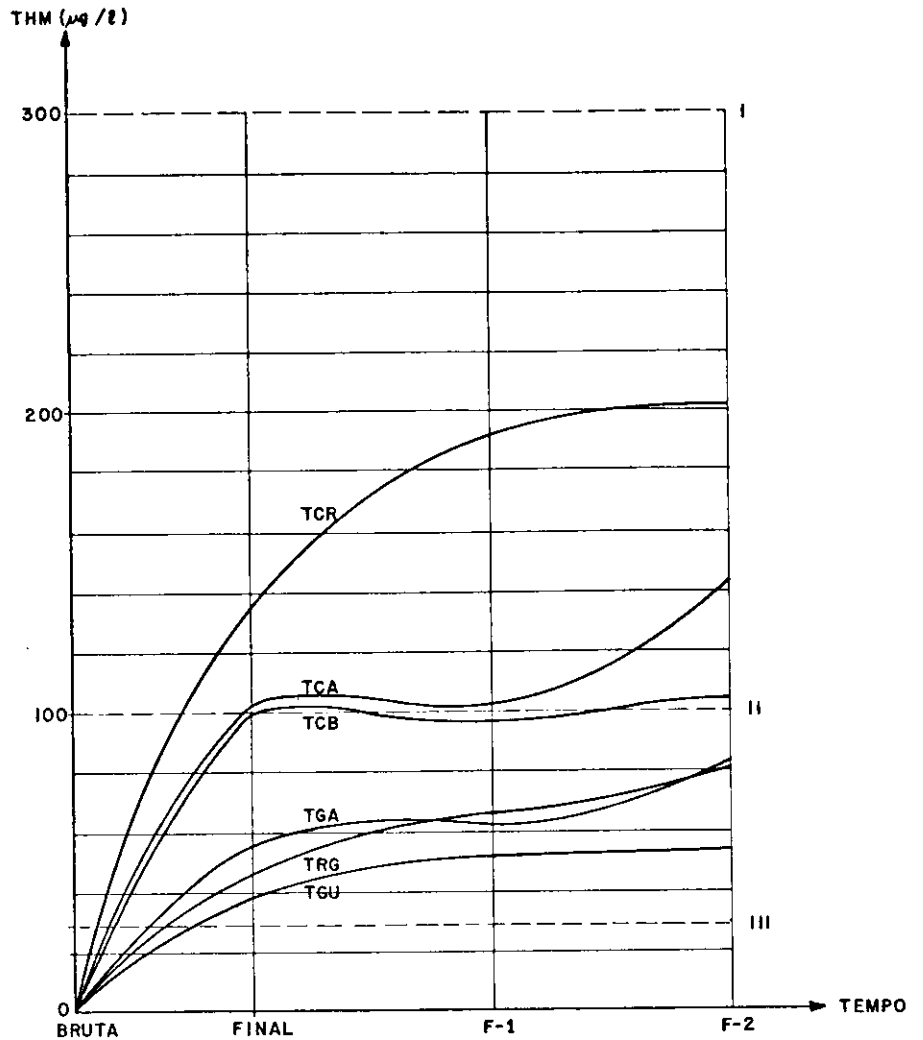
2.2. Ensaio em ETA Piloto

Com o objetivo de experimentar e comparar processos alternativos de desinfecção, visando diminuir a formação de THM, foi efetuada uma série de ensaios em ETA piloto.

A ETA piloto foi inicialmente construída visando aferir parâmetros para projetos a serem utilizados na ampliação da ETA Cubatão.

Esquemáticamente, a ETA piloto está representada na Figura 2. Ela é abastecida por dois tipos de água bruta: do rio Cubatão, com pouca poluição e da represa Billings, bastante poluída.

Após a caixa de reunião (CR), há três caixas de mistura (CM), com tempo de contato de 1 minuto, providas de agitadores e onde são adicionados os produtos químicos. Em seguida, a água é encaminhada para dois floculadores, providos de agitadores mecânicos. O tempo de floculação é de 22 minutos. Depois dos floculadores, a água é encaminhada para dois decantadores de módulos tubulares com tempo de detenção de 44 minutos. A ETA Piloto possui quatro filtros rápidos de dupla camada filtrante, de carvão antracitoso e areia, com taxa de filtração de $340\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$. A água filtrada é recebida em uma caixa de 100 l e é bombeada para uma caixa de mistura (CM-4), onde recebe os produtos químicos de pós-tratamento. Em seguida, vai a um



