

II JORNADAS TÉCNICAS DA APRH
ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E SANEAMENTO
EM ZONAS COSTEIRAS TURÍSTICAS

TRATAMENTO DE ÁGUA: DIMENSIONAMENTO, EXPLORAÇÃO E CONTROLO DA QUALIDADE

OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

Aspectos Químicos e Sanitários

JOÃO MANUEL GOMES DE SOUSA

Licenciado em Engenharia Química (IST) e especializado em Engenharia Sanitária (UNL). Técnico Superior da Direcção-Geral do Saneamento Básico e Professor Auxiliar da Escola Nacional de Saúde Pública, Lisboa, Portugal.

RESUMO

A exploração técnica das estações de tratamento de águas de abastecimento assume, nas zonas costeiras turísticas, características específicas que importa ter em conta, particularmente na sua componente da operação.

Assim, as importantes variações sazonais dos caudais de água bruta a tratar colocam problemas de ordem quantitativa, em termos de capacidade de tratamento das estações, e de natureza qualitativa, respeitantes à manutenção da qualidade da água tratada em níveis sanitariamente seguros.

Por outro lado, as condições climáticas em geral, e a temperatura em particular afectam a eficiência de alguns processos de tratamento, nomeadamente a coagulação química e a desinfecção, efeitos esses cuja incidência é maior nos períodos estivais críticos.

Com base em estudos efectuados, durante cerca de três anos, em estações de tratamento de água de abastecimento do País, apresentam-se, após uma breve introdução e uma resumida referência à situação das estações, os resultados obtidos no estudo experimental referido e as conclusões pertinentes que daqueles se podem retirar.

OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

Aspectos Químicos e Sanitários

1. INTRODUÇÃO

Muitas das estações de tratamento de água para abastecimento público existentes em Portugal, particularmente aquelas em que a origem da água bruta é uma massa de água superficial plôtica, são constituídas pelo esquema, já clássico, que engloba coagulação - decantação - filtração - desinfecção, eventualmente completado por pré-oxidação e correcção da agressividade.

Noutros casos, particularmente quando em face de origens de águas subterrâneas, o esquema de tratamento pode ser mais simples, por exemplo do tipo desferriização - correcção da agressividade - desinfecção, ou do tipo correcção da agressividade - desinfecção, podendo mesmo, em determinadas situações, limitar-se, apenas, ao processo de desinfecção.

As águas superficiais lênticas, quando utilizadas como origens de abastecimento, ocupam, no que respeita à complexidade do esquema de tratamento mais adequado e corrente, uma posição intermédia entre os esquemas característicos referidos, resultante de, muito frequentemente, a sua qualidade ser superior às das águas superficiais correntes que as alimentam e inferior às das águas subterrâneas.

Pelas razões expostas resumidamente em continuação, e embora a qualidade da água tratada dependa, evidentemente, do sucesso de todas as operações e processos que constituem o esquema de tratamento, é particularmente importante assegurar o adequado controlo de funcionamento dos processos de coagulação química e de desinfecção aos quais, por isso, será dispensado, nesta comunicação, um relevo quase exclusivo.

Quanto ao processo de coagulação é, de facto, unanimemente reconhecido que o sucesso das operações e processos de tratamento que lhe são subsequentes e, também, do esquema global depende grandemente do seu funcionamento adequado.

Dado que o processo de coagulação pode e deve ser considerado, num certo sentido, como um tratamento prévio da sedimentação e da filtração, por conferir às substâncias a remover melhores propriedades de sedimentabilidade e, ou de filtrabilidade, tal facto confere-lhe, simultâneamente, grande importância e grande responsabilidade, visto a adequada qualidade da água tratada e, conseqüentemente, a segurança sanitária dos consumidores dependerem em elevado grau de uma coagulação eficaz.

Por outro lado, como principal processo de remoção da turvação e da cor (além de auxiliar eventual dos processos de remoção do ferro, do manganês, da dureza e, também, de microrganismos) a sua aplicação acompanhou a subida de importância que, em anos recentes, se verificou no significado daqueles dois parâmetros, como indicadores da qualidade da água, nos domínios estético e sanitário indirecto. Aumento de importância que se encontra traduzido, aliás, pela adopção, para aqueles dois parâmetros, de limites de concentração cada vez mais exigentes nas normas de qualidade de publicação mais recente (nomeadamente, a Directiva 80/778/CEE, de 1980, e as "Guidelines for Drinking-Water Quality", da Organização Mundial de Saúde, 1984).

