

# EXPERIÊNCIA DA APLICAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA NA ÁGUAS DO CÁVADO, SA

José M. P. VIEIRA <sup>(1)</sup>; Carla M. G. D. MORAIS <sup>(2)</sup>; José C. TENTÚGAL VALENTE <sup>(3)</sup>;  
Filomena M. S. P. M. PEIXOTO <sup>(4)</sup>

## RESUMO

A 3ª Edição das *Guidelines for Drinking Water Quality*, da Organização Mundial de Saúde, contém recomendações que incorporam novos conceitos de avaliação e gestão de riscos para aplicação ao processo de produção e fornecimento de água para consumo humano. Nessas recomendações é proposta uma forma prática e estruturada de aplicar aqueles conceitos à realidade dos sistemas de abastecimento de água através da implementação de “Planos de Segurança da Água”. Com esta nova metodologia pretende-se operar uma mudança na abordagem dos mecanismos de controlo de qualidade da água, do actual processo de monitorização de conformidade de “fim-de-linha” para um processo de gestão de segurança de todo o processo, desde a fonte de água bruta até aos pontos de consumo.

A empresa Águas do Cávado S.A. elaborou o seu Plano de Segurança da Água para o Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Norte do Grande-Porto, com base numa abordagem de avaliação de riscos, identificando pontos de controlo críticos, estabelecendo acções correctivas e planeando as instruções necessárias ao funcionamento do Plano, tanto em situações de rotina como em situações de eventos excepcionais. Durante um ano desenvolveu-se uma experiência-piloto onde se testaram procedimentos e se ganhou maior sensibilidade na aplicação desta nova metodologia de controlo de qualidade da água.

O presente trabalho reporta os principais resultados obtidos a partir da experiência adquirida na implementação de PSA na empresa Águas do Cávado S.A., sendo apresentado um conjunto de ensinamentos sobre as vantagens e dificuldades encontradas na sua aplicação prática.

**Palavras-chave:** avaliação e gestão de riscos, controlo de processos, gestão operacional, monitorização.

---

<sup>1</sup> Doutor em Eng. Civil, Professor Catedrático, Universidade do Minho, Depto. Eng. Civil, Braga, Portugal

<sup>2</sup> Eng.<sup>a</sup> Civil, Área Funcional de Qualidade Total, Águas do Cavado, S. A., Barcelos, Portugal

<sup>3</sup> Eng.<sup>o</sup> Civil, Presidente do Conselho de Administração, Águas do Cavado, S. A., Barcelos, Portugal

<sup>4</sup> Eng.<sup>o</sup> Biológica, Área Funcional de Qualidade Total, Águas do Cavado, S. A., Barcelos, Portugal

## 1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS), através das suas “*Guidelines*” (WHO, 2004), propõe às entidades gestoras de sistemas de abastecimento público de água um novo conceito de gestão do processo de produção e distribuição de água potável, através da implementação de Planos de Segurança da Água para consumo humano (PSA). Estes planos constituem uma análise sistemática dos perigos para a saúde pública existentes num determinado sistema de abastecimento e os processos de gestão necessários ao seu efectivo controlo (VIEIRA, 2004). Promove-se, assim, a mudança de abordagem de um processo de monitorização de conformidade de “fim-de-linha” para um processo de gestão de segurança, compreendendo todas as etapas que compõem o sistema de abastecimento, desde a fonte até ao consumidor. Esta metodologia tem vindo a ser referida internacionalmente como uma forma mais segura de garantir a qualidade da água fornecida aos consumidores, sendo objecto de significativas publicações institucionais (EPA,2004; IWA, 2004; NZ, 2001).

