

PARÂMETROS PARA CONTRÔLE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Trabalho apresentado ao VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária São Paulo — Janeiro de 1971

Jacob Zugman

Chefe da Divisão Laboratório Central — COMASP

1 — RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta a opinião do autor sobre a seleção de parâmetros relevantes para o controle rotineiro da qualidade no tratamento d'água.

A seleção de parâmetros é feita inicialmente em função dos motivos do tratamento, a seguir em função da operação da ETA, e finalmente em função da legislação sobre potabilidade.

Tentou-se desta forma, procurando manter opinião liberta da rotina tradicional estabelecida, rever a relevância dos diferentes parâmetros e su-

gerir uma rotina talvez diferente da tradicional, mas calculada em motivos de origem técnica e científica, e não baseados na antiga e imutável tradição, cujas bases perderam-se no tempo.

Este é um trabalho que embora baseado em dados técnicos, não deixa de ter seu cunho opinativo e controverso; se tiver algum mérito, será o de obrigar a pensar nos motivos pelos quais se estabelece uma rotina de controle, e qual a importância de cada parâmetro no processo de tratamento d'água.

1 — SUMMARY AND CONCLUSIONS

This paper presents the author's opinion on the selection of the relevant parameters for the routine quality control in water treatment. The selection is first made based on the reasons for the water treatment, is next based in the treatment plant operation process, and finally based on the drinking water standards.

We have tried in this way, aiming to keep our opinion free from the traditional established routine, to examine the significance of the different parameters, and to suggest another rou-

tine, perhaps different from the traditional, based in reasons of technical and scientific origin instead on the ancient and ageless tradition, whose basis are lost in the past.

Even though this work is based on technical data, still it has its opinionative and controversial side; if it has some value, it's that one of forcing us to think on the reasons why we establish a routine control, and what's the meaning of each parameter in the water treatment process.

2. PREÂMBULO

Conhece-se uma ETA (Estação de Tratamento D'Água) em que ao longo dos anos, a cor da água tratada final jamais ultrapassou 5 U.C. (unidades de cor).

O padrão local de potabilidade estipula um limite desejável de até 10 U.C. e limite tolerável até 20 U.C.

Na ETA, de hora em hora, 365 dias por ano, faz-se a determinação de cor da água tratada final. É uma rotina estabelecida.

O escopo deste trabalho é avaliar a relevância dos parâmetros que serão considerados relevantes ao processo de tratamento d'água, e sugerir uma rotina de controle de qualidade baseada em motivos de ordem técnica, e não baseada na antiga e imutável tradição, cujas bases perderam-se no tempo.

3. INTRODUÇÃO

Na maioria das ETA's que se conhece, há uma rotina estabelecida para as análises de água efetuadas ao longo do processo de tratamento. Os motivos que levaram ao estabelecimento da rotina, nem sempre são bem entendidos, e por vezes altera-se a qualidade da água ou a forma de tratamento, sem que o controle de qualidade acompanhe a evolução dos acontecimentos e da técnica.

O presente trabalho, que se entende possa ser tido como opinativo e controverso, tem por objetivo ressaltar a importância do controle de qualidade no processo de tratamento d'água, lembrando os motivos pelos quais certos parâmetros são considerados mais relevantes que outros, justificando sua seleção no estabelecimento de uma rotina de trabalho.

4. CAMPO DE APLICAÇÃO

Para facilidade de exposição, o presente trabalho adota como modelo uma estação de tratamento de água para abastecimento público, que capta água de uma represa (reservatório de acumulação de água bruta) e processa o tratamento mediante pré-cloração, adição de coagulantes sob mistura rápida (coagulação), floculação em floculadores com agitação mecânica, decantação, filtração em filtros rápidos de areia, correção de pH e pós-cloração (a coagulação é promovida neste modelo pela adição de cal e sulfato de alumínio).

5. MOTIVOS PELOS QUAIS SE TRATA A ÁGUA

O primeiro passo na seleção de parâmetros

relevantes para o controle de qualidade é a definição dos objetivos que se pretendem atingir mediante o tratamento da água em aprêço. Para fins de abastecimento público, são os seguintes os motivos pelos quais se processa o tratamento:

5.1 — Motivos de Saúde Pública

As águas de abastecimento público não devem conter substâncias que possam ser prejudiciais à saúde da população que se abastece destas águas; não devem ser portadoras de organismos vetores de doenças à população servida.

5.2 — Motivos Estéticos

As águas de abastecimento público devem ser agradáveis aos sentidos humanos.

5.3 — Motivos Econômicos

As águas de abastecimento público não devem ser prejudiciais aos sistemas e instalações de produção, distribuição e consumo de águas.

6. A SELEÇÃO DOS PARÂMETROS

Definidos os motivos para o tratamento e o campo de aplicação, pode-se iniciar a seleção dos parâmetros mais relevantes, tendo em vista tanto o processo de tratamento na ETA quanto os motivos para este tratamento, tendo em vista ainda a legislação local existente.

6.1. — Em Função dos Motivos para o Tratamento D'Água

6.1.1. — Parâmetros relacionados com a Saúde Pública

6.1-1 — PARÂMETROS BIOLÓGICOS

Dentre os organismos de ocorrência mais comum nas águas processadas, pode-se mencionar os vírus, bactérias, algas, e cistos de amebas.

Outros organismos dificilmente atingem os sistemas de distribuição de águas, especialmente se considerarmos que os já mencionados foram de alguma forma controlados.

§ — 1. Controle de vírus

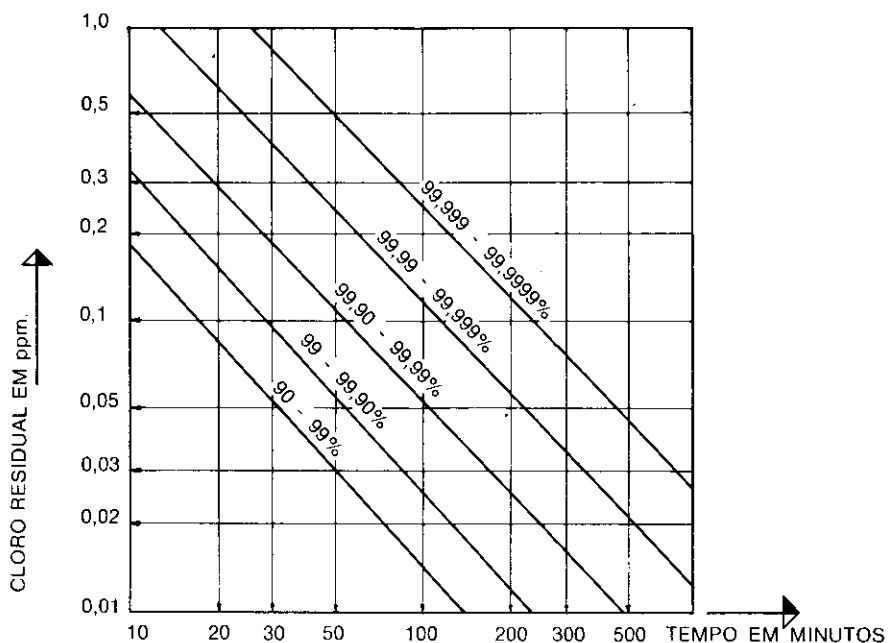
Não existe até o presente nenhum método rotineiro e econômico para a verificação e identificação do vírus em águas de abastecimento público.

Dentre os estudos a respeito, salienta-se o que é resumido no Quadro I abaixo, que foi fornecido pelo microbiologista Edwin E. Geldereich, consultor da Organização Pan Americana da Saúde.

QUADRO I

Destruição de Vírus em Água por Meio do Uso de Cloro Livre

Relação entre o tempo de contato e a percentagem de destruição de Poliovírus I e Coxsackievírus A2 e A9 a temperaturas acima de 4°C e pH abaixo de 8,0.



Verificou-se pelo Quadro I que a destruição de vírus (a temperaturas acima de 4°C e pH abaixo de 8,0) tem sua eficiência afetada pela concentração de cloro residual livre em função do tempo de contacto. Maior tempo de contacto e maior concentração de cloro livre favorecem a destruição de vírus.