- I - PADRÃO CANADENSE : $300\mu\text{g}/\text{l}$
- II - PADRÃO AMERICANO : $100\mu\text{g}/\text{l}$
- III - PADRÃO ALEMÃO : $30\mu\text{g}/\text{l}$

Figura 1 — THM na região metropolitana de São Paulo

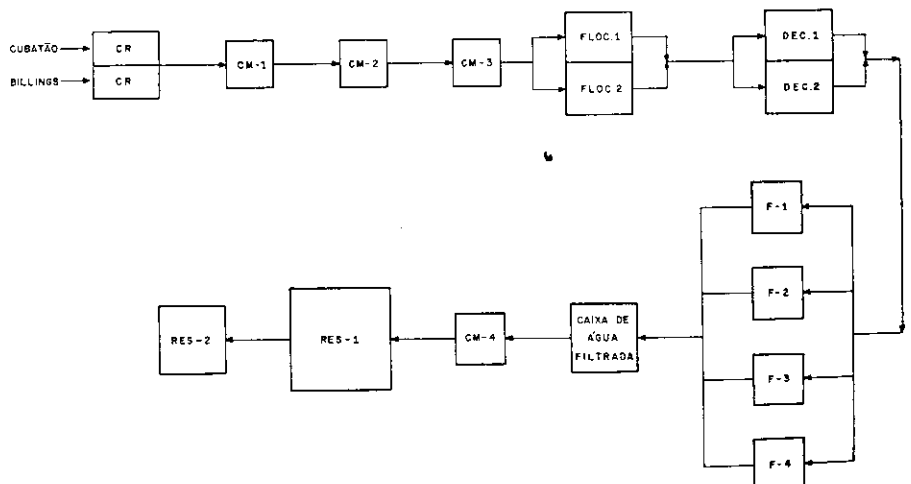


Figura 2 — Esquema da ETA piloto

reservatório onde são efetuadas as coletas de amostras com tempo de contato de até um dia. O reservatório 2 armazena água com dois dias de tempo de contato.

Todos os produtos químicos são aplicados em forma de solução, através de bombas dosadoras. Os produtos químicos utilizados foram: sulfato de alumínio, cloreto férrico, hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio, amônia, dióxido de cloro. Foi utilizado também o carvão ativado em pó.

Todas as análises foram feitas de acordo com o Standart Methods/13ª Edição. A análises de THM e TOC foram feitas pelo laboratório da Cetesb.

Foram efetuados testes na ETA piloto com os seguintes processos de tratamento:

- A. Aplicação de cloramina no início do tratamento;
- B. Cloração ao **break point** no início do tratamento;
- C. Cloração ao **break point** no início do tratamento e aplicação de cloramina na água decantada;
- D. Cloração ao **break point** no início do tratamento e aplicação de cloramina na água filtrada;
- E. Aplicação de cloramina na água filtrada e carvão ativado em pó no início do tratamento;
- F. Aplicação de cloramina e carvão ativado em pó, ambos no início do tratamento;
- G. Cloração ao **break point** no início do tratamento e cloramina no fim do tratamento;
- H. Cloração ao **break point** e carvão ativado em pó ambos no início do tratamento de cloramina na água filtrada;
- I. Aplicação de dióxido de cloro início do tratamento;
- J. Aplicação de dióxido de cloro no início do tratamento e cloramina na água filtrada;
- K. Aplicação de dióxido de cloro e cloramina, ambos no início do tratamento;
- L. Aplicação de dióxido de cloro no início do tratamento e **break point** na água filtrada;
- M. Aplicação de dióxido de cloro e **break point** ambos no início do tratamento;
- N. Aplicação de dióxido de cloro, carvão e **break point**, todos no início do tratamento.

Destes ensaios todos, escolhemos os processos A, B, C, D, H, L e J, que foram os que apresentaram melhores perspectivas de serem aplicados numa estação de tratamento.