De acordo com esta nova abordagem, a entidade gestora deve assegurar a qualidade da água fornecida, adoptando um processo de avaliação e gestão de riscos, através de um “Quadro de referência para o abastecimento público de água para consumo humano em segurança”, que contempla as cinco etapas fundamentais:

- Estabelecimento de objectivos para a qualidade da água destinada ao consumo humano, com base em considerações de saúde pública.
- Avaliação do sistema "com vista a assegurar que o sistema de abastecimento de água, como um todo (da fonte até à torneira do consumidor, passando pelo tratamento), fornece água com uma qualidade que cumpre com os objectivos estabelecidos. Também inclui a avaliação de critérios de projecto para novos sistemas". Esta avaliação constitui uma primeira "fotografia" para determinar se o sistema demonstra capacidades para atingir os objectivos de protecção de saúde propostos.
- Identificação de medidas de controlo "que garantam, de forma global, o controlo dos riscos detectados e que assegurem que sejam alcançados os objectivos de qualidade da água, na perspectiva de saúde pública". Esta componente inclui a metodologia de avaliação e gestão de riscos e assegura a percepção das capacidades e limites das barreiras múltiplas que compõem o sistema. Envolve os aspectos de monitorização operacional.
- Preparação de planos de gestão "que descrevam as acções a tomar em casos de operação de rotina ou em caso de condições excepcionais e documentem a avaliação e monitorização do sistema". Esta componente inclui a elaboração dos planos de monitorização e de comunicação, bem como os respectivos programas de suporte.

- Funcionamento de um sistema de vigilância independente.

A aplicação de um PSA deve ter como objectivo principal a prevenção de contaminação nas fontes naturais de água, a redução ou remoção de contaminação durante o processo de tratamento e a prevenção de contaminação durante o transporte, a reserva e a distribuição da água, garantindo boas práticas no abastecimento público de água.

Em alguns países europeus, na Austrália e na Nova Zelândia, têm sido registadas experiências de aplicação de Planos de Segurança da Água, com resultados que estimulam a sua generalização.

O PSA desenvolvido para o Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Norte do Grande-Porto, gerido pela Águas do Cávado S.A., constituiu um enorme desafio na aplicação desta metodologia, não só por se aplicar a um sistema de importância significativa para uma grande mancha populacional do norte do país, mas também por constituir um trabalho pioneiro em Portugal. Por outro lado, a implementação do PSA, aliada ao facto da empresa dispor já de um Sistema de Gestão Integrado (Qualidade, Ambiente e Segurança) certificado, representou mais uma aposta da empresa na garantia de um serviço de qualidade para o seu sistema de abastecimento público de água.

A elaboração do PSA foi concluída em Abril de 2004 e desde então iniciou-se todo o processo para a sua aplicação. Os resultados práticos da sua efectiva aplicação começaram em Janeiro de 2005, dispondo-se, entretanto, de alguns resultados relativos a 2004. No presente trabalho descrevem-se as metodologias adoptadas na aplicação do PSA no ano de 2005.

## **2. ESTRUTURAÇÃO DO PSA**

O PSA desenvolvido e implementado na Águas do Cávado, S.A. foi estruturado em cinco grandes etapas: etapas preliminares; avaliação do sistema; monitorização operacional; planos de gestão; validação e verificação.

### **2.1 Etapas**

A primeira etapa incluiu tarefas organizativas e de descrição do sistema, designadas etapas preliminares, foi desenvolvida em três fases e envolveu a constituição da equipa multidisciplinar para a elaboração do PSA, a descrição do sistema de abastecimento, através de uma breve descrição da estrutura da empresa e do sistema propriamente dito e a construção e validação do diagrama de fluxo correspondente a todo o sistema em avaliação.

A segunda etapa, avaliação do sistema, decorreu em três fases e envolveu o desenvolvimento de bases científicas para avaliação do processo de produção e abastecimento de água potável, baseando-se na metodologia HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point* - Análise de Perigos e Pontos de Controlo Críticos) para a identificação pontos de controlo críticos (PCC). Este procedimento

assenta numa perspectiva de controlo de qualidade da água recorrendo ao conceito de barreiras múltiