

TRATAMENTO DA ÁGUA: SUB-PRODUTOS DA CLORAÇÃO

**Cristina ALMEIDA⁽¹⁾; José NASCIMENTO⁽²⁾; Luís VILAS BOAS⁽³⁾;
Maria Augusta CAVACO⁽⁴⁾; Maria João BENOLIEL⁽⁵⁾**

RESUMO

O presente trabalho faz uma abordagem dos problemas relativos à desinfecção da água para consumo humano, nomeadamente no que se refere à formação de sub-produtos da cloração. Dentro deste grupo de compostos estudou-se em pormenor os clorofenóis. Com este objectivo foram analisadas amostras de água bruta e tratada da rede de Lisboa, referentes ao período compreendido entre a segunda quinzena de Julho de 1996 e a última semana de Janeiro de 1997. Fez-se o estudo estatístico dos fenóis e derivados fenólicos com outros parâmetros da qualidade da água relacionados com a formação dos sub-produtos da cloração, tais como: temperatura (água e ar), cloro residual (livre e combinado), pH e COT (Carbono Orgânico Total). Este estudo também englobou os valores dos trihalometanos (THM), outros dos sub-produtos da cloração. Verificou-se que os parâmetros que se destacam são os trihalometanos na sua totalidade e o clorofórmio a nível individual, por apresentarem sempre valores mais elevados. Seguem-se, por ordem decrescente, a temperatura do ar e da água, o bromodiclorometano, o pH e o total de derivados fenólicos. De seguida aparece o COT, o clorodibromometano e o bromofórmio. No grupo dos derivados fenólicos destacam-se o 2-nitrofenol e o 2,4-dimetilfenol devido à sua ausência, o 2-metil-4,6-dinitrofenol devido à sua ausência ou presença em baixos teores, o 2,4,6-triclorofenol, 2,4-diclorofenol e o 2-clorofenol devido à sua predominância nas amostras e o pentaclorofenol devido à sua discrepância entre os valores obtidos no Verão e os obtidos no Inverno.

PALAVRAS CHAVE: Sub-produtos da cloração, desinfecção, fenóis, clorofenóis.

⁽¹⁾ Assistente de Hidrologia da Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa;

⁽²⁾ Professor Catedrático da Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa;

⁽³⁾ Professor Associado do Instituto Superior Técnico, Lisboa;

⁽⁴⁾ Directora da Divisão de Laboratórios da EPAL;

⁽⁵⁾ Chefe de Secção de Apoio Técnico e Qualidade, da Divisão de Laboratórios da EPAL.

1 - INTRODUÇÃO

Todos os seres humanos sabem por experiência própria que a utilização múltipla da água é uma ameaça para a saúde do Homem e dos animais. O aparecimento de infecções bacterianas, fúngicas e víricas, e de infecções por parasitas é um facto comum quando as pessoas bebem ou estão em contacto corporal com a água que foi utilizada como veículo de resíduos urbanos e industriais.

Esta ameaça é de extrema importância na sociedade, sobretudo em países em vias de desenvolvimento. Contudo existe uma contaminação crescente dos cursos de água, águas subterrâneas, mares e oceanos com materiais de origem não biológica, substâncias orgânicas e inorgânicas que, consciente ou inconscientemente, são lançadas no meio ambiente. Estes contaminantes, alguns com uma distribuição generalizada nos oceanos, constituem um risco para a saúde, que aumenta uniformemente com o desenvolvimento da urbanização, da industrialização e da agricultura intensiva.

Pode-se contaminar a água quando ela é utilizada como portadora de grandes unidades de transporte (por exemplo, os derrames acidentais ou intencionais dos petroleiros), como meio de transporte de substâncias dissolvidas, partículas ou flutuantes (por exemplo, águas de resíduos industriais), como matéria prima dos processos industriais que regressa aos cursos de água no estado contaminado (por exemplo, os resíduos da indústria da pasta de papel). O uso agrícola da água de precipitação e da água de regadio como dissolvente de nutrientes para plantas implica também uma ameaça, uma vez que na maioria dos sistemas agrícolas, as plantas não utilizam os nutrientes de forma eficiente e uma parte vai parar aos rios e águas subterrâneas junto com outros produtos agrícolas, tais como os pesticidas. A situação agrava-se no caso da agricultura intensiva que utiliza grandes quantidades de fertilizantes e de pesticidas. Muitos destes contaminantes aumentam a sua toxicidade após a cloração das águas, uma vez que dão origem a compostos clorados, cuja acção tóxica é superior à do seu precursor.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a eficiência da desinfecção nunca deve ser comprometida, devendo ser reduzido o nível dos sub-produtos potencialmente perigosos, quer optimizando os processos de tratamento, quer reduzindo o teor de substâncias orgânicas na água, antes da aplicação daqueles reagentes.

Quando fôr necessário decidir entre os parâmetros microbiológicos e os parâmetros referentes a sub-produtos da desinfecção, a qualidade microbiológica deve ter sempre precedência.