Na prática do tratamento pode-se localizar um valor razoável de 30 minutos de contacto com 1,0 ppm de cloro residual livre, o que daria uma eficiência de 99,999 a 99,9999% de destruição de vírus. Ressalta-se porém que esta eficiência somente será real, se a turbidez for inferior a 0,1 UJT (Unidades Jackson de Turbidez), caso contrário, as partículas que promovem a turbidez podem funcionar como anteparos à ação do cloro, projetando os vírus em seu interior.

Identifica-se aqui cinco parâmetros relacionados com a destruição de vírus na água, e que são o cloro residual livre, o tempo de contacto do cloro com a água, a temperatura, pH e turbidez da água.

O tempo de contacto, uma vez definidos os pontos de aplicação na ETA (levando-se em conta a maior vazão possível), não precisará ser calculado rotineiramente, desde que nunca será inferior ao pré-estabelecido.

A temperatura da água, especialmente em nos-

so País, será raramente inferior a 4°C, porém sempre que caia abaixo de 4°C, a dosagem de cloro deverá ser aumentada para garantir igual eficiência de desinfecção para vírus.

Fixadas as condições acima, tem-se como controle rotineiro para vírus apenas três parâmetros, e que são:

- I — Cloro Residual Livre
- II — pH
- III — Turbidez

§ 2 — Controle de Bactérias

O controle de bactérias é sabidamente feito por meio de desinfecção, sendo que em nosso País tal desinfecção é realizada na quase totalidade dos casos usando-se cloro como agente desinfectante.

Bactérias que não formam esporos são menos resistentes à cloração que as formadoras de esporos, porém estas últimas não têm maior significado para a saúde pública.

Dentre as bactérias de origem entérica, a **Escherichia coli** é das mais resistentes, sendo portanto excelente indicadora de eficiência da desinfecção.

Também aqui, como já mencionado para vírus, partículas de turbidez podem proteger bactérias da ação do cloro em seu interior, o mesmo

acontecendo com células no interior de colônias de bactérias, como estafilococos.

Para se obter uma percentagem de destruição de bactérias de 99,999%, com as mesmas quantidades de cloro residual livre e de cloraminas, o tempo de contato para cloraminas deverá ser 100 vezes maior do que para o cloro livre.

Alterando-se as concentrações, haverá necessidade de concentração 25 vezes maior de cloraminas que de cloro livre para obter 99,999%

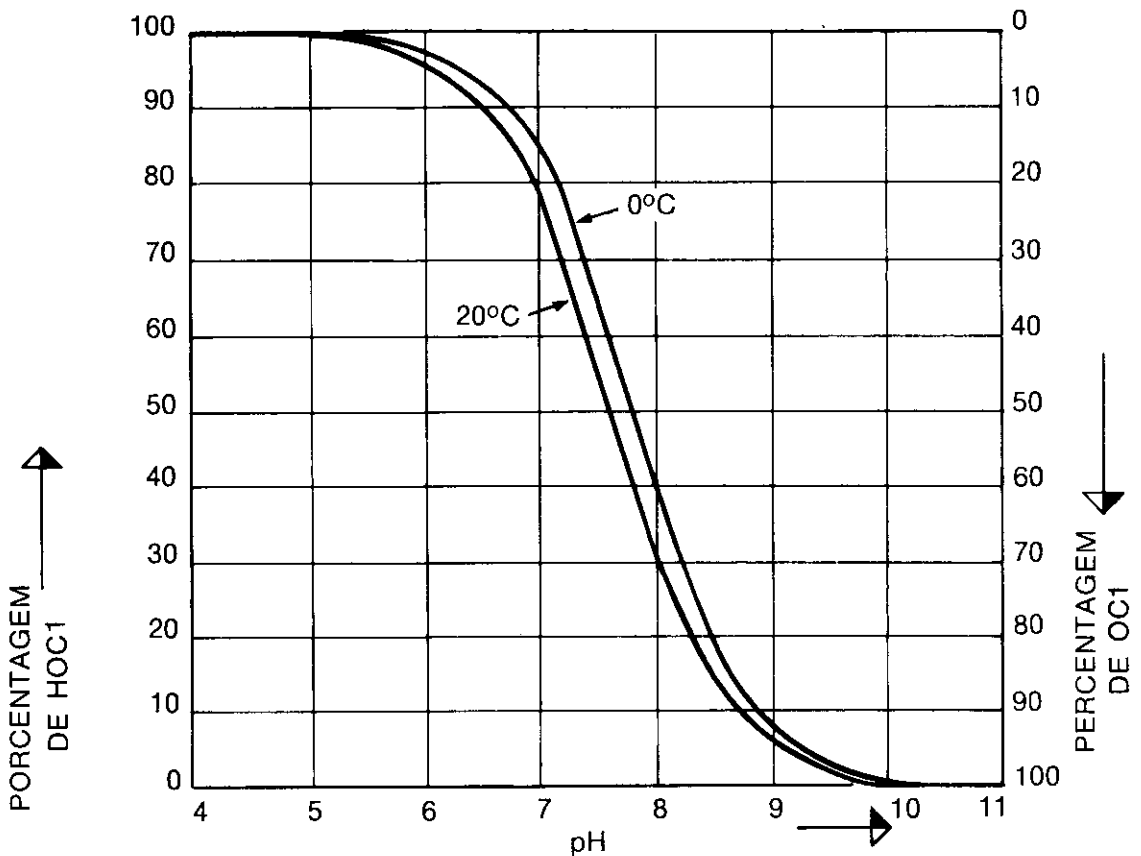
de destruição de bactérias sob condições idênticas.

O cloro residual livre, sob forma de HOCl e OCl⁻, segundo Fair & Geyer, não poderia porém ser considerado como um parâmetro único, sugerindo maior eficiência de desinfecção para o HOCl que para o OCl⁻, na razão de 80:1.

As concentrações relativas de HOCl e OCl⁻, variam com o pH, segundo o Quadro II, copiado do livro "Water Supply and Wastewater Disposal" de Fair & Geyer.

QUADRO II

Distribuição de HOCl e OCl⁻ em água em função do pH e da temperatura.

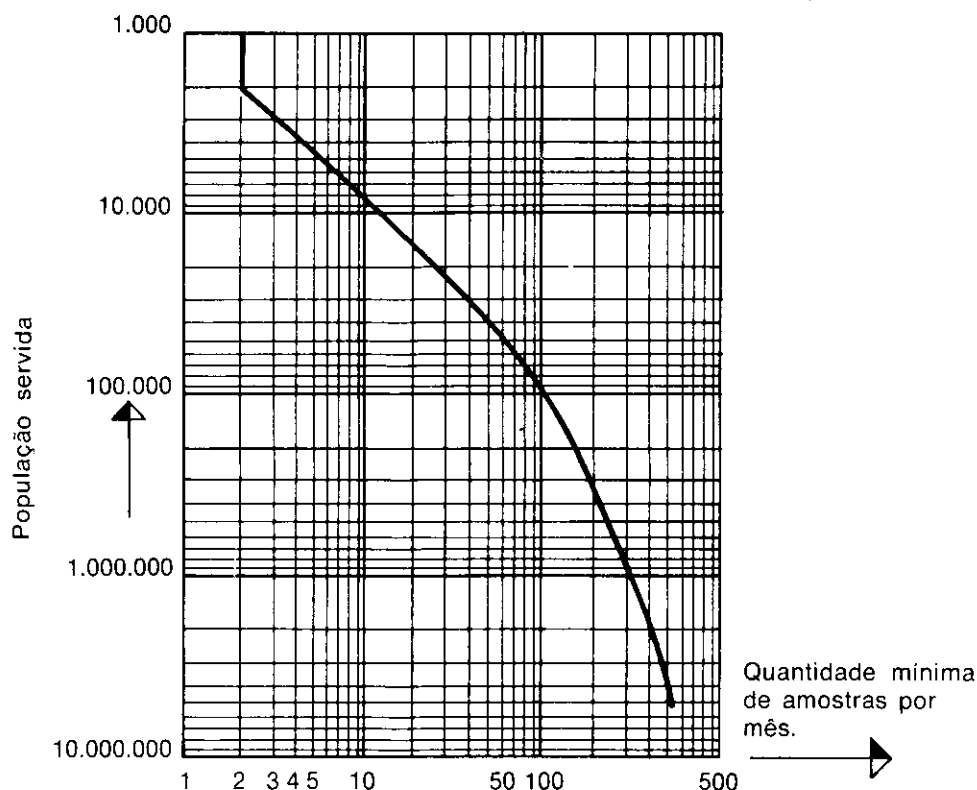


O controle rotineiro de bactérias faz-se mediante o teste para coliformes, sendo este o único teste que tem bem definida a frequência de amostragem, embora seja de consenso geral que a frequência de amostragem sugerida nos casos de pequenas estações de tratamento é insuficiente.