No que respeita ao processo de desinfecção, além de ser, de entre os processos de tratamento, o de origens mais remotas, é o tratamento específico para a eliminação, até níveis sanitários seguros, dos microrganismos patogénicos e constitui, sem dúvida, a mais potente arma disponível no combate às doenças e epidemias de origem hídrica de curto prazo de risco, donde resulta a importância sa-

nitária impar de que disfruta que, embora amplamente conhecida, nunca é demais realçar.

Além disso, verifica-se que, se pelas razões anteriormente expostas, o papel desempenhado pelo processo de coagulação na qualidade da água de abastecimento se pode considerar actualmente relevante, tal papel terá tendência a, num futuro próximo, tornar-se fundamental. Quanto ao processo de desinfecção reforçará o seu estatuto actual de método vital de tratamento no âmbito da qualidade bacteriológica e virológica das águas de abastecimento. Com efeito, pode afirmar-se que o relativo grau de poluição das massas de água superficiais a que, cada vez mais, se terá de recorrer como origens de água de abastecimento em virtude das necessidades sempre crescentes (resultantes quer do crescimento populacional, quer do aumento das capitações de consumo), torna inevitável, para garantia da qualidade da água fornecida às populações, a aplicação de esquemas de tratamento relativamente completos que englobarão, com certeza, os processos de coagulação e de desinfecção, visto tais processos constituírem os métodos de tratamento mais adequados para a remoção de muitas substâncias ou componentes prejudiciais ou perigosos para a saúde dos consumidores ou simplesmente indesejáveis que se encontram presentes naquelas águas naturais.

2. ASPECTOS QUÍMICOS E SANITÁRIOS DA OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO

Embora se tenha verificado um progresso importante, relativamente à situação de há alguns anos atrás, o panorama da operação das estações de tratamento de águas para abastecimento torna, ainda, necessário um grande esforço, por parte das autoridades competentes, para que, a nível nacional, se possa considerar satisfatório.

Tal é a conclusão geral de um estudo efectuado pelo autor, durante um período de cerca de 3 anos, em estações de tratamento de águas para abastecimento do País, cujos resultados, na parte respeitante aos processos de coagulação química e de desinfecção, se apresentam em continuação, com especial relevo para os aspectos químicos e sanitários.

2.1. O Processo de Coagulação Química

Indica-se primeiro, resumidamente, a panóplia dos reagentes químicos que, nas estações de tratamento do País, são utilizados, directa ou indirectamente, no processo de coagulação, com introdução à apresentação das recomendações e, ou conclusões que os resultados experimentais obtidos no estudo referido sugerem.

2.1.1. Produtos químicos empregues

Nas estações de tratamento de águas para abastecimento, os compostos químicos usados como coagulantes primários são os sais metálicos clássicos (quase exclusivamente o sulfato de alumínio pois é, apenas, conhecida uma estação que emprega o cloreto férrico), sendo raras as que recorrem ao emprego de adjuvantes de coagulação que, quando utilizados, são frequentemente polímeros orgânicos sintéticos de tipo catiónico.

Pelo contrário, é bastante frequente, quase universal, o uso de produtos alcalinos (com predominância para as suspensões de cal, o conhecido "leite de cal", sendo também, empregues soluções saturadas de cal, a "água de cal", e ainda soluções de carbonato de sódio, embora com muito menor frequência), com o objectivo de contrariar a acção acidificante dos coagulantes metálicos clássicos (cujas soluções apresentam valores de pH da ordem de 3 a 4 para o alumínio e na gama de 2 a 3 para o ferro) e de, eventualmente, corrigir a agressividade da água bruta.

Não existe nenhum caso de utilização de polímeros orgânicos sintéticos, correntemente designados por polielectrólitos, como coagulante primário, o que poderá ser explicado com base num conjunto de factores pouco favoráveis ao seu uso (reduzida eficiência de remoção para águas brutas de turvação e, ou cor baixas, inferiores, respectivamente, a 10 FTU e a 20 TCU; eventual risco sanitário decorrente da toxicidade das espécies monoméricas de que derivam; fidelidade aos coagulantes clássicos traduzindo uma, ainda, assinalável resistência à mudança; menor conhecimento e disponibilidade destes compostos, pelo menos, comparativamente, etc.).