2 - TRATAMENTO DA ÁGUA

A maioria das águas de abastecimento são provenientes das águas subterrâneas, rios, lagos e albufeiras. Estas águas contêm geralmente partículas em suspensão, substâncias químicas e agentes microbiológicos que tornam as águas sem tratamento, impróprias para consumo. Deste modo, os sistemas municipais de tratamento submetem a água a um conjunto de processos físicos e químicos para aumentar a sua qualidade. Uma descrição de uma combinação destes processos ilustra a variedade de tratamentos que podem alterar o destino das substâncias químicas presentes na água de partida. Frequentemente é adicionado um agente coagulante (ex: sais de alumínio ou sais férricos) e carvão activado à entrada das estações de tratamento. O carvão activado adsorve e elimina uma grande variedade de compostos orgânicos. Os sais de alumínio ou férricos hidrolizam na água originando os

coloides de hidróxido de alumínio ou de ferro. Estes hidróxidos têm carga opostas às das partículas, tais como, partículas de argila e células bacterianas, assim como da dos iões orgânicos e inorgânicos na água. Deste modo, os hidróxidos agregam-se, tornam-se maiores e depositam-se ao fim de algumas horas. A água límpida é depois filtrada através de areia, para eliminar as partículas que não tenham sedimentado. Nesta altura o pH da água é ajustado com cal, o cloro é adicionado como desinfectante e em alguns casos adicionam-se os fluoretos. Após este processo, a água tratada é geralmente mantida num depósito ou poço limpo, durante algumas horas, de modo a permitir que o desinfectante actue antes da água entrar na rede de distribuição. Adiciona-se sempre uma quantidade suficiente de desinfectante nas águas de distribuição para assegurar uma quantidade mínima de desinfectante na água da torneira. Devido aos desinfectantes químicos e à natureza muito reactiva destes produtos, os contaminantes orgânicos na água bruta podem sofrer transformação, originando compostos mais ou menos tóxicos.

A solução aquosa de cloro e as monocloramias são os dois desinfectantes mais usados na desinfecção das águas de abastecimento. O objectivo do texto que se segue é fazer um resumo informativo das reacções do cloro e das monocloramias com vários grupos funcionais, para prever quais as classes de substâncias químicas mais perigosas que se formam no decorrer da desinfecção das águas.

2.1- Natureza das reacções do cloro com os substratos orgânicos

As reacções mais comuns são a substituição hidrogénio por um cloro), oxidação (implicam geralmente a ligação a um átomo de oxigénio) e adição (saturação das ligações múltiplas). As reacções iniciais são frequentemente seguidas de outras que resultam na quebra da cadeia carbonada, descarboxilação, eliminação e outras reacções. Estas reacções subsequentes podem ou não envolver um desinfectante adicional. É importante ter em consideração a natureza das reacções dos compostos orgânicos com o cloro aquoso e cloramina para ter uma noção clara da espécie molecular ou iónica envolvida. As moléculas reactivas na solução aquosa de cloro ou de cloramina parecem ser óbvias, mas a complexidade das interacções destas moléculas com a água e compostos nela presentes, dão origem a uma série de espécies em solução.

Uma água de consumo tratada passa várias horas numa estação de tratamento e muitas vezes cerca de 5 dias numa rede municipal de distribuição. Com base nisto, são discutidas várias classes estruturais de grupos funcionais e são classificadas de acordo com a seguinte escala de reactividades:

- Muito reactivo: mais de 50% do substrato reage em menos de 5 minutos;
- Reactivo: mais de 50% do substrato reage em menos de 1 dia;
- Com alguma reactividade: mais de 50% do substrato reage ao fim de 5 dias;
- Ligeiramente reactivo: mais de 50% do substrato reage em menos de 1 ano;
- Não reactivo.

É de referir que, a tabela 1, é apenas um guia geral sobre reactividades e que nela podem-se encontrar compostos que são excepção à regra e que para algumas classes de compostos os dados relativos à sua reactividade são muito escassos.

Os compostos classificados de «muito reactivos» sofrem uma conversão estequiométrica a produtos presentes na água tratada. Dentro dos compostos reactivos estão aqueles que sofrem uma conversão extensiva mas não necessariamente estequiométrica, dentro do período de tratamento.

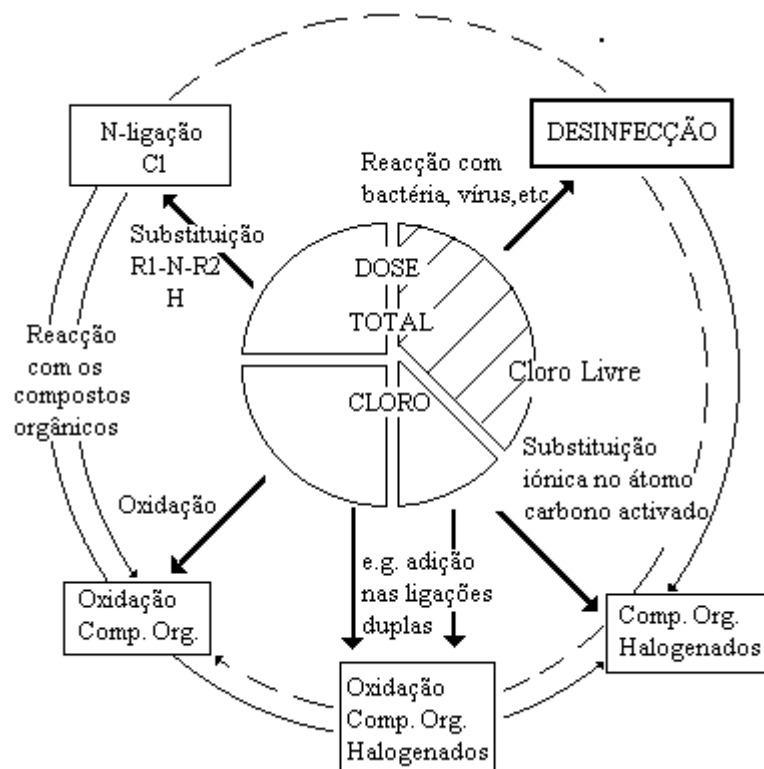


Figura 1: Reacções do cloro com os vários tipos de substratos [BÄTJER *et al* (1981)].

2.1.2. Compostos aromáticos

A reactividade dos compostos aromáticos homocíclicos varia muito e depende do tipo de substituintes do anel. Os compostos aromáticos substituídos com simples grupos alquila, tais como o tolueno e o xileno, não são muito reactivos durante a cloração da água. Em contraste, os compostos aromáticos substituídos com grupos dadores de electrões, tal como o grupo metoxi (*e.g.* anisole), são bastante reactivos, assim como os compostos fenólicos. Para estes compostos, a velocidade da reacção aumenta com o número de grupos do anel. Por outro lado, a maioria dos compostos aromáticos, não sofrem alterações significativas na água clorada.

A presença de fenóis clorados está frequentemente associada com o sabor e o odor desagradáveis da água tratada. A reactividade dos fenóis é muito diferente da dos restantes compostos aromáticos porque eles podem ionizar a elevados valores de pH. Lee, Soper e Smith estudaram a velocidade da reacção do fenol com o cloro aquoso para valores de pH entre 5 e 12 e verificaram que o mecanismo de reacção envolve a cloração do ião fenóxido pelo HOCl. Os produtos da cloração do fenol são inicialmente o *o*- e *p*-clorofenol, os quais podem reagir mais uma vez originando produtos diclorados. As velocidades de cloração variam muito; por exemplo, o *p*-clorofenol é quatro vezes menos reactivo que o fenol, mas a velocidade para a reacção do *o*-clorofenol é aproximadamente igual à do fenol, devido ao

Tabela 1Reactividade em função das classes químicas e grupos funcionais [WANG *et al* (1994)].

Reactividade	Cloro aquoso	Monocloramina
Muito reactivo	Aminas Sulfuretos de alquilo β -dicetonas β -cetoésteres Éster malónico (malonato de etilo) Alguns compostos heterocíclicos aromáticos com <u>N</u>	Sulfureto de alquilo
Reactivo	Fenóis Alcoxibenzeno β -cetoácidos Fosfluoridratos Acetato de <i>p</i> -nitrofenilo	Aminas Alguns compostos heterocíclicos aromáticos com <u>N</u>
Com alguma reactividade	α,α -dicetonas Ésteres alifáticos S-alquilofosforofluoridratos	
Ligeiramente reactivo	Ésteres aromáticos Amidas Carbamatos Alcóis Aldeídos e cetonas simples	Alcóis
Não reactivo	Alcanos Haletos de alquilo Tolueno e xileno Ácidos carboxílicos simples	Alcanos Haletos de alquilo Compostos aromáticos Fenóis Alcenos Amidas Ácidos carboxílicos
Desconhecido	Alcenos	Ésteres Aldeídos e cetonas

baixo pKa dos fenóis clorados, embora o pH ao qual se verifica a velocidade máxima seja inferior à do fenol. A pH=7 o *o*-clorofenol reage com o cloro aquoso a uma velocidade 50% superior à do fenol.

Os grupos substituintes em alguns fenóis podem sofrer substituição por outros grupos funcionais do anel. A cloração dos ácidos fenólicos, tais como o ácido 4-hidroxibenzoico resultam na substituição do grupo carboxilo por um átomo de cloro.

A reacção do cloro aquoso com compostos aromáticos polihidroxilados pode dar origem a vários produtos. Pensa-se que os compostos aromáticos 1,3-dihidroxilados são uma das principais fontes de clorofórmio produzidos pela cloração das substâncias húmicas na água de consumo

3- FENÓIS E ÁGUA DE CONSUMO

A preocupação, cada vez maior, com os efeitos na saúde pública decorrentes da possível existência dos sub-produtos da cloração acima referidos, aliada ao facto de por vezes se detectarem fortes odores a clorofenóis em amostras de água provenientes da rede de distribuição de Lisboa, levou ao desenvolvimento de um método analítico para a determinação destes compostos e ao estudo da sua distribuição na água captada, tratada e distribuída pela EPAL.

Os fenóis presentes na água têm origem nas descargas de resíduos da indústria petroquímica e outras indústrias onde os fenóis são utilizados como intermediários, estando também presentes nos esgotos urbanos municipais. Quando a água de origem tem fenol, os principais produtos de reacção são o 2-clorofenol, 4-clorofenol, 2,4-diclorofenol e o 2,4,6-triclorofenol.

Com base na literatura sobre os efeitos de ordem toxicológica e organoléptica relativamente aos clorofenóis, podemos concluir que os limites com base nos efeitos toxicológicos, para a maioria dos clorofenóis são superiores aos limites relativamente ao sabor e odor da água. Os clorofenóis são reconhecidos pelos seus baixos valores de limiar de percepção gustativa e odorífera. O limiar de percepção gustativa para os compostos mais odoríferos (como os diclorofenóis) é tão baixo quanto 1 µg/L. No entanto, por razões de ordem organoléptica, os clorofenóis individuais, regra geral, não devem estar presentes numa água em níveis superiores a 0,1 µg/L; excepção a esta regra são o fenol e o pentaclorofenol que têm limiares de percepção gustativa à volta de 100 µg/L.

O Decreto Lei 74/90 de 7 de Março estabelece para as águas de consumo Humano um Valor Máximo Admissível (VMA) para os fenóis de 0,5 µg/L (C₆H₅OH). No que se refere às águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano estabelece um VMA

de 1 µg/L para as águas da classe A1, 5 µg/L para as águas da classe A2 e 100 µg/L para as águas da classe A3.

Este Decreto Lei não especifica um valor limite para cada um dos compostos fenólicos, mas sim um valor limite total para todos os compostos que apresentem na sua estrutura o grupo fenol. Uma vez que estes compostos apresentam características organolépticas e tóxicas diferentes há a necessidade de desenvolver um método analítico capaz de identificar e quantificar cada um destes compostos fenólicos, nas concentrações em que eles se encontram na água.

Neste trabalho aplica-se um método previamente validado [ALMEIDA *et al* (1996)] para analisar amostras de água captada, tratada e distribuída pela EPAL, considerando sete tipos de amostras:

Águas brutas	superficial
	subterrânea
Estações de tratamento	
Adutores	
Reservatórios	
Rede de distribuição	
Abastecimentos a municípios	

4- MÉTODOS E MATERIAIS

Foram analisadas amostras de água bruta e tratada da rede de Lisboa, referentes ao período compreendido entre a segunda quinzena de Julho de 1996 e a última semana de Janeiro de 1997. Analisaram-se ao todo 122 amostras. A pré-concentração das amostras foi feita por extracção líquido-líquido com diclorometano. O extracto foi concentrado até um pequeno volume e diluído em sulfureto de carbono durante a concentração. A solução resultante foi analisada por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama. A análise cromatográfica foi feita com uma coluna capilar (DB-5, 30m x 0,32mm x 1µm) tendo como gás de arraste o hélio. Foram analisados os seguintes fenóis: fenol, 2-clorofenol, 2-nitrofenol, 2,4-dimetilfenol, 2,4-diclorofenol, 4-cloro-3-metilfenol, 2,4,6-triclorofenol, 2,4-dinitrofenol, 4-nitrofenol, 2-metil-4,6-dinitrofenol e pentaclorofenol.

Fez-se o estudo estatístico dos fenóis e derivados fenólicos com outros parâmetros da qualidade da água relacionados com a formação dos sub-produtos da cloração, tais como: temperatura (água e ar), cloro residual (livre e combinado), pH e COT (Carbono Orgânico Total). Este estudo englobou os valores dos trihalometanos (THM), outros dos sub-produtos da cloração.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras e texto a seguir apresentados, os fenóis estão representados por siglas, as quais estão ilustradas na tabela 2.

As semanas de amostragem e análise estão representadas pelas seguintes siglas: J4 (4ª semana de Julho), J5 (5ª semana de Julho), O3 (3ª semana de Outubro), N2 (2ª semana de

Novembro), N3 (3ª semana de Novembro), Ja2 (2ª semana de Janeiro), Ja3 (3ª semana de Janeiro) e Ja4 (4ª semana de Janeiro).

Tabela 2
Derivados fenólicos e respectivas siglas.

Fenóis	Sigla
Fenol	F
2-Clorofenol	2-CF
2-Nitrofenol	2-NF
2,4-Dimetilfenol	2,4-dMF
2,4-Diclorofenol	2,4-dCF
4-Cloro-3-metilfenol	4C-3MF
2,4,6-Triclorofenol	2,4,6-tCF
2,4-Dinitrofenol	2,4-dNF
4-Nitrofenol	4-NF
2-Metil-4,6-dinitrofenol	2M-4,6dNF
Pentaclorofenol	pCF

O tratamento estatístico das amostras e dos vários parâmetros relacionados com a desinfecção na sua globalidade, ilustrado na figura 2, permitiu concluir que das 122 amostras estudadas, a SOT0Ja2 e a EALVBJa3 destacam-se do grupo uma vez que apresentam uma associação de valores elevados para os THM, derivados fenólicos e cloro residual livre e combinado.

Na SOT0Ja2 é evidente os valores mais elevados de cloro residual livre e combinado (2,12 e 3,12 respectivamente) e de derivados fenólicos (63,53 ppb) e na EALVBJa3 os valores mais elevados de THM (113,0 ppb) e de derivados fenólicos (14,75 ppb).

A seguir destaca-se o grupo de amostras VPTRAJa3, VPBRUJa4 e VPTRAJa2. A VPTRAJa3 e VPTRAJa2 apresentam valores elevados de THM (159 ppb) e derivados fenólicos (18,94 ppb) e dentro dos THM o clorofórmio apresenta um valor muito elevado (125 ppb).

Outro grupo que se destaca é a CAPTJJa3, CHREGJa2 e ADV17N2. A CAPTJJa3 não apresenta THM, apresentando um valor de derivados fenólicos relativamente elevado (11,46 ppb). A ADV17N2 apresenta valores de THM e derivados fenólicos relativamente baixos 4,13 ppb e 45,8 ppb respectivamente.

Por fim destaca-se o grupo da EALVSJ5 e EALVBJ5. Estas amostras apresentam valores de derivados fenólicos próximo de 1 ppb e valores de THM elevados, em que o trihalometano mais representativo é o bromofórmio.

Como podemos observar, as amostras que se destacam pertencem ao grupo de amostragem e análise do período de Inverno. Com as primeiras chuvas, a escorrência e drenagem dos solos aumenta e deste modo o teor em matéria orgânica nas águas aumenta

também, levando a um aumento do teor de sub-produtos de cloração formados (trihalometanos, clorofenóis e cloramidas).

O aspecto da figura 2 não se altera se o tratamento estatístico for feito sem incluir os valores totais de THM e dos derivados fenólicos. Estes gráficos dão apenas ênfase à separação entre os valores obtidos no Verão (3ª e 4ª semana de Julho) e os obtidos no início e decorrer do Inverno (da 3ª semana de Outubro à 4ª semana de Janeiro). Esta diferença é mais significativa nos valores dos derivados fenólicos.

Figura 2: Análise estatística das 122 amostras e dos vários parâmetros relacionados com a desinfecção (fenóis, THM, pH, cloro residual livre e combinado, COT e temperatura do ar e da água).

Na análise estatística dos vários parâmetros estudados (temperatura, cloro residual livre e combinado, pH, COT THM e derivados fenólicos), figura 3, verifica-se que os parâmetros que se destacam são os trihalometanos na sua totalidade e o clorofórmio a nível individual, por apresentarem sempre valores mais elevados. Seguem-se, por ordem decrescente, a temperatura do ar e da água, o bromodiclorometano, o pH e o total de derivados fenólicos. De seguida aparece o COT, o clorodibromometano e o bromofórmio. Cada parâmetro da qualidade da água está representado por um número, o qual, está definido na tabela 3.

No grupo dos derivados fenólicos a separação é mais difícil, uma vez que há uma variação muito maior de amostra para amostra. Neste grupo destacam-se o 2-nitrofenol e o 2,4-dimetilfenol devido à sua ausência, o 2-metil-4,6-dinitrofenol devido à sua ausência ou presença em baixos teores, o 2,4,6-triclorofenol, 2,4-diclorofenol e o 2-clorofenol devido à sua predominância nas amostras e o pentaclorofenol devido à sua discrepância entre os valores

obtidos no Verão (ausência) e Inverno. Destes últimos clorofenóis, o 2-clorofenol é o que apresenta uma maior variação de concentrações.

O 4-cloro-3-metilfenol está praticamente ausente, só aparece em algumas amostras na terceira semana de Outubro e segunda, terceira e quarta semana de Janeiro.

O 2,4-dinitrofenol e o 4-nitrofenol não existem nas amostras recolhidas no período de Verão e são uma constante nas amostras a partir de Outubro.

Tabela 3: Parâmetros relacionados com a desinfecção das águas e números usados para os representar na figura 3.

Temperatura do ar	1	Fenol	12
Temperatura da água	2	2-Clorofenol	13
Cloro residual livre	3	2,4-Dimetilfenol	14
Cloro residual combinado	4	2,4-Diclorofenol	15
pH	5	4-Cloro-3-metilfenol	16
COT	6	2,4,6-Triclorofenol	17
Clorofórmio	7	2,4-Dinitrofenol	18
Bromodiclorometano	8	4-Nitrofenol	19
Clorodibromometano	9	2-Metil-4,6-dinitrofenol	20
Bromofórmio	10	Pentaclorofenol	21
THM totais	11	Total de derivados fenólicos	22

Figura 3: Análise estatística dos vários parâmetros relacionados com a desinfecção (fenóis, THM, pH, cloro residual livre e combinado, COT e temperatura do ar e da água) referentes às 122 amostras em estudo.

O 2-metil-4,6-dinitrofenol ou está ausente ou aparece em valores sempre inferiores a 0,3 µg/L, há exceção de uma amostra.

Devido ao elevado número de amostras estudado, apenas se apresenta um gráfico representativo de cada um dos tipos de amostras.

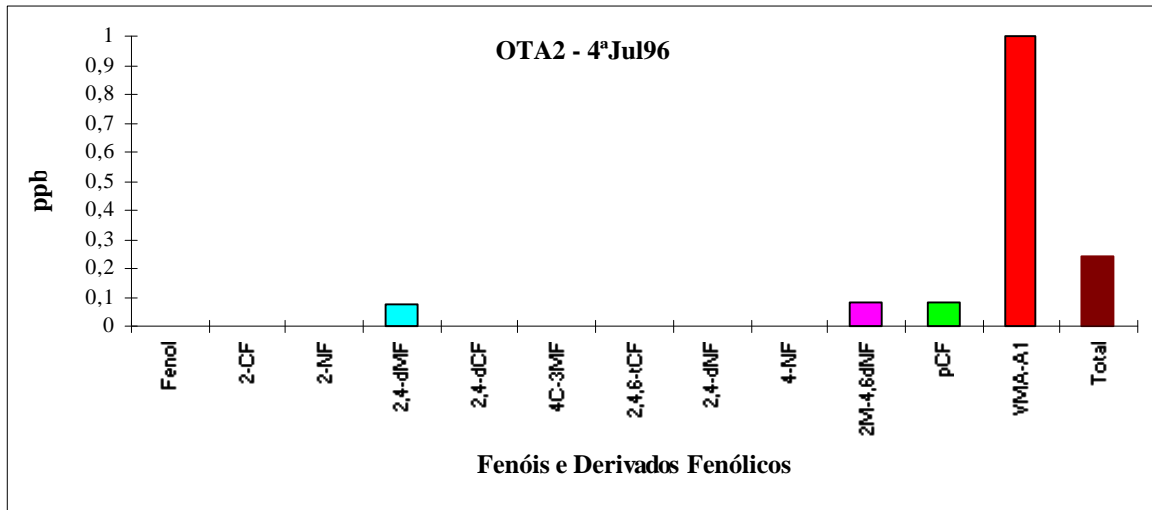


Figura 4: Água da captação subterrânea da OTA (poço 2).

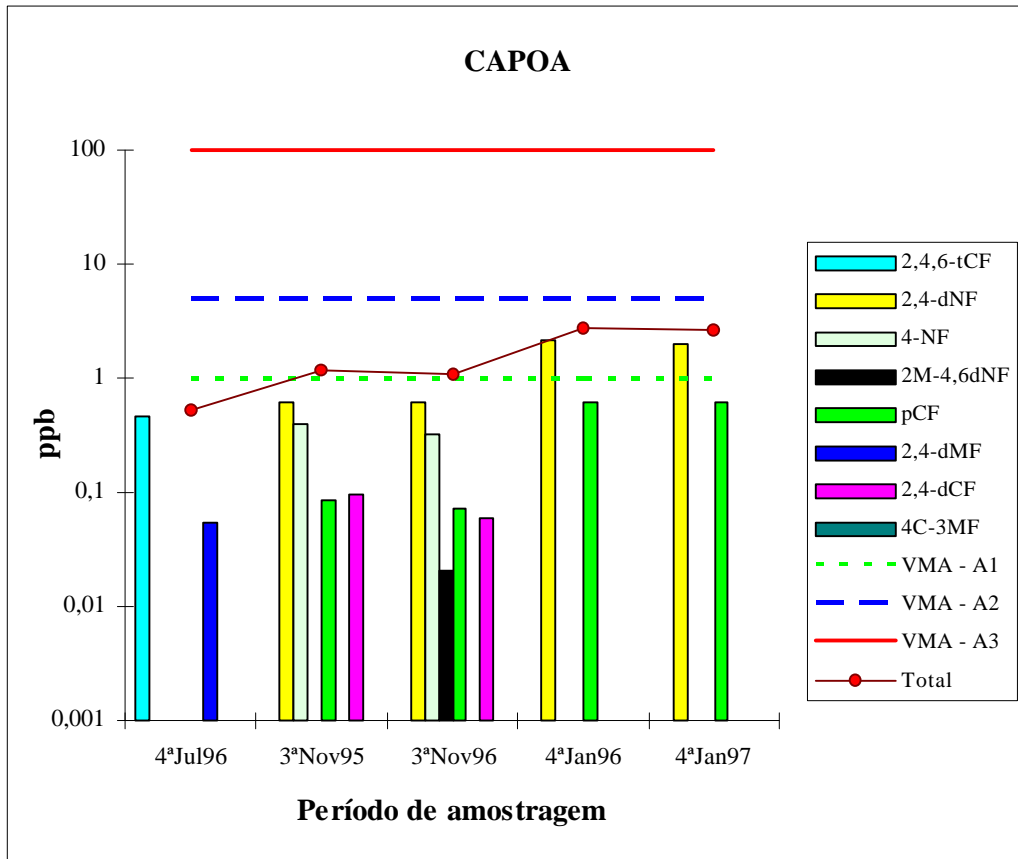


Figura 5: Água da captação superficial do sub-sistema Alviela, CAPOA (Captação dos Olhos de Água - Alviela).

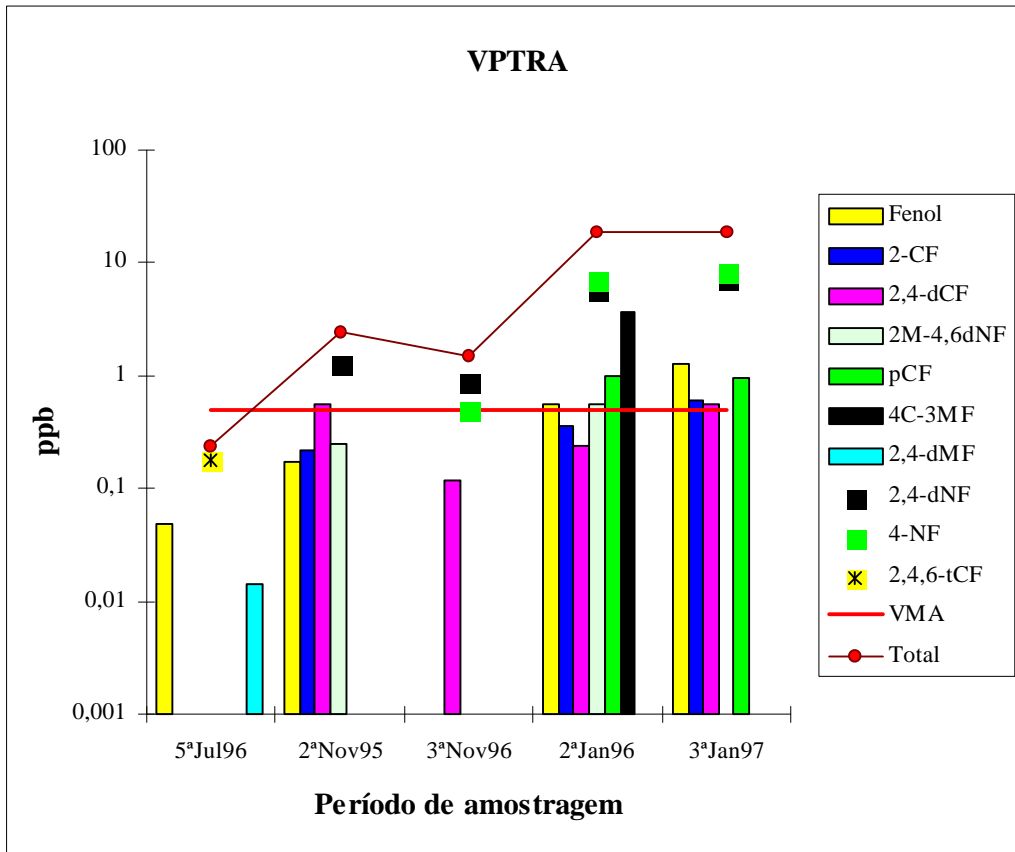


Figura 6: Água da captação superficial do sub-sistema Vale da Pedra, VPTRA (Estação de Vale da Pedra - Água Tratada/saída).

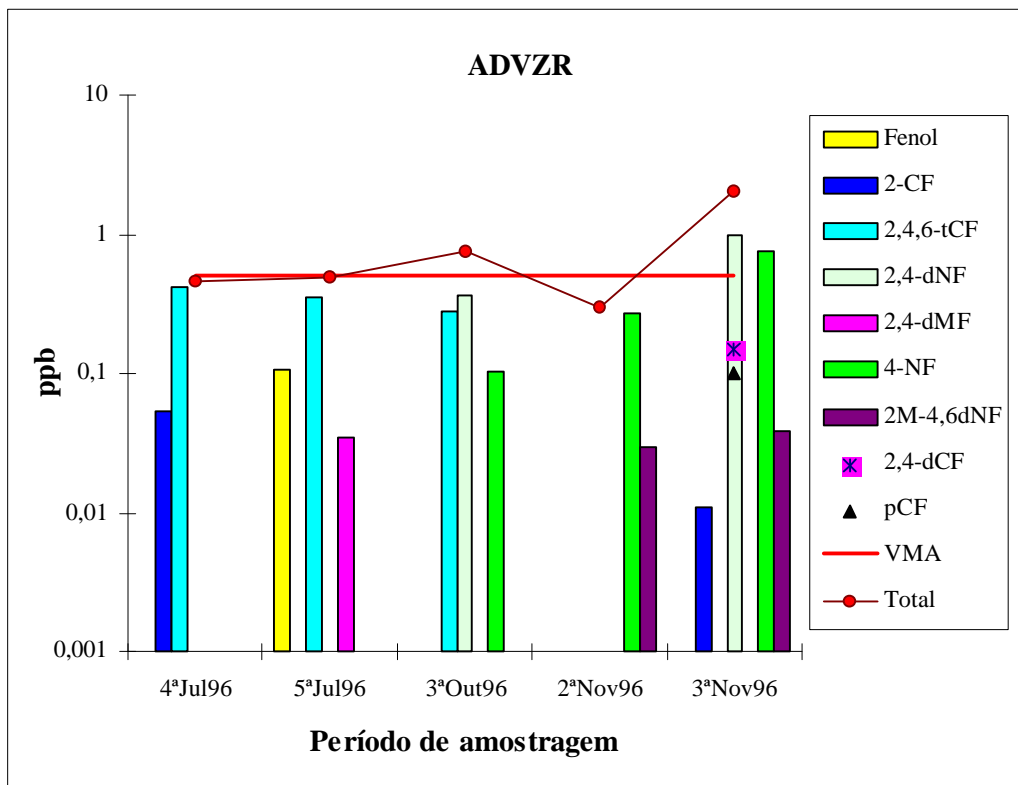


Figura 7: Aqueduto do Tejo, ADVZR (Adutor da Várzea das Chaminés).