A frequência de amostragem está bem definida sendo que fornecemos aqui cópia do gráfico correspondente apenas para fins de complementação, no Quadro III abaixo, extraído da publicação: Public Health Service — Drinking Water Standards — 1962, pp. 4.

QUADRO III

Quantidade mínima de amostras de água por mês para exame bacteriológico

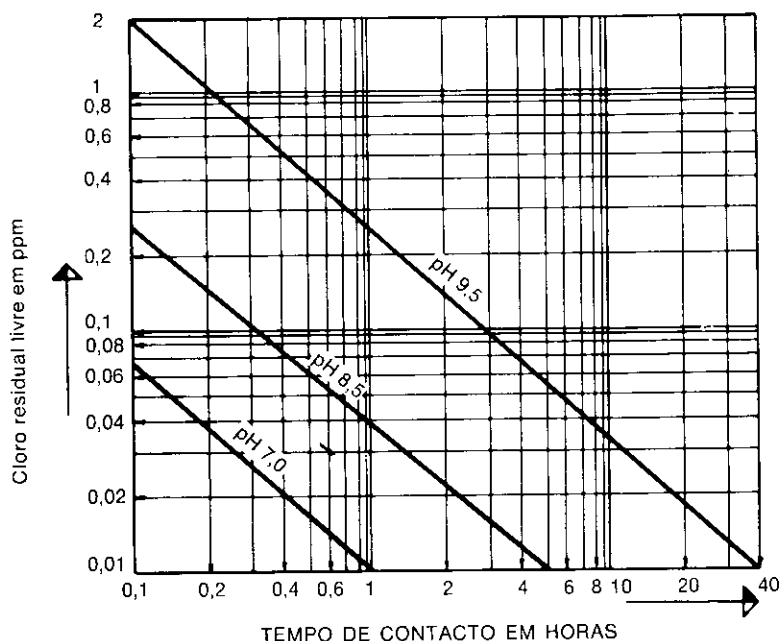


Considerando-se porém que o teste bacteriológico para coliformes somente será avaliado 18 a 24 horas ou mais após a coleta de amostras, torna-se um parâmetro para avaliação retroativa da qualidade da água; há necessidade portanto de controlar-se a eficiência da desinfecção mediante parâmetros de avaliação mais imediata, o que pode ser feito de forma similar

ao já expresso para o controle de vírus. E. E. Geldereich apresenta também um gráfico relacionando o tempo de contacto com a concentração de cloro residual livre, a temperaturas conhecidas, sob diferentes valores de pH, gráfico este que se reproduziu no Quadro IV abaixo.

QUADRO IV

Destruição de *Escherichia coli* a temperatura de 2 a 5°C, com 99,999% de eficiência, em função do tempo de contacto e da concentração de cloro residual livre, sob diferentes valores de pH.



Do acima exposto, verificou-se que os quadros apresentados confirmam a afirmativa de que a eficiência da desinfecção por cloro será maior a pH mais baixo; sabe-se também que sob temperaturas mais elevadas, tais como as temperaturas médias das águas na maior parte de nosso País, a eficiência da desinfecção será ainda favorecida.

Além do exame bacteriológico, os parâmetros envolvidos mais diretamente no processo de desinfecção, são o cloro residual livre, o tempo de contacto, a temperatura, pH e turbidez da água.

Conforme já comentado, os exames bacteriológicos devem ser feitos, e com freqüência de amostragem mínima segundo o Quadro III, porém, para o caso de sistemas que abasteçam 50.000 pessoas ou menos, deve-se aumentar a freqüência de amostragem para no mínimo uma amostra por cada turno de operação da ETA. Acredita-se que especialmente nas ETAs de pequeno tamanho, o controle bacteriológico deve ser mais rigoroso, e não se entende o motivo de se fazerem menos testes, apenas porque a população servida é menor — esta população merecerá sempre água tão segura quanto populações maiores, e o custo adicional de controle não será tão grande a ponto de impedir tal controle.

O exame bacteriológico no entanto, embora apresente a grande vantagem de ser uma deter-

minação real da presença e quantificação de coliformes, tem contra si o fato de ser um exame demorado, que constata a eficiência da cloração a posteriori; é a opinião que para o operador da ETA, o controle mais próximo da eficiência da desinfecção deve ser medido em termos de cloro residual livre e turbidez da água tratada final.

O tempo de contacto e a temperatura da água foram já discutidos na parte sobre controle de vírus, e o mesmo será válido para o controle de bactérias e outros microrganismos.

Sugeriu-se portanto como o controle rotineiro para bactérias os seguintes parâmetros:

- I — Exame bacteriológico — quantificação de coliformes
- II — Cloro residual livre
- III — pH
- IV — Turbidez

§ 3 — Controle de algas

Há espécies de algas que produzem na água diversos tipos de odor e gosto, sendo que algumas podem inclusive liberar toxinas na água, tanto em vida quanto após sua morte, conforme o Quadro V abaixo.

QUADRO V

Algas mais comuns nos reservatórios, dando-se as dosagens de biocidas necessárias à sua destruição, e o tipo de problemas que causam.

QUADRO V

Algas		Biocidas para sua destruição		Referência	Problemas que causam
		CuSO ₄ · 5H ₂ O (mg/l)	C1 - (mg/l)		
CIANOFÍCEAS	Anabaena	0,12 - 0,48	0,5 - 1,0	1	Gôsto e odor, entupimento de filtro
	Aphanizomenon	0,12 - 0,50	0,5 - 1,0	1	Gôsto e odor
	Cylindrospermum	0,12 - 0,25	-	1	Gôsto e odor
	Calothrix	8,0	-	1	Prêsa à parede
	Glococapsa	0,24	-	1	Indicador de solução, entupimento de filtro
	Microcystia	0,20 - 0,25	-	1	Gôsto, odor, toxinas
	Nostoc	1,0	-	1	Prêsa à parede
	Oscillatoria	0,20 - 0,50	1,1	1	Entupimento filtro
	Phormidium	0,25	-	1	Indicador de poluição
	Plectonema	0,25	-	1	—
Symploca	2,0	-	1	—	
CLOROFÍCEAS	Ankistrodesmus	0,5	-	2	—
	Chlorella	0,5	-	2	Entupimento filtro, poluição
	Chlorococcum	2,0	-	1	Poluição
	Cladophora	0,5	-	1	Entupimento filtro
	Closterium	0,17	-	1	Gôsto e odor
	Coelastrum	0,05 - 1,0	1,0	1	—
	Desmidium	2,0	-	1	—
	Dictyosphaerium	—	0,5 - 1,0	1	Gôsto, odor, entupimento de filtro
	Draparnaldia	0,33	-	1	Prêsa à parede
	Enteromorpha	0,50	-	1	—
	Gloeocystis	0,25 - 0,50	-	1	Gôsto e odor
	Hydrodictyon	0,10	-	1	Entupimento de filtro, gôsto e odor
	Microspora	0,40	-	1	—
	Cocystis	1,0	-	2	—
	Palmella	2,0	-	1	Prêsa à parede, entupimento de filtro
	Protococcus	—	-	1	Prêsa à parede
	Scenedesmus	1,0 - 8,0	1,0	1	Gôsto e odor — poluição
	Spirogyra	0,12	0,7 - 1,5	1	Gôsto, odor, entupimento de filtro
	Steurastrum	1,50	-	1	Gôsto e odor
Stigeoclonium	0,25	-	1	Prêsa à parede, poluição	
Tetrastrum	—	1,0	1	—	
Vlothrix	0,20	-	1	Entupimento de filtro, gôsto e odor	
Zygnema	0,50	-	1	Entupimento filtro	
DIATOMÁCEAS	Achnanthes	1,0	-	1	Prêsa à parede
	Asterionella	0,12 - 0,20	0,5 - 1,0	1	Entupimento de filtro, gôsto e odor
	Cyclotella	—	1,0	1	Entupimento de filtro, gôsto e odor
	Fragilaria	0,25	-	1	Entupimento de filtro, gôsto e odor
	Gomphonema	0,125	-	1	Prêsa à parede
	Melosira	0,20	2,0	1	Entupimento filtro, indicador de poluição
	Navicula	0,07	-	1	Entupimento filtro, poluição
	Nitzhia	0,50 - 1,0	-	1	Entupimento filtro, poluição
	Stephanodiscus	0,33	-	1	Entupimento de filtro, gôsto e odor
	Synedra	0,36 - 0,50	1,0	1	Entupimento de filtro, gôsto e odor
Tabellaria	0,12 - 0,50	0,5 - 1,0	1	Entupimento de filtro, gôsto e odor	
CLOROFAGELADOS	Chlamydomonas	0,36 - 1,0	-	1	Gôsto e odor, indicador poluição
	Cryptomonas	0,50	-	1	Gôsto e odor
	Dirobryon	0,18	0,3 - 1,0	1	Gôsto, odor, entupimento de filtro
	Euglena	0,80	1,0	1	Gôsto e odor, indicador poluição
	Glenoclinium	0,80	-	1	Gôsto e odor
	Mallomonas	—	-	1	Gôsto e odor
	Peridinium	0,50 - 2,00	-	1	Gôsto, odor, entupimento de filtro
	Synura	0,12 - 0,25	1,4 - 2,0	3	Gôsto e odor
	Uroglena	0,05 - 0,20	0,3 - 1,0	1	Gôsto e odor
	Pandorina	2,0 - 10,0	-	1	Gôsto e odor, indicador poluição
Volvox	0,25	0,3 - 1,0	1	Gôsto e odor	

Referências: 1 - The use of cooper sulfate incontrol of microscopic organisms - Frank E. Hale - 1957.
 2 - Hidrobiología aplicada a la Ingenieria Sanitaria - Samuel H. Branco - 1969.
 3 - Algae in water supplies - C. Mervin Palmer - 1962.

Segundo Samuel M. Branco, é um critério razoável procurar controlar nas represas, qualquer desenvolvimento de algas superior a 100-200 organismos por ml. de água quando se tratam de organismos de tamanho relativamente grande (50 micra de diâmetro ou comprimento) e 2.000-3.000 organismos por ml. de água no caso de organismos menores (cêrca de 10 micra de diâmetro ou comprimento).

O contrôle de algas deve ser essencialmente preventivo, realizado nos reservatórios de acumulação de água (represas), mediante o uso de biocidas tais como o sulfato de cobre.

Também o cloro utilizado no contrôle de vírus e bactérias terá efeito biocida destruindo algumas algas sensíveis ao cloro.

Os parâmetros de contrôle de qualidade envolvidos no processo de contrôle de algas são a contagem de algas ao microscópio, gôsto, odor e contrôle da concentração na água do biocida utilizado, seja êle sulfato de cobre, cloro ou outro.

Há outras variáveis que agem sôbre o desenvolvimento de algas, tais como temperatura, iluminação, ciclo de vida dos organismos, inversões de camadas limnológicas etc. Deixamos de mencionar o pH, por ser seu efeito variável para as diferentes espécies de algas.

Para efeito de contrôle rotineiro de qualidade de água, sugerimos como mais significativos:

- I — Contagem de algas
- II — Concentração de biocida, quando utilizado.
- III — Gôsto e odor

§ 4 — Cistos de Amebas

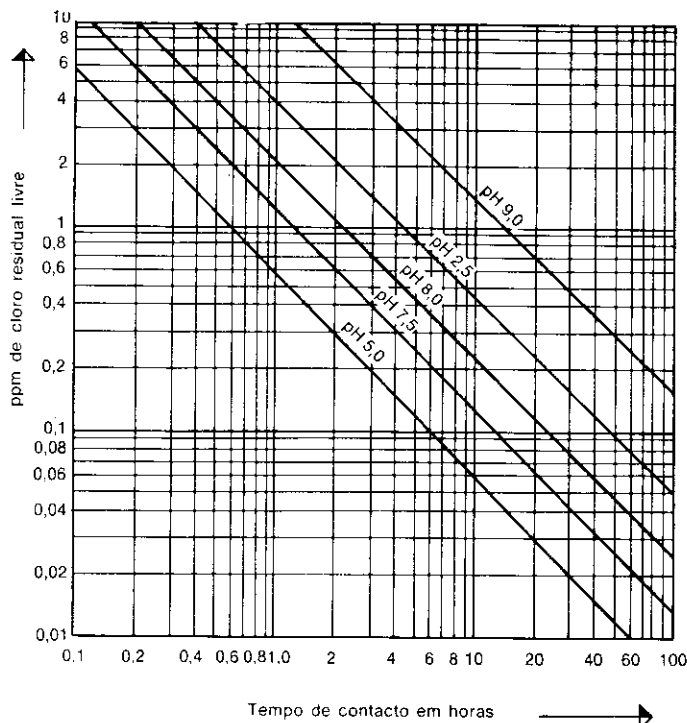
As amebas, especialmente no caso a **Entamoeba histolytica**, quando sob condições adversas de meio ambiente, fabricam em tórno de si uma membrana de proteção, renunciando temporariamente à motilidade própria; quando se apresentam sob esta forma, são chamadas de "cistos de amebas", por estarem sob forma de "cisto".

A desinfecção da água por meio de cloração é apenas parcialmente eficiente na destruição destes cistos, porém devido ao seu tamanho (3,5 a 20 μ) êstes cistos são facilmente retidos nos filtros de areia. Vê-se aqui a importância sanitária que têm os filtros de areia, pois se houver fendas no leito filtrante, há o perigo de que cistos de amebas sejam carreados à rede de distribuição de água, onde, sob condições favoráveis, saem da forma de "cisto", passando à forma ativa.

E. E. Geldereich nos apresenta um quadro para a destruição de cistos de **Entamoeba histolytica** em água a 22 - 25°C, em função da concentração do cloro residual livre e do pH, conforme transcrito no Quadro VI abaixo.

QUADRO VI

Destruição de 99,999% de cistos de **Entamoeba histolytica** a 22 - 25°C em função do tempo de contacto, pH e cloro residual livre.



Pelo já exposto, verificou-se que há diversos parâmetros envolvidos neste processo de controle de cistos, tais como o cloro residual livre, o tempo de contacto da água com o cloro, o pH da água, as condições do leito filtrante, o exame microscópico da água, sua temperatura etc.

Quanto maior a temperatura da água (até um máximo compatível com a vida de microrganismos), maior será a atividade biológica dos microrganismos. No Brasil, país de clima tropical e sub-tropical, sem os rigores de inverno conhecidos no hemisfério norte, tem-se condições de clima muito propício ao desenvolvimento de microrganismos na água, e por isso mesmo se deve ser mais cuidadoso no seu controle, já que a temperatura da água independe de controle.

O tempo de contacto entre a água e o cloro pode ser pré-fixado da forma já expressa para vírus.

As condições dos leitos filtrantes não devem ser jamais subestimadas, porém seu controle não se enquadra exatamente sob o título de "parâmetro de controle de qualidade da água", sendo mais um assunto afeto à operação da

ETA em sua parte de processo.

Sugeriu-se portanto os seguintes parâmetros para o controle rotineiro de qualidade da água para cistos de amebas.

I — Cloro residual livre

II — pH

III — Exame microscópico da água

§ 5 — Outros microrganismos

O controle de outros microrganismos far-se-á de forma semelhante à indicada acima para os casos específicos. Verifica-se em geral sua presença por meio de exame microscópico, controla-se a concentração do biocida utilizado (cloro, sulfato de cobre ou outros), anota-se a temperatura, pH e turbidez da água, dando-se ênfase à relação entre a concentração do biocida e o tempo de contacto dêste com a água, mantendo-se um alerta quanto aos aspectos gerais do tratamento, em especial às condições do leito filtrante.