Nesta fase, procurou-se testar com maior rigor a segurança bacteriológica dos processos de tratamento. Com a participação de pessoal técnico da Cetesb, foram inoculados artificialmente na água bruta a *Salmonella Typhimurium* e Polivírus Vacinal (Sabin 1). Esses microorganismos foram esco-

Quadro 3.1 — Resultados de ensaios na ETA-Piloto (Processos A, B e C)

Água	Cloro aplic. (mg/l)	pH	Cor (UC)	Turbi dez (NTU)	CRT (mg/l)	CRL (mg/l)	CRC (mg/l)	T. THM (µg/l)	TOC (mg/l)
------	---------------------	----	----------	-----------------	------------	------------	------------	---------------	------------

Processo A - Aplicação de cloramina no início do tratamento

Bruta	4,0	7,4	45	2,4	-	-	-	ND	16,2
Decantada	-	6,3	15	3,1	3,4	0,0	3,4	-	-
Filtrada	-	6,3	<5	0,53	3,1	0,0	3,1	-	-
Final	-	8,5	<5	0,46	2,6	0,0	2,6	2,0	11,0
Final-1 dia	-	8,4	<5	0,43	2,3	0,0	2,3	ND	-
Final-2 dias	-	8,4	<5	0,45	2,2	0,0	2,2	ND	-

Processo B - Cloração ao break point no início do tratamento

Bruta	38,0	7,4	65	9,4	-	-	-	ND	10,5
Decantada	-	6,3	12	4,2	6,8	6,1	0,7	-	-
Filtrada	-	6,3	<5	0,44	4,8	4,1	0,7	-	-
Final	-	8,4	<5	0,52	4,7	4,2	0,5	74,0	7,5
Final-1 dia	-	8,4	<5	0,45	3,5	3,1	0,4	104,5	-
Final-2 dias	-	8,2	<5	0,45	2,4	2,1	0,3	103,0	-

Processo C - Cloração ao break point no início do tratamento e aplicação de cloramina na água decantada

Bruta	45,5	7,4	60	6,8	-	-	-	ND	13,2
Decantada	-	6,3	7	2,8	5,5	0,2	5,3	-	-
Filtrada	-	6,3	<5	0,31	4,1	0,1	4,0	-	-
Final	-	8,6	<5	0,41	3,0	0,0	3,0	64,5	10,0
Final-1 dia	-	8,5	<5	0,38	1,2	0,0	1,2	62,0	-
Final-2 dias	-	8,5	<5	0,36	1,0	0,0	1,0	47,0	-

Observ.:

CRT - Cloro Residual Total
CRL - Cloro Residual Livre
CRC - Cloro Residual Combinado

T. THM - Total de THM

TOC - Carbono Orgânico Total

lhidos por serem considerados mais resistentes que os coliformes durante o processo de desinfecção e pelo risco que causam quando presentes na água do consumo humano.

O coagulante utilizado foi o sulfato de alumínio.

Os resultados obtidos estão apresentados nos Quadros 3.1, 3.2 e 3.3.

O resumo dos resultados obtidos de THM nos testes finais acham-se registrados no Quadro 4 e na Figura 3.

2.3. Conclusões

a) Todos os processos testados apresentam ausência de coliformes, *Salmonella Typhimurium* e Polivírus na água final.

b) Os tratamentos que utilizam cloração ao **break point** produziram maiores quantidades de THM. Este último aumenta de concentração com o decorrer do tempo (processo B).

c) O tratamento utilizando cloração ao **break point** e aplicando amônia na água final, mostra que a formação de THM é interrompida. Após a aplicação de amônia a concentração de THM tende a decrescer.

d) Ensaios com carvão ativo em pó indicaram baixa eficiência na remoção de THM.

e) Na água testada, dosando-se 1 mg/l de dióxido de cloro não se conse-

Quadro 3.2 — Resultados de ensaios na ETA-Piloto (Processos D e H)

Água	Cloro aplic. (mg/l)	pH	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	CRT (mg/l)	CRL (mg/l)	CRC (mg/l)	T.THM ($\mu\text{g/l}$)	TOC (mg/l)
------	---------------------	----	----------	----------------	------------	------------	------------	---------------------------	------------

Processo D - Cloração ao break point no início do tratamento e aplicação de cloramina na água filtrada

Bruta	46,5	7,4	45	4,7	-	-	-	ND	15,0
Decantada	-	6,2	7,5	2,5	5,4	3,7	1,7	-	-
Filtrada	-	6,4	< 5	0,35	4,6	3,5	1,1	-	-
Final	-	8,3	< 5	0,34	4,0	0,0	4,0	74,0	10,0
Final-1 dia	-	8,2	< 5	0,32	3,4	0,0	3,4	61,0	-
Final-2 dias	-	8,1	< 5	0,31	3,1	0,0	3,1	54,5	-

Processo H - Cloração ao break point e carvão ativo em pó no início do tratamento e aplicação de cloramina na água filtrada

Bruta	50,5	7,2	55	2,9	-	-	-	ND	14,2
Decantada	-	6,2	7,5	3,8	5,1	4,1	1,0	-	-
Filtrada	-	6,3	< 5	0,65	3,9	3,1	0,8	-	-
Final	-	8,5	< 5	0,58	3,1	0,0	3,1	56,0	11,0
Final-1 dia	-	8,5	< 5	0,52	2,8	0,0	2,8	64,0	-
Final-2 dias	-	8,5	< 5	0,48	2,5	0,0	2,5	56,5	-

guiu obter residual desse desinfetante na água filtrada, devido a alta demanda de dióxido de cloro na água bruta. O residual de ion clorito na água final permaneceu acima de 0,5 mg/l (máximo recomendado pela EPA) quando o dióxido de cloro foi utilizado sozinho ou com amônia no tratamento. Quando foi utilizado o tratamento ao **break point**, o residual de clorito ficou abaixo de 0,5 mg/l.

f) Sob o ponto de vista de controle de THM, o tratamento com dióxido de cloro no início do tratamento e clo-

ramina na água filtrada, é bastante eficiente. O mesmo fato ocorre com a aplicação de cloramina no início do tratamento.

g) O coagulante cloreto férrico é um pouco mais eficiente na remoção de THM, quando comparado com o sulfato de alumínio.

3. RECOMENDAÇÕES

Os dados até aqui coletados nos levam a crer que cloroamoniação é o processo mais adequado do ponto de vista técnico e econômico para o con-

trole de THM nas águas de abastecimento.

Em continuidade ao estudo em ETA piloto apresentado, o corpo técnico da Sabesp, decidiu que deveria ser testado na ETA Alto Cotia o processo de influência no processo de tratamento cloro e amônia, para avaliar em escala industrial a eficiência do mesmo, sua e na rede de distribuição.

Nesse teste serão tomadas as providências para que a água final da ETA e do sistema de distribuição estejam rigorosamente dentro dos padrões de potabilidade em vigor.

Quadro 3.3 — Resultados de ensaios na ETA-Piloto (Processos L e J)

Água	Cloro aplic. (mg/l)	pH	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	Resid. ClO ₂ (mg/l)	CRL (mg/l)	CRC (mg/l)	Resid. ClO ₂ (mg/l)	T.THM (µg/l)	TOC (mg/l)
Processo L — Aplicação de dióxido de cloro no início do tratamento e cloração ao break point na água filtrada										
Bruta	-	7,2	45	3,1	-	-	-	-	ND	12,5
Decantada	-	6,4	7,5	2,3	0,0	0,0	0,4	1,1	-	-
Filtrada	-	6,4	< 5	0,40	0,0	0,0	0,4	1,0	-	-
Final	36,5	8,2	< 5	0,43	0,0	3,0	0,5	0,3	42,0	9,2
Final-1 dia	-	8,0	< 5	0,47	0,0	1,0	0,5	0,2	76,0	-
Final-2 dias	-	8,0	< 5	0,45	0,0	0,3	0,7	0,2	70,0	-

Processo J — Aplicação de dióxido de cloro no início do tratamento e aplicação de cloramina na água filtrada

Bruta	-	7,2	45	2,4	-	-	-	-	ND	14
Decantada	-	6,4	15	3,4	0,0	0,0	1,2	1,1	-	-
Filtrada	-	6,4	< 5	0,64	0,0	0,0	1,0	1,0	-	-
Final	3,0	8,9	< 5	0,53	0,0	0,0	4,0	0,6	1,6	11,5
Final-1 dia	-	8,9	< 5	0,45	0,0	0,0	3,5	0,7	ND	-
Final-2 dias	-	8,9	< 5	0,48	0,0	0,0	3,0	0,6	ND	-