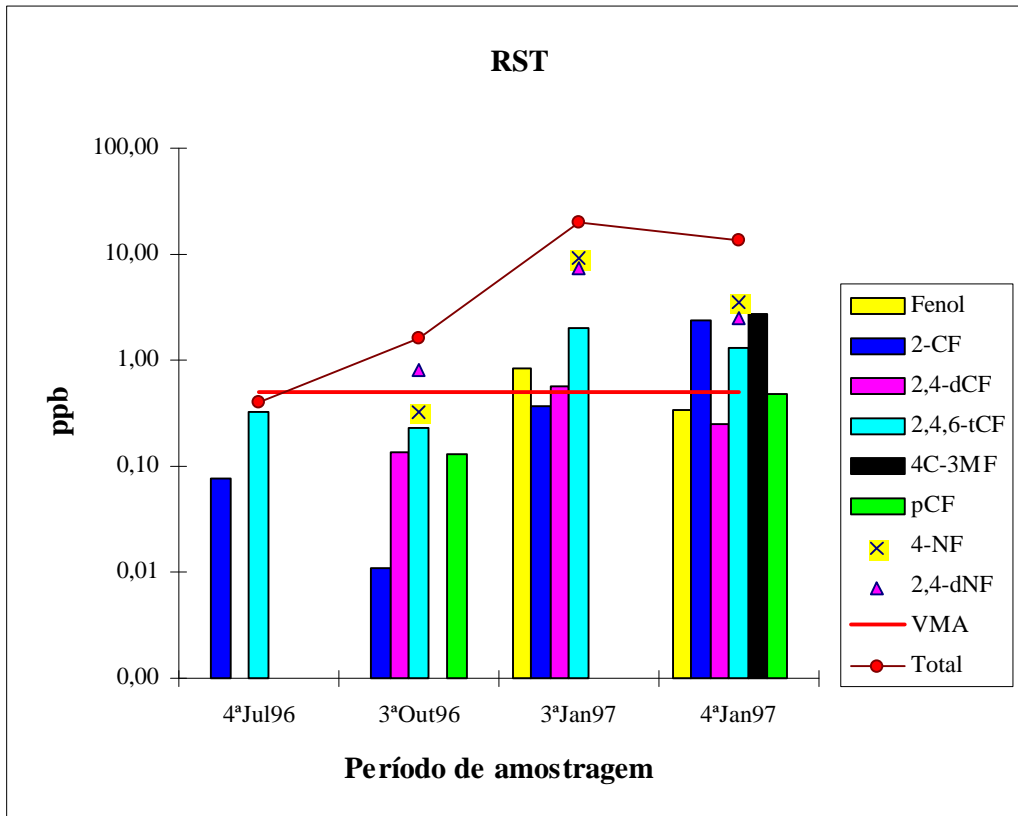


Figura 8: Reservatório das Telheiras, RST

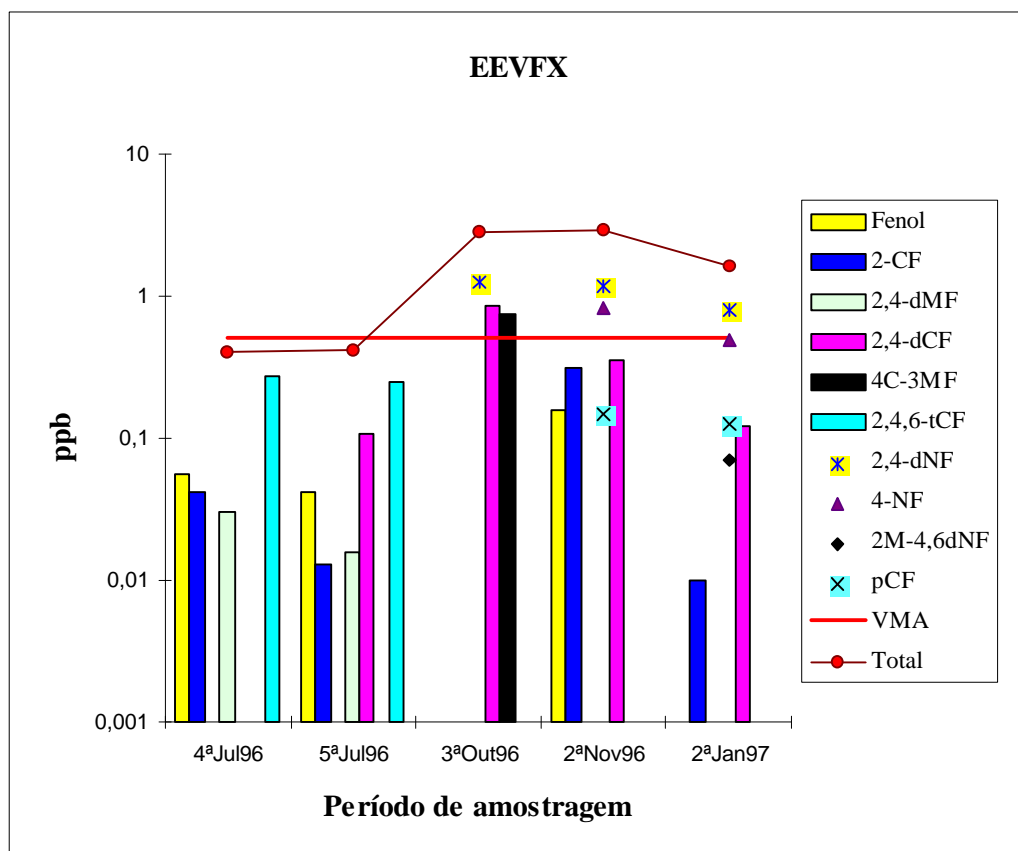


Figura 9: Estação Elevatória de Vila Franca de Xira, EEVFX

6 - CONCLUSÕES

Todas as captações apresentam concentrações em fenóis e derivados fenólicos inferiores ao definido pelo DL74/90 de 7 de Março. A concentração nestes compostos é, regra geral, inferior a 5 µg/L (água do tipo A2), verificando-se um ligeiro aumento no início do Inverno (mas apresentam sempre concentrações inferiores a 10 µg/L).

Na maioria das águas tratadas a concentração em fenóis e em clorofenóis é superior a 0,5 µg/L. A concentração e tipo de fenóis variam com a estação do ano.

A concentração total de fenóis é praticamente constante no Verão ($\cong 2\mu\text{g/L}$) e vai aumentando a partir do Outono. Este aumento é significativo a partir das primeiras chuvas. A partir de Novembro a concentração total de fenóis ronda os 10 µg/L.

De todas as águas tratadas, os reservatórios são os que apresentam águas com concentrações de fenóis mais elevadas.

Embora, algumas das águas em estudo apresentassem uma concentração total em derivados fenólicos superior ao VMA definido pelo DL74/90, estes valores eram sempre inferiores aos propostos pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Não nos podemos esquecer que a legislação em vigor não define o tipo de derivados fenólicos a analisar e que no presente trabalho fez-se o rastreio de onze fenóis. Por outro lado, a OMS embora ainda não apresente valores de referência para alguns dos fenóis em estudo, propõe para cada derivado fenólico clorado valores de referência na ordem de 1µg/L.

Não se devendo minimizar o processo de desinfecção, devem-se criar condições que na medida do possível impeçam a formação destes compostos, sendo recomendável:

- Proteger os recursos hídricos, evitando a sua contaminação e consequente degradação;
- Desenvolver condições para a optimização dos processos de tratamento;
- Fazer uma manutenção adequada dos sistemas de distribuição (rede e reservatórios);
- Controlar de forma adequada a qualidade da água distribuída.

7 - AGRADECIMENTOS

Este estudo foi efectuado com o patrocínio da Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL) e o trabalho laboratorial foi realizado na Secção de Química Orgânica da Divisão de Laboratórios da EPAL.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.; NASCIMENTO, J.; VILAS BOAS, L., CAVACO, M. A., BENOLIEL, M. J.; *Revista Indústria da Água*, **1996**, 20,14-24.

BÄTJER, L.K.; DÜZELN, J. V.; GABEL, B.; “Distribution and Balance of Volatile Halogenated Hydrocarbons in the Water and Air of Covered Swimming Pools Using Chlorine for Water Disinfection”, *Water Research*, **1981**, 15, 803-814.

EATON, A. D.; GREENBERG, A. E.; CLESRECI, L.; "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 19^a Edição, Washington, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environmental Federation (WEF), , 1995.

OMS (Organização Mundial de Saúde); - "Guidelines for Drinking-Water Quality", Vol. I ("Recommendations"), Vol.II ("Health Criteria and Other Supporting Information World Health Organization") and Vol.III ("Drinking-water Quality Control in Small-community Supplies"), Genova, 1984.

WANG, R. G. M.; "Water Contamination and Health, Integration of Exposure Assessment, Toxicology and Risk Assessment", Marcel Dekker, Copyright, New York, 1994.