Finalmente, é relativamente frequente o emprego de produtos oxidantes, nomeadamente compostos de cloro, em pré-oxidação, prática que beneficia o processo de coagulação química, embora se tenha de reconhecer que a sua inclusão nos esquemas de tratamento raramente seja determinada por considerações ligadas ao processo de coagulação.

2.1.2. Resultados experimentais e recomendações.

No Quadro 1 indicam-se, para nove das estações estudadas que incluíam o processo de coagulação química, a origem da água bruta e os valores da turvação inicial (expressa em FTU) e das doses óptimas de coagulante e de produto alcalino (expressas em g/m³), tendo-se chegado a estas últimas por um processo de "aproximações sucessivas" que inclui o conjunto ensaio laboratorial de coagulação (Jar Test) / aplicação na estação de tratamento.

O coagulante empregue foi o sulfato de alumínio em solução aquosa com a excepção da estação H em que, também, foi utilizada uma solução aquosa de cloreto férrico. O agente alcalino foi sempre a cal sob a forma de suspensão ou "leite de cal", com a excepção da estação E em que se utilizou a "água de cal".

A água tratada, após as correcções introduzidas, apresentou em qualquer das estações valores residuais de turvação e de cor inferiores, respectivamente, a 5 FTU e a 15 mg/1 Pt.

ESTAÇÃO	ORIGEM DA ÁGUA BRUTA	TURVAÇÃO INICIAL (FTU)	DOSE DO COAGULANTE (g/m ³)	DOSE DO REAGENTE ALCALINO (g/m ³)
A	Albufeira	6-10	45	25
B	Albufeira	8-10	45	15
C	Albufeira	12-16	35-40	30
D	Subterrânea	12-18	30-40	10
E	Superficial	18-24	25-35	-
F	Albufeira	14-18	30-40	5
G	Superficial	12-14	35-40	40
H	Subterrânea	7-8	35 de Fe (III) 35-40 de Al (III)	35 com o Fe(III) 25 com o Al(III)
I	Subterrânea	5-7	10	50

QUADRO 1 - Valores experimentais da turvação inicial e das doses óptimas de coagulante e de reagente alcalino.

As principais conclusões e recomendações a retirar do estudo são as seguintes:

- 1) - as turvações iniciais eram de um modo geral baixas, com casos de valores muito baixos (estações A, B, H e I);
- 2) - o mecanismo de desestabilização predominante é o de arrastamento por um precipitado, como consequência do número anterior;
- 3) - para gamas de valores baixos da turvação inicial, como as indicadas no Quadro I, verifica-se que existe, aproximadamente, uma relação de proporcionalidade inversa entre a dose ótima de coagulante e a turvação inicial, isto é, quanto menor for a turvação inicial maior terá de ser a dose ótima de coagulante, como se encontra ilustrado no Quadro I;
- 4) - apesar da relação da proporcionalidade inversa referida não é possível determinar aprioristicamente o valor da dose ótima de coagulante a partir do conhecimento do valor da turvação da água bruta, sendo necessário para isso recorrer a ensaios laboratoriais de coagulação;
- 5) - a dimensão dos flocos formados e, de certo modo, a sedimentabilidade dos mesmos, aumenta com o aumento da dose do coagulante, estabilizando, depois, a partir de uma dada dose, cujo valor, embora dependendo da turvação inicial, se situa à volta dos 30 g/m³;
- 6) - apenas para águas brutas de muito baixa turvação (< 10 FTU) é que seria necessário o recurso a doses de coagulante da ordem da correntemente utilizada para efeitos de dimensionamento (~ 50 g/m³). Mas, nesses casos (estações A, B, H e I), verifica-se que para a obtenção de uma água de boa qualidade é suficiente a operação de filtração subsequente;
- 7) - nos casos, como o da estação I, em que o objectivo da coagulação é outro que não o da remoção da turvação (a remoção do ferro, neste caso) ou, dito de outro modo, a remoção da turvação devida à oxidação de teores elevados de ferro na água bruta, a dose do coagulante de alumínio pode ser bastante reduzida, sendo tanto menor quanto maior fôr o teor de ferro da água bruta, desde que se tenha verificado a oxidação prévia do ferro; é o caso da estação D, em que a dose baixou para 20-30 g/m³ (em vez dos 30-40 g/m³ referidos no Quadro I) após o início da aplicação da pré-cloração;
- 8) - verifica-se que na prática, ao contrário do indicado por vários autores, nomeadamente O'Melia (1972), o grau de sobresaturação utilizado é da ordem dos 10⁵ a 10⁷ para pH = 7, isto é, que de facto se empregam doses elevadas de coagulantes (para garantir a formação do "Sweep-floc") e muito superiores às previstas teoricamente. Em teoria, para garantir a precipitação rápida dos hidroxidos metálicos amorfos seria necessário que o grau de sobresaturação, representado pelos quocientes $[Fe^{3+}][OH^-]^3/10^{-38}$ e $[Al^{3+}][OH^-]^3/10^{-32}$, respectivamente, para o ferro e para o alumínio, fosse superior a 10², de preferência da ordem de 10³.
- 9) - embora no âmbito do mecanismo de arrastamento por um precipitado não seja possível a restabilização das suspensões coloidais por excesso de dosagem, o emprego de doses excessivas dos coagulantes metálicos traduz-se em inconvenientes económicos evidentes e no aumento, que pode ser sanitariamente significativo, do alumínio residual nas águas tratadas;
- 10) - se sob o ponto de vista do poder coagulante os sais de ferro e de alumínio se equivalem são manifestas as vantagens nos domínios económico e estético (das diversas partes das estações de tratamento) do uso do sulfato de alumínio;