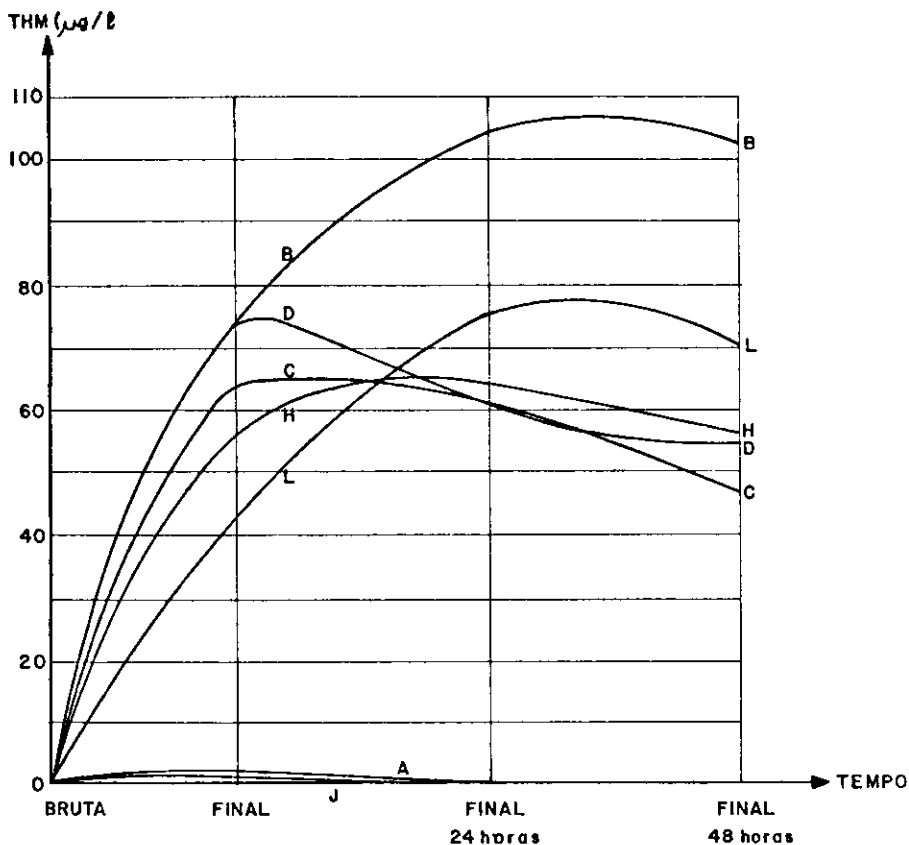


Figura 3 — THM na ETA-Piloto

Quadro 4 — Resultados de formação de THM nos testes finais na ETA-Piloto

Processo de Tratamento	THM (µg/l)		
	Água Final	24 horas de contato	48 horas de contato
A	2,0	ND	ND
B	74,0	104,5	103,0
C	64,5	62,0	47,0
D	74,0	61,0	54,5
H	56,0	64,0	56,5
L	42,0	76,0	70,0
J	1,6	ND	ND

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRODTMANN, N. V. Jr. & RUSSO, P. J. The use of Chloramine for reduction of Trihalomethanes and disinfection of drinking water. Journal AWWA 71: 40-42, 1979.

OTSON, R. et alii. An evaluation of the organics — carbon adsorbable method for use with potable water. Jornal AWWA 71: 42-45, 1979.

DUKE, D. T. et alii. Control of trihalomethanes in drinking water. Journal AWWA, 72: 470-476, 1980.

Estudos sobre a eficácia de diferentes processos de desinfecção da água na remoção de microorganismos patogênicos e indicadores. Trabalho realizado pela Cetesb para a Sabesp na ETA piloto de Cubatão, 1982.

DALLAIRE, G. Are cities doing enough to remove cancer — causing chemicals from drinking water?

PENDYGRAFT, G. W et alii. Organics in drinking water: a health perspective. Journal AWWA 71: 118-126, 1979.

VOGT, C. & REGLI, S. Controlling trihalomethanes while attaining disinfection. Journal AWWA 73: 33-40, 1981.

HESPANHOL, I. Remoção de compostos orgânicos de águas de consumo humano. I Seminário internacional sobre compostos orgânicos em água para consumo humano. Cetesb, São Paulo, 1979 (separata).

PROCEEDINGS AWWA Seminar. Disinfection AWWA Conference, 1977

PALIN, A. T. Analytical control of water disinfection with special reference to differential DPD methods for chlorine dioxide bromine, iodine and ozone. Paper 1939.

MONSCVITZ, J. T. & REXING, D. J. A pilot study of chlorine dioxide use to reduce total trihalomethanes. Journal AWWA, 73: 94-96, 1981.

HUBBS, S. A. et alii. Use of chlorine dioxide, chloramines and short term free chlorination as alternative disinfectants. Journal AWW, 73: 97-101, 1981.

SHULL, K. E. Experience with chloramine disinfectants. Journal AWWA, 73: 101-104, 1981.