Em resumo, apresentou-se o Quadro VII abaixo, onde se indicam os parâmetros biológicos que a nosso ver são os mais relevantes para o controle rotineiro de qualidade no tratamento de água para fins de abastecimento público.

QUADRO VII

Parâmetros biológicos relevantes para o controle rotineiro de qualidade no tratamento d'água para abastecimento público.

Parâmetro	Contrôle de Vírus	Contrôle de Bactérias	Contrôle de Algas	Contrôle de Cistos de <i>E. Histolytica</i>	Contrôle de microrganismos
Cloro residual livre	+	+	+	+	+
Tempo de contacto de cloro	+	+	+	+	+
pH	+	+	—*	+	—*
Turbidez	+	+	—	—	—
Exame bacteriológico	—	+	—	—	—
CuSO ₄ — 5 H ₂ O	—	—	+	+	+
Gôsto e odor	—	—	+	—	—
Exame microscópico	—	—	+	+	+

* o pH será sempre importante, mórmente por influir no equilíbrio do cloro residual livre.

6.1.2 — Parâmetros físico-químicos

Dentre os parâmetros físico-químicos relacionados com a Saúde Pública, pode-se mencionar como mais significativos, os nitratos, a turbidez, dureza, fluoretos e tóxicos específicos.

Outros parâmetros, embora tendo algum significado em conexão com a saúde pública, são abordados sob outros itens do presente trabalho; sua limitação para outros fins já é o bastante para que seu significado sanitário torne-se secundário. Por exemplo, uma concentração elevada de magnésio, ao ponto de afetar a saúde, já será controlada sob o item dureza, ou então terá sua concentração limitada pelo gosto da água, sendo ainda abordada sob o aspecto de tóxicos específicos.

§ 1 — Nitratos

Recomenda-se que águas com mais de 10 mg l de nitrogênio nítrico não sejam utilizadas para preparo de alimentos ou como água potável para recém-nascidos e crianças de pouca idade, pois há indivíduos nesta faixa etária suscetíveis de contraírem uma doença chamada methemoglobinemia (caracterizada por alterações no sangue e cianose), quando recebem água com concentrações maiores de nitrato, doença esta que pode ser fatal.

Outras formas de nitrogênio, como nitrogênio amoniacal e nitroso, são apenas importantes como indicadores de uma possível contaminação recente da água, pois, seu produto final de oxidação será sob a forma de nitratos.

Sugere-se portanto o controle rotineiro de nitrogênio nítrico para controle de qualidade de água.

§ 2— Turbidez

Uma água tratada com turbidez acima de 0,1 UJT pode conter vírus e bactérias com potencialidade de desenvolvimento, pois tais microrganismos poderão estar protegidos da ação do cloro, se estiverem englobados em partículas que promovem a turbidez.

Sugere-se portanto o controle rotineiro de turbidez para controle de qualidade da água.

§ 3 — Dureza

Estudos recentes de diversos pesquisadores, embora ainda não suficientemente documentados, sugerem haver uma correlação negativa entre a dureza e a incidência de arteriosclerose na população servida (Quanto maior a dureza, menor a incidência de arteriosclerose). Se tais estudos vierem a ser confirmados, deve-se preocupar em manter um limite mínimo de dureza nas águas de abastecimento público. Sugere-se portanto um controle rotineiro da dureza da água, a fim de serem arquivadas informações sobre este parâmetro, que poderão vir a ser úteis em futuro próximo.

§ 4 — Fluoretos

Recomenda-se o controle rotineiro de fluoretos, principalmente nos sistemas em que se procede a fluoretação das águas, pois se é verdade que doses apropriadas de fluoretos são benéficas à dentição da população infantil, não é menos verdade que doses excessivas são prejudiciais a toda a população, provocando manchas e enfraquecimento dos dentes.

§ 5 — Tóxicos Específicos

Pode-se agrupar sob este item todas as substâncias, orgânicas e inorgânicas, prejudiciais à saúde humana, e que possam estar presentes na água, tais como metais tóxicos, pesticidas, herbicidas, substâncias laxativas como sais de magnésio e detergentes, e ainda substâncias radioativas. Sua toxidez ou seu efeito deletério estará sempre relacionado com sua concentração.

Sempre que se souber de sua existência, ou desconfiar-se de sua possível presença, um controle analítico rotineiro deve ser estabelecido. Sugere-se ainda no mínimo duas análises anuais, e se possível análises mensais, tão completas quanto possíveis, para constatar a presença ou ausência de substâncias aqui classificadas como tóxicas.

6.1.3 — Parâmetros Estéticos

Se uma água for esteticamente desagradável, será fatalmente abandonada pela população que procurará abastecer-se de uma fonte esteticamente mais agradável, mas que talvez não tenha qualidades biológicas e químicas seguras. A turbidez da água era considerada até recentemente como um parâmetro estético, daí sua limitação de 2 a 5 UJT nas legislações em vigor; conforme já discutido, sabe-se hoje que a turbidez está intimamente relacionada com a possível presença de vírus e bactérias, mesmo em águas fortemente cloradas.

Restam portanto como parâmetros estéticos a cor, o cheiro e o gosto da água, parâmetros estes para os quais se recomenda o controle rotineiro.

O cloro adicionado na água para desinfecção, age para remover a cor, e pode alterar o gosto e o cheiro da água, devendo ser também controlado.

A salinidade da água, e a presença de certas substâncias podem também interferir no gosto, porém tratam-se já de casos específicos, e não de rotina geral de todas as ETAs, embora possam ser de rotina específica de uma ETA onde haja tal problema.

6.1.4 — Parâmetros Econômicos

O objetivo principal do tratamento d'água é fornecer a uma população água potável sanitariamente segura e esteticamente agradável. Esta

água no entanto, será também utilizada nas residências para lavagem de roupas, e será usada para fins industriais.

Não deve ser preocupação da administração de uma ETA o fornecimento de uma água adequada para fins industriais — isto seria inclusive impraticável, pois cada operação industrial exigirá água com características diferentes.

Para efeito de controle de corrosão e incrustações nas redes de distribuição e nas residências, onde a água poderá ser ainda aquecida em aquecedores centrais, o parâmetro mais importante é o pH de saturação ou seja, o pH_s.

A dureza e o ferro são também considerados parâmetros econômicos, conforme se passa a expor.

§ 1 — pH_s (pH de Saturação)

O pH_s, aqui classificado como parâmetro econômico, apresenta também implicações de outra ordem.

Se uma água for distribuída com pH abaixo de seu valor de saturação, será uma água corrosiva, sendo que tal corrosão agirá sobre canalizações e caixas de ferro e de concreto (além de outros materiais), diminuindo sua vida útil. Além de diminuir a vida útil das instalações mencionadas, dissolverá possíveis depósitos anteriormente formados, com conseqüente aumento eventual de turbidez, da alcalinidade, da dureza, e do ferro dissolvido.

Se por outro lado, o pH da água estiver acima de seu valor de saturação, será uma água incrustante, que poderá formar depósitos nas canalizações, reduzindo a luz dos tubos, e portanto a capacidade de adução, podendo chegar a obstruir completamente as canalizações.

§ 2 — Ferro

Se o ferro dissolvido estiver acima de um determinado valor (0,3 ppm) poderão ocorrer manchas de ferro nas roupas lavadas com esta água. Veja-se sua interrelação com o pH_s acima.

§ 3 — Dureza

Já se discutiu anteriormente a possibilidade de que se venha a instituir um limite mínimo de dureza para as águas de abastecimento público. Se a dureza no entanto for muito elevada, a água não fará "boa espuma" quando se usa sabão, o que poderá vir a ser motivo de reclamações da população.

Do ponto de vista econômico, isto poderá levar a um consumo maior de água ("para tirar o sabão das roupas e das mãos"), e mesmo à sua rejeição posterior.

Tem-se aqui portanto três parâmetros de ordem econômica, que devem ser controlados rotineiramente:

I — pH_s (pH de saturação)

II — Ferro

III — Dureza

6.1.5 — Parâmetros Seleccionados por Outras Razões

Há outros parâmetros, os quais não foram mencionados, cujo controle é tão tradicional, que poderá parecer quase uma heresia não mencioná-los neste texto.

Trata-se de parâmetros tais como alcalinidade, acidez, cloretos, sulfatos, resíduos, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, nitrogênio amoniacal, albuminóide, e nitroso, CO₂ etc.

Acreditamos que tais parâmetros devam ser controlados de forma rotineira, sempre que representem um problema específico de um sistema, ou sempre que sua concentração se aproxime dos limites expressos nos padrões da potabilidade.

Não se julga oportuno porém o controle rotineiro de parâmetros, cuja variação se mantém muito abaixo dos limites em que sua concentração passaria a ser objeto de preocupação, do ponto de vista de abastecimento público de água. Tais parâmetros devem ser eventualmente medidos, porém sem a frequência pela qual se entende um controle rotineiro.

Como fator de segurança que indique uma variação brusca de qualidade da água, sugere-se o controle rotineiro de condutividade da água. Caso haja aumento brusco da condutividade, então sim os demais parâmetros passariam a ser medidos de forma rotineira para identificação da anomalia surgida na água em consideração.

Resumindo, têm-se no Quadro VIII abaixo, os parâmetros considerados relevantes para o controle de qualidade de uma água, para fins de abastecimento público, do ponto de vista dos motivos que levaram a tratar esta água.

QUADRO VIII

Parâmetros	Motivos de saúde pública	Motivos estéticos	Motivos econômicos
Cloro residual livre	+	+	—
Tempo de contacto de cloro com a água	+	—	—
pH	+	—	—
pHs	—	—	+
Turbidez	+	—	—
Exame bacteriológico	+	—	—
Exame microscópico	+	—	—
Gosto e odor	+	+	—
Biocida (se utilizado)	+	—	—
Nitratos	+	—	—
Dureza	+	—	+
Fluoretos (se a água fôr fluoretada)	+	—	—
Côr	—	+	—
Ferro	—	—	+
Condutividade *	—	—	—
Tóxicos Específicos (conforme texto)	+	—	—

* Por outros motivos, conforme explicado no texto.

Para fins de controle de qualidade, se crê que os parâmetros constantes do Quadro VIII acima, devam ser medidos de forma rotineira, dada sua importância em relação à qualidade da água tratada, considerando-se os motivos pelos quais se trata um manancial de água.

Outros parâmetros deverão também ser medidos de forma rotineira, sempre que venham a constituir algum problema específico; se sua faixa de variação no entanto estiver abaixo dos limites preconizados de potabilidade, e se não constituem problema, seu controle pode a nosso ver ser eventual e não rotineiro. Para que isto seja válido, deve haver inspeções sanitárias visuais periódicas do manancial, a fim de se identificarem novas fontes de poluição antes que os produtos delas oriundos atinjam o manancial abastecedor de água; tal inspeção sanitária poderá inclusive orientar sobre quais os novos parâmetros a serem controlados, e deve orientar uma política de proteção ao manancial.

6.2 Em função do Processo de Tratamento D'água

O processo de tratamento d'água que foi adotado como modelo para o presente trabalho compreende o seguinte sistema:

- Reservatório de acumulação de águas
- Estação de Tratamento de Água — ETA
- Reservatório de água tratada final
- Rede de distribuição

O tratamento na ETA obedecerá aos seguintes passos:

- Pré-cloração
- Coagulação com cal e sulfato de alumínio
- Floculação
- Decantação
- Filtração rápida
- Correção de pH ao pHs
- Pós-cloração

§ 1 — Pré-cloração

A pré-cloração, feita geralmente ao "break-point", apresenta as seguintes vantagens:

- a. Uma vez atingindo o "break-point", há maior estabilidade do cloro residual na água ao longo do tratamento e da rede de distribuição.
- b. Auxilia na destruição de bactérias, algas e outros microrganismos, que são destruídos pelo cloro, ou têm sua motilidade prejudicada e mesmo impedida, podendo ser mais facilmente decantados no processo de tratamento.
- c. Auxilia na remoção de côr e gosto, embora em certos casos possa aumentar o gosto da água, conforme será discutido abaixo.
- d. Aumenta o tempo de contacto entre o cloro e a água, dando maior segurança na desinfecção da água.

- e. Aumenta a estabilidade do lodo nos decantadores, aumentando portanto o intervalo de tempo entre as lavagens de decantadores.
- f. Dificulta a formação de películas de algas ao longo das paredes das instalações da ETA.

Como desvantagem da pré-cloração temos:

- a. Em águas contendo fenóis, ou microrganismos que quando destruídos liberam fenóis, não se recomenda o uso do cloro antes da remoção dos fenóis, devido à formação de clorofenóis, substâncias que fornecem odor e gosto à água.
- b. O consumo de cloro, e portanto o custo do tratamento, será aumentado. Há perda de cloro inicialmente na limpeza ou desinfecção das superfícies de contacto da água com as instalações; há perda de cloro retido ou atacando o lodo formado (e portanto dando maior estabilidade ao lodo); e há perda de cloro para a atmosfera, seja por difusão, seja por efeito da luz solar.

A simples observação do item "b" acima indica que a "demanda de cloro da ETA" será diferente e maior que a "demanda de cloro da água", conforme medida no laboratório, e que somente a experiência do operador indicará a dosagem de cloro a ser aplicada na ETA, lembrando que esta dosagem poderá diminuir com o correr dos primeiros meses de pré-cloração, correspondendo ao período de "desinfecção" das superfícies de contato entre a água e as instalações da ETA.

Os controles a serem efetuados para efeito de acompanhamento da eficiência da pré-cloração, deverão ser, de forma rotineira, os seguintes:

- a. Determinação da demanda de cloro da água
- b. Acompanhamento do cloro residual ao longo do processo de tratamento, para definir a demanda de cloro da ETA
- c. Exame microscópico da água ao longo do tratamento, para verificar a ação do cloro sobre os microrganismos
- d. Contagem total de bactérias em placas de agar ao longo do processo de tratamento, para verificar as condições sanitárias da ETA, relacionadas com a desinfecção pelo cloro.

§ 2 — Coagulação com cal e sulfato de alumínio

Se o pH e a alcalinidade da água forem suficientes para a coagulação do alumínio sob forma de hidróxido de alumínio, não haverá necessidade de adicionar cal para se obter a coagulação.

Verifica-se esta possibilidade, medindo-se a

alcalinidade e fazendo-se o teste de floculação (Jar-Test) usando diferentes dosagens de sulfato de alumínio, até atingir (na prática) no máximo 2 ppm de sulfato de alumínio com 18 moléculas de água para cada ppm de alcalinidade de bicarbonatos expressa em termos de CaCO_3 . Se para obtenção de melhor coagulação e posterior floculação e decantação for necessário o uso de mais sulfato de alumínio do que o aceitável pela relação acima, será então necessário adicionar cal à água para aumentar sua alcalinidade.

Deve-se sempre ter em vista o pH ideal para a coagulação, que deverá ser diferente para cada água. Geralmente este valor de pH situa-se dentro da faixa de 5,5 a 7,0, porém somente com a feitura do teste de floculação ter-se-á o valor ideal para a água em tratamento. Há casos em que melhor remoção de cor se obtém em valores diferentes de pH, porém nestas condições haverá necessidade de estudos especiais para verificação da real coagulação e floculação do alumínio.

Se a ETA dispuser de um Zetâmetro, poderá determinar as dosagens de coagulantes em função do "potencial zeta", correlacionando esta informação com o pH. Sendo o uso do Zetâmetro ainda pouco difundido entre nós, recomenda-se os seguintes testes rotineiros para controle da coagulação:

- a. Teste de floculação
- b. Alcalinidade de bicarbonatos
- c. pH

§ 3 — Floculação

A floculação pode no laboratório ser testada mediante o teste de floculação, e controlada na ETA por meio de testes para turbidez do afluente e do efluente dos floculadores.

§ 4 — Decantação

Controla-se a decantação por meio do teste de floculação no laboratório; na ETA, determina-se a turbidez e a cor do afluente e do efluente dos decantadores.

Pode-se também coletar amostras do afluente do decantador, e decantá-las em frascos cilíndricos altos, determinando-se a percentagem de turbidez residual em função do tempo, ou em função da velocidade de sedimentação dos flocos, a fim de se obter comparativamente dados sobre a eficiência dos decantadores.

Deve-se medir também a temperatura da água em 3 secções do decantador, e em 3 alturas diferentes em cada secção, para obter-se informações sobre possíveis estratificações que levam a curto-circuitos no caminho da água.

As situações que podem ocorrer são as seguintes, sob condições de estratificação:

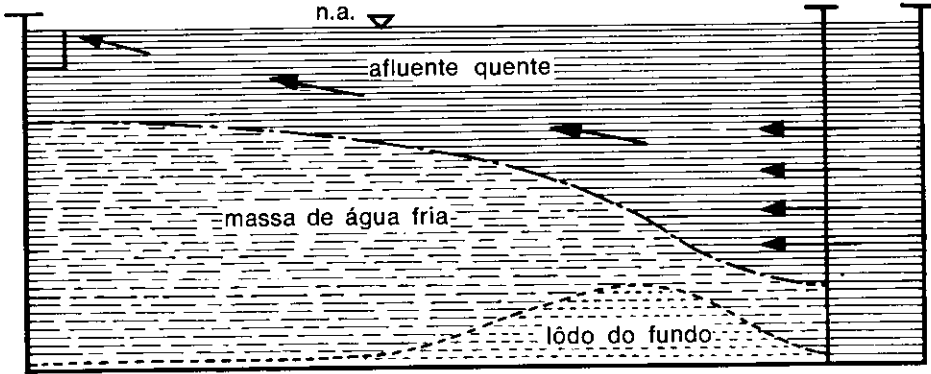
- a. Afluente com temperatura maior que a água existente no decantador.

Nesta condição, sendo o afluente mais quente, estratifica-se sobre a água fria; forma-se um curto-circuito na superfície, com menor tempo

de decantação, e com menor altura efetiva para a sedimentação dos flocos, conforme o esquema mostrado no Quadro IX abaixo:

QUADRO IX

Esquema de estratificação num decantador, quando o afluente é mais quente que a massa de água presente.



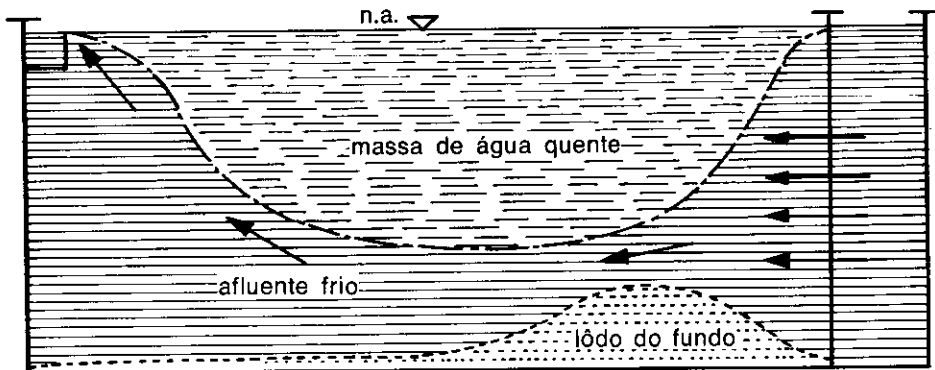
b. Afluente com temperatura menor que a água existente no decantador.

Nesta condição, sendo o afluente mais frio, estratifica-se sob a massa de água quente existente no decantador; esta corrente fria pode passar rente ao lodo do fundo, e por ter velocidade maior dada a menor seção por onde

passa, pode arrastar o lodo já depositado; também sob esta condição, a seção menor resulta em menor tempo para a decantação e em menor altura efetiva para a sedimentação dos flocos, conforme o esquema mostrado no Quadro X abaixo.

QUADRO X

Esquema de estratificação num decantador, quando o afluente é mais frio que a massa de água presente.



Nestas condições, pouco se pode fazer na ETA para corrigir a estratificação, mas deve-se estar atento para alterar as dosagens de coagulantes (ou usar polieletrólitos) de forma a se obter decantação mais rápida durante o período da estratificação, e para um controle mais eficiente dos filtros que receberão carga maior de flocos carregados pela água.

Vemos portanto a relevância dos seguintes testes para controle de qualidade da decantação:

a — Cór

b — turbidez

c — velocidade de sedimentação dos flocos

d — teste de floculação — decantação

e — temperatura do afluente e da água no decantador

O aparelho de 6 provas para o teste de floculação é portanto equipamento indispensável para uma ETA, pois o teste de floculação na verdade dá informações sobre a coagulação, a floculação e a decantação realizadas no laboratório, e que devem ser correlacionadas com o que ocorre na ETA.

Infelizmente ainda não se fabrica no Brasil um aparelho que obedeça às seguintes características:

- velocidade constante e regulável nas 6 provas, na faixa de 20 e 200 rpm
- capacidade para 6 frascos de 1/2 e 2 l.
- possibilidade de interromper a agitação independentemente em cada uma das 6 provas.

§ 5 — Filtração rápida

Os testes que se devem fazer para controle da eficiência da filtração são os seguintes:

- a — turbidez do afluente e do efluente dos filtros
- b — cor aparente e verdadeira do afluente e do efluente dos filtros
- c — contagem total de bactérias em placas de agar, no afluente e no efluente dos filtros

Os primeiros dois testes acima são realizados por motivos óbvios, carecendo de maiores comentários.

A contagem total de bactérias deve ser feita pois pode ocorrer o desenvolvimento de bactérias no leito filtrante, que pode agir como substrato para o desenvolvimento de bactérias.

Se isto ocorrer, será necessária uma lavagem mais prolongada e uma desinfecção maciça do filtro antes que seja novamente colocado em uso.

O mesmo controle será válido para a água tratada final, e nos passos que se procedem e se sucedem as clorações.

§ 6 — Correção de pH ao pHs

A importância desta correção de pH já foi discutida, ao serem mencionados os fatores econômicos como objeto de controle de qualidade.

Talvez, com um pouco mais de experiência se venha a recomendar em futuro breve a introdução de um teste de acidez ao pHs, como teste rotineiro que indique a quantidade de cal necessária à correção do pH ao pHs.

§ 7 — Pós-cloração

A pós-cloração em geral não deve ser necessária quando se procede à pré-cloração numa ETA; esta pré-cloração deve ser suficiente para que se mantenha cloro residual livre na rede até o último consumidor, em concentração mínima de 0,1 ppm.

Discorda-se da legislação do Estado de São Paulo, que preconiza cloro residual até 0,3 mg/l.

Não se vê prejuízo algum em que o cloro residual no início das redes venha a ser de até 1,1 mg/l, desde que esta água não apresente "odor de cloro" (que em geral não é do cloro residual mas sim de compostos orgânicos clorados).

Mais importante que o estabelecimento de um limite superior como é o caso da legislação citada, é o estabelecimento de um limite inferior para qualquer ponto da rede, até os últimos consumidores da água, mormente em nosso País, onde por vezes ocorrem pressões negativas em pontos das redes, com a possível contaminação destas pela aspiração de águas não desinfectadas através dos inevitáveis vazamentos.

A pós-cloração deve nestes casos servir apenas para ajuste fino da dosagem de cloro residual, pois o ajuste grosseiro deve ser dado pela pré-cloração.

§ 8 — Outros Testes

Há outros testes que poderão ser importantes para atendimento de problemas específicos de cada ETA, e que não são mencionados aqui, por pretender que este trabalho seja de cunho mais geral.

Há testes que devem ser realizados em função da operação da ETA, como testes com traçadores para se determinar o caminho da água nos decantadores, testes de altura e consistência de lodo, testes na areia dos filtros para determinação de bolas de lama, tamanho efetivo e coeficiente de uniformidade da areia, altura do cascalho etc. Estes testes no entanto não são considerados rotineiros, como os já discutidos acima, e portanto deverão ser objeto de estudos especiais não abordados no presente trabalho.

§ 9 — Água tratada final

Após o processo de tratamento, a água tratada final passará ao reservatório de água tratada, antes de ser distribuída à população.

No efluente deste reservatório, devem ser realizados os seguintes testes:

- a — pHs
- b — cloro residual livre
- c — cor
- d — turbidez
- e — coliformes
- f — fluoretos (se for feita a fluoretação da água).

Além destes testes, deve-se também fazer os testes de rotina do controle de qualidade em função dos motivos para o tratamento, cuja programação obedecerá a uma rotina diferente daquela adotada para os testes de operação da ETA.

Em resumo, apresenta-se o Quadro XI abaixo, no qual se indica os parâmetros que foram julgados relevantes para o controle de qualidade de uma água em função da operação de seu processo de tratamento.

QUADRO XI

Parâmetros relevantes para a operação do processo de tratamento d'água na ETA.

Parâmetro \ Ponto de coleta de amostra	Água bruta	Bruta pré-clorada	Afluentes do floculador	Afluentes do decantador	Afluentes do filtro	Após correção do pH	Após pós-cloração	Água tratada final
Demanda de cloro	+	--	-	-	-	-	-	-
Cloro residual livre	-	+	+	+	+	+	+	+
Teste de floculação (Jar-Test)	-	+	-	-	-	-	-	-
Côr	+	+	+	+	+	+	+	+
Turbidez	+	+	+	+	+	+	-	+
Temperatura*	+	-	-	+	-	-	-	-
Veloc. de decantação dos flocos	-	-	-	+	-	-	-	-
Cont. bacteriana (placas de agar)	+	+	-	-	+	+	+	+
pH	+	+	+	-	-	+	-	+
	-	-	-	-	+	+	-	+
Alcalinidade de HCO ₃	-	+	-	-	-	-	-	-

Observa-se pelo Quadro XI acima, que se inclui neste a medição de mais parâmetros que os indicados no texto, especialmente para água bruta.

Isto foi feito para salientar o fato de que algumas determinações são feitas apenas com o intuito de se ter dados comparativos, mas sem que seus valores absolutos sejam realmente importantes para a operação do processo de

6.3 — Em função da legislação local sôbre a potabilidade d'água

Havendo uma legislação local que estipule limites para a potabilidade de uma água, esta legislação deverá ser obedecida.

No caso do Estado de São Paulo, como em outros lugares do Brasil, nem sempre esta legislação acompanha a evolução da técnica, como é o caso do Decreto 24.806 de 25.7.1955, que preconiza em seu artigo 1.º, Classe V, item B, n.º 2, que o uso das águas assim classificadas é vedado para fins potáveis. Com as modernas técnicas de tratamento, é perfeitamente possível transformar-se águas clasificadas em Classe V no Decre-

to.

Tais dados comparativos são no entanto importantes para avaliar-se o desempenho de uma ETA em termos gerais.

O quadro XI é também uma simplificação do texto, e ao invés de apresentar afluente e efluente de cada unidade, considera que o efluente de uma unidade já é o afluente da unidade seguinte.

to referido em águas potáveis, mediante tratamento mais específico. Outro exemplo é o limite de cloro residual, já discutido no item 6.2 — § — 7 acima.

Outro exemplo ainda é o do limite para turbidez, que também já foi discutido.

Apenas para efeito de complementação, é dado a seguir no Quadro XII, o resumo dos limites da parte referente a águas tratadas, conforme estipulado pelo Decreto Estadual n.º 33.047 de 4.7.1958 do Estado de São Paulo.

QUADRO XII

Resumo dos limites de potabilidade preconizados pelo Decreto 33.047 de 4.7.58 do Estado de São Paulo.

... Artigo 3.º — As águas purificadas para abastecimento público, referidas no artigo 403, do decreto-lei n.º 15.642, de 9 de fevereiro de 1946, deverão apresentar as seguintes características:

Aspecto — límpido;
 Odor — nenhum; ou cheiro de cloro levemente perceptível;
 Côr — recomendável até 10; tolerável até 20, no máximo;
 Turbidez — recomendável até 2; tolerável até 5, no máximo;
 Resíduo seco — até 500 mg/litro;
 Oxigênio consumido — até 2,5 mg/1 litro, em oxigênio;

Nitrogênio nítrico — até 10 mg/litro, em nitrogênio;
 Ferro — até 0,3 mg/litro, em ferro;
 Cloretos — até 250 mg/litros, em cloro;
 Sulfatos — até 250 mg/litro, em anião sulfúrico;
 Cloro residual — até 0,3 mg/litro;
 Não deverão conter germes do grupo coliforme em 5 porções de 10 ml em ensaio confirmatório.

7 — FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

Não se conhece nenhum estudo que forneça bases científicas que orientem no estabelecimento da frequência de amostragem nos sistemas de tratamento de água.

Os únicos dados numéricos a este respeito, referem-se aos exames bacteriológicos para coliformes nas rêdes de distribuição de águas, conforme já apresentado no Quadro III do item 6.1.1, parágrafo 2 acima.

Para os demais casos, não há sequer um consenso geral, pois em cada sistema de tratamento de águas que foi conhecido e visitado tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos da América do Norte, a frequência era totalmente diferente, e baseada apenas na experiência ou opinião do pessoal que operava ou administrava o sistema, e em função dos recursos financeiros disponíveis.

Pode-se apenas dizer no momento que deve haver uma frequência diferente para a série de testes que apresentamos acima sob os 3 diferentes pontos de vistas, a saber:

7.1 — Em função dos motivos para o tratamento d'água

7.2 — Em função do processo de tratamento d'água

7.3 — Em função da legislação local sôbre a potabilidade d'água

Generalizando, pode-se dizer que a frequência da amostragem deverá ser estipulada em fun-

ção direta da variação dos parâmetros considerados, e da possibilidade de se alterar o tratamento face a esta variação.

Por exemplo, se houver um aumento do resíduo solúvel da água bruta, nada será feito na ETA para reduzir este aumento, e portanto o número de amostras não precisará ser muito frequente para este parâmetro; por outro lado, se houver uma redução da demanda de cloro, esta informação deve ser dada à ETA em tempo hábil para reduzir a cloração, a fim de evitar excesso de cloro na água tratada final.

Na COMASP — Companhia Metropolitana de Água de São Paulo — se está atualmente realizando os itens 6.1 e 6.3 num mínimo de uma análise por semana (tão completa quanto é possível no momento), das águas brutas e tratadas finais, além de outras análises parciais que se fazem com frequência maior, para parâmetros com grande variação quantitativa; para o item 6.2, se está realizando em alguns casos determinações de hora em hora, e para outros algumas determinações diárias ou semanais.

Quando se tiver um acervo de dados suficientes, pretende-se fazer um estudo estatístico que oriente quanto à frequência de análises em função da variação de cada parâmetro em cada ponto de amostragem. Isto porém, será objeto de outro trabalho.

8 — BIBLIOGRAFIA

- Branco, Samuel M. — Hidrobiología Aplicada a La Ingeniería Sanitária — Univ. Nac. de Ing. Lima, Peru — 1969
- Camp, Thomas R. — Water and Its Impurities — Reinhold Publishing Corp. N. York — 1964
- Cox, Charles R. — Practica y Vigilancia de Las Operaciones de Tratamiento del Agua — Organización Mundial de la Salud — Serie de Monografías n.º 49 — Ginebra — 1966
- Fair, Gordon M. & Geyer, John C. — Water Supply and Waste — Water Disposal — John Wiley & Sons, Inc., N. York — 1961
- Federal Water Pollution Control Administratio — Water Quality Criteria — Washington, D.C. 1968
- Geldrich, E.E. — Sanitary Significance of Fecal Coliformes in the Environment U.S. Dep. of the Interior — FWPCA — 1966
- Geldrich, E.E. — Quadros fornecidos pessoalmente, sôbre pesquisas realizadas.
- McKee, Jacke & Wolf, Harold W. — Water Quality Criteria State, Water Quality Control Board, Sacramento, Califórnia Publication n.º 3-A
- Public Health Service — Drinking Water Standards, 1962 — USPHS — DHEW — Publication n.º 956
- Riehl, Merrill L. — Hoover's Water Supply and Treatment — National Lime Association, Washington, D.C. 1962.

(outras referências indicadas no texto).