11) - é importante, no caso da capacidade tampão da água bruta ser insuficiente, que a adição do reagente alcalino seja anterior ou, quanto muito, simultânea à do coagulante metálico, dadas a alta velocidade e a irreversibilidade das reacções a que os elementos metálicos ficam sujeitos;

12) - não é possível, como demonstrado pelos valores do Quadro I, estabelecer "a priori" qualquer relação entre as doses óptimas de coagulante e de reagente alcalino; esta última depende daquela e, também, das características da água bruta (nomeadamente pH, alcalinidade, anidrido carbónico, teor em ferro), e

13) - Embora o processo de coagulação química não exigia um período de "maturação" tão prolongado como o dos processos biológicos comuns no tratamento de águas residuais, demora algum tempo a alcançar o "steady state", pelo que é aconselhável, particularmente no caso de estações que apenas funcionam no período estival como reforço do abastecimento, e quando técnica e economicamente viável, que o seu início de funcionamento preceda de algum tempo (cinco a dez dias) o período de aumento de consumo.

2.2. O Processo de Desinfecção

Começando por resumir a situação do País no domínio da desinfecção de águas para abastecimento, indicam-se, depois, as principais deficiências encontradas na sua aplicação prática e, finalmente, algumas medidas correctivas.

2.2.1. Situação do País

No âmbito dos sistemas de abastecimento público ou semi-públicos, os métodos de desinfecção utilizados recorrem aos agentes químicos, com relevância dominante para os produtos clorados: cloro gasoso e hipoclorito de sódio, para os sistemas de abastecimento público, e hipoclorito de sódio e "cal clorada", para os sistemas de abastecimento semi-público. A opção entre o cloro gasoso e o hipoclorito depende, fundamentalmente, da dimensão do abastecimento ou, mais exactamente, da quantidade de cloro activo necessário, dado que ambos actuam segundo o mesmo mecanismo de destruição dos microrganismos.

Para alguns grandes sistemas de abastecimento está previsto o emprego da dupla ozono-cloro, conjugando o maior poder germicida do primeiro com a maior capacidade de permanência dos residuais do segundo, cuja efectivação se verifica, por enquanto, ao nível de estações-piloto.

De acordo com uma tentativa de levantamento da situação, efectuada pela Cadeira de Saneamento do Ambiente da Escola Nacional de Saúde Pública em 1979 e posteriormente corrigida em 1983, verifica-se que, relativamente aos sistemas de abastecimento público das sedes de concelho do País, a situação pode ser descrita, quantitativamente, do modo indicado no Quadro 2.

Entretanto, a situação melhorou, principalmente no respeitante à diminuição da percentagem dos aglomerados sem desinfecção.

Sob o ponto de vista qualitativo, verifica-se que são efectuadas análises bacteriológicas periódicas às águas de abastecimento de, cerca de, 95% das sedes de concelho, havendo controlo regular dos residuais de cloro em, cerca de 75% dos locais em que a desinfecção se efectua.

Quanto à monitorização dos sistemas de abastecimento público verifica-se, na maior parte dos casos, a inexistência de programas normalizados de controlo contínuo, da responsabilidade da entidade distribuidora, e de vigilância sanitária, do âmbito dos organismos da Saúde, resultante, em muitos casos,

do não adequado apetrechamento humano e material das estações e, ou dos laboratórios a que é cometida a realização da parte analítica dos referidos programas.

Situação da Desinfecção	Sedes de Concelho (%)
Satisfatória	29
Regular	33
Insatisfatória	18
Ausência	20

Quadro 2 - Situação da desinfecção nas sedes de concelho.

2.2.2. Principais deficiências. Recomendações

Sob o ponto de vista da realização prática do processo de desinfecção de águas para abastecimento, com compostos de cloro, são notadas as seguintes deficiências principais:

1) - Verificam-se ainda algumas lacunas na obtenção de um adequado residual de cloro em todos os pontos das redes de distribuição, como resultado de deficiências práticas de vária ordem (ausência de recloração, deficiente funcionamento e operação do equipamento de injeção, estado de limpeza menos adequado das diversas partes dos sistemas de abastecimento induzindo demandas de cloro elevadas, tempo de contacto insuficiente, etc.). embora o conceito fundamental de que o importante é garantir a existência dos residuais germicidas mínimos na rede e não, apenas, à saída da estação de tratamento, já tenha adquirido "direito de cidadania", o que não acontecia há ainda relativamente poucos anos atrás.

2) - Continua a ser prática corrente a aplicação do desinfectante após a aplicação do produto alcalino, nos casos em que esta última é necessária para efeitos de correcção do pH. Embora se reconheça a validade das razões que justificam tal procedimento, para além do tradicionalismo, nomeadamente a vantagem sanitariamente importante, de não haver adição de mais qualquer reagente (que pode contêr impurezas) após a desinfecção, a verdade é que tal prática despreza parte da capacidade germicida das espécies de cloro disponível (HOCl e NHCl_2) formadas para valores mais baixos do pH da água, as quais são, particularmente o ácido hipocloroso, dentro do seu tipo de residual, as de poder germicida mais elevado (o ácido hipocloroso, HOCl , é, em absoluto, a mais activa de todas as formas de cloro desinfectante ou disponível).

3) - Com raras excepções, concretizadas pela adopção do método da dietilparafenilenodiamina, DPD, na sua versão colorimétrica, a maioria dos sistemas de abastecimento utiliza o método da ortotolidina, OT, na sua versão ácida modificada, como método de determinação do teor em cloro residual disponível. Este método apresenta grandes inconvenientes, como sejam a baixa precisão e a elevada interferência de muitos compostos oxidantes, razão da sua "desqualificação" como método-padrão na penúltima edição dos "Standard Methods" (14.^a edição - 1976). Refira-se, a propósito, que o ensaio estabilizado da ortotolidina neutra, SNORT, teve a mesma sorte no âmbito da 15.^a e última edição dos "Standard Methods" (1980) por razões de toxicidade, de modo que, actualmen-

te, nenhum método à base da ortotolidina é classificado como padrão na perspectiva daquela prestigiada publicação.

O método colorimétrico da DPD, que se aconselha venha a ser largamente adoptado, além de apresentar maior precisão e menor número e grau de interferência de compostos oxidantes, permite a determinação das formas livre e combinada nos seus conjuntos e, também, das várias formas combinadas. Embora não sendo o método ideal, que é o que permite distinguir entre as duas formas de cloro livre (o ácido hipocloroso e o íão hipoclorito), é o melhor método para utilização nas estações de tratamento.

4) - Outras deficiências menos importantes dizem respeito à não homogeneização adequada das soluções aquosas na água a tratar, o que diminui a eficiência do processo, e, no caso da utilização do hipoclorito de sódio, ao emprego de soluções de concentrações diferentes das consideradas mais apropriadas (1. a 10% em volume-volume da "solução-mãe", para a qual se admite, usualmente, uma concentração em cloro activo de 130 g/l, aproximadamente), o que além de poder afectar a eficiência da desinfectação, pode determinar inconvenientes de ordem económica.

Finalmente, é muito importante não esquecer um último aspecto que é fundamental sob o ponto de vista sanitário e que, também, foi referido no âmbito do processo de coagulação, a propósito da toxicidade das formas monómeras de que derivam os polímeros orgânicos sintéticos. É o problema geral das propriedades tóxicas, cancerígenas ou mutagénicas de alguns compostos químicos utilizados nos processos de tratamento ou deles resultantes, o que, de uma perspectiva geral obriga à consideração de compostos alternativos e, ou de técnicas que evitem ou minimizem tais riscos.

No caso particular da aplicação de produtos clorados, o problema da formação de compostos organoclorados, nomeadamente de trihalometanos, de reconhecida acção cancerígena, é bastante actual e não pode ser ignorado, muito embora se possam apresentar dois fortes argumentos em defesa da desinfectação com produtos clorados.

Em primeiro lugar, que a principal responsabilidade pelo aparecimento de compostos organoclorados nas águas naturais, origens de abastecimento, deve ser atribuído na sua quase totalidade às indústrias químicas de base e do papel, cabendo à "indústria sanitária" uma parcela muito diminuta, que pode ser quantificada referindo que, apenas, cerca de 5% da produção anual de produtos clorados é usada para fins sanitários. Em segundo lugar, porque na maioria dos casos, os organoclorados formados durante o tratamento resultam, não do processo de desinfectação, mas da aplicação da pré-cloração residual livre a águas brutas que contenham as chamadas substâncias precursoras.

De qualquer modo existem certas medidas que minimizam a formação dos organoclorados, umas do âmbito mais geral da própria concepção dos sistemas de abastecimento, outras mais específicas da própria cloração. Deixando de lado as primeiras, por saírem do âmbito da presente comunicação, citam-se entre as segundas, as seguintes:

a) - limitação da dose de cloro aos valores mínimos que assegurem a desinfectação da água, isto é, evitar o recurso às técnicas de super-cloração;

b) - utilização, sempre que possível, do tipo de cloração residual que minimize ou, em certos casos, evite a formação dos compostos organoclorados; ou seja, dado que ao contrário dos residuais livres, as cloraminas não originam compostos orgânicos trihalogenados, o recurso à cloração residual combinada sempre que possível. Em particular, evitar, na medida do possível, quando as águas brutas apresentam elevados teores em matéria orgânica, a prática da pré-cloração com residuais livres;

c) - realização da cloração para valores de pH inferiores ou iguais a 7, dado que a formação do trihalometanos depende do pH e a sua remoção é bastante mais difícil quando formados a valores elevados de pH, e

d) - escolha criteriosa do ponto de aplicação do composto clorado, em face de cada esquema de tratamento, de modo a minimizar a formação eventual dos compostos organoclorados.

Para terminar é importante recordar os três aspectos seguintes:

- verificando-se que é mais simples eliminar ou, pelo menos, reduzir substancialmente as substâncias precursoras do que os seus derivados clorados, a "filosofia" geral de resolução do problema deve privilegiar os métodos "preventivos" em face dos "curativos";

- embora tratando-se de um problema sanitário real e importante, o problema da formação dos organoclorados não deve ser empolado, porque se trata, sem dúvida de um problema secundário quando comparado com os riscos resultantes para a saúde dos consumidores da presença de microrganismos patogênicos nas águas de abastecimento. E a confirmação desta afirmação é dada pela própria Organização Mundial da Saúde que, nas suas "Guidelines for Drinking-Water Quality (1984)", embora fixando em 30 $\mu\text{g}/\text{l}$ a concentração máxima admissível do clorofórmio (que é o único trihalometano quantificado), acrescenta que "a eficiência da desinfecção não pode ser comprometida pelo controlo do teor em clorofórmio".

- a não existência, a nível nacional, de nenhum laboratório oficial que efectue, como procedimento de rotina, a determinação do teor da água em clorofórmio ou em qualquer outro dos trihalometanos cancerígenos, o que constitui uma lacuna importante.

No caso particular das zonas turísticas, assume particular importância o efeito da temperatura na eficiência do processo de desinfecção pelos compostos clorados, particularmente na época estival, pela simultaneidade de ocorrência de temperaturas elevadas e de picos de consumo de água de abastecimento.

O aumento da temperatura actua sobre o processo de desinfecção com produtos clorados de dois modos opostos: por um lado, aumenta a velocidade de destruição dos microrganismos, enquanto que por outro, ao deslocar o equilíbrio no sentido do íão hipoclorito (em detrimento do ácido hipocloroso, que é a forma de maior poder germicida), diminui a capacidade desinfectante, sendo este segundo efeito que, normalmente, predomina. Portanto, o aumento da temperatura diminui sensivelmente a acção desinfectante das formas activas de cloro, quer livres quer combinadas, exigindo tempos de contacto e, ou doses aplicadas mais elevadas para que o processo mantenha a sua eficiência. O que, entre outras consequências, obriga ao dimensionamento dos equipamentos de desinfecção para a satisfação da aplicação de doses elevadas em caudais máximos, ou seja, a um sobredimensionamento relativamente às condições de funcionamento em época não estival.

3. CONCLUSÕES

Importa, para além das recomendações apresentadas nos pontos 2.1.2. e 2.2.2., tecer algumas considerações de ordem geral relativas à operação das estações de tratamento, no respeitante aos processos de coagulação química e de desinfecção.

O estudo efectuado, e que foi anteriormente referido, permite identificar, no âmbito da operação das estações de tratamento de águas para abastecimento, as seguintes necessidades fundamentais:

- 1) - promoção da formação profissional adequada do pessoal técnico ligada aos processos, nomeadamente operadores das estações de tratamento e técnicos de engenharia dos municípios;
- 2) - equipamento conveniente das estações de tratamento, existentes ou a construir, com os meios materiais indispensáveis ao controlo analítico laboratorial eficiente dos processos de coagulação e de desinfeção, e das restantes operações e processos que integram o esquema de tratamento, e
- 3) - realização frequente dos exames e ensaios laboratoriais necessários à caracterização das águas processadas e à optimização das condições de operação dos processos e operações de tratamento, de modo a garantir a adequada qualidade da água tratada pelo mais baixo custo.

Ou, de um modo resumido, é necessário, no âmbito mais geral dos sistemas de abastecimento público de água e, em particular, a nível das estações de tratamento, definir adequados programas de controlo contínuo e assegurar a existência dos recursos humanos e materiais que permitam a sua realização de modo a garantir, em continuidade, a qualidade da água tratada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 15th ed., Washington, the Association, 1980.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - Water Quality and Treatment. 3rd ed., New York, McGraw-Hill Book Company, 1971.
- BRATBY, J. - Coagulation and Flocculation. Croydon, Uplands Press Ltd., 1980.
- COMMITTEE REPORT - State of the Art of Coagulation. Jour. AWWA, 63, 99-108, 1971.
- COMMITTEE REPORT - Disinfection. Jour. AWWA, 70, 219, 1978.
- COMMUNAUTÉ ÉCONOMIQUE EUROPÉENNE - Directive du Conseil, du 15 Juillet 1980, relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine - Directive 80/778/CEE. Jour. Officie des Communautés Européennes, nº L 229/11, 30.8.80.
- GOMES DE SOUSA, J.M. - O Processo de Coagulação na Remoção da Turvação de Águas para Abastecimento. Dissertação, Escola Nacional de Saúde Pública, Lisboa, 1982.
- GOMES DE SOUSA, J.M. - Desinfeção de Águas para Abastecimento e de Águas Residuais. Trabalho Complementar, Escola Nacional de Saúde Pública, Lisboa 1983.
- GOMES DE SOUSA, J.M. - O Processo de Coagulação no Tratamento de Águas para Abastecimento. Concurso para Assessor, Direcção-Geral do Saneamento Básico, Lisboa, 1984
- JOHNSON, J.D. - Disinfection. Michigan, Ann Arbor Science Publishers Inc., 1975.
- JOLLEY, R.L. - Water Chlorination, Environmental Impact and Health Effects. Michigan, Ann Arbor Science Publishers, Inc., 1978.

STUMM, W.; MORGAN, J.J. - Aquatic Chemistry. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1970.

WEBER, W.J., Jr. - Physicochemical Processes for Water Quality Control. New York, Wiley-Interscience, 1972..

WORLD HEALTH ORGANIZATION - Guidelines for Drinking-Water Quality, Volume 1.-
- Recommendations. Geneva, the Organization, 1984.

ÍNDICE DO TEXTO

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. ASPECTOS QUÍMICOS E SANITÁRIOS DA OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO	3
2.1. O Processo de Coagulação Química	3
2.1.1. Produtos químicos empregues	3
2.1.2. Resultados experimentais e recomendações	4
2.2. O Processo de Desinfecção	6
2.2.1. Situação do País	6
2.2.2. Principais deficiências. Recomendações	7
3. CONCLUSÕES	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

ÍNDICE DE QUADROS

1. Valores experimentais da turvação inicial e das doses óptimas de coagulante e de reagente alcalino	4
2. Situação da desinfecção nas sedes de concelho do País.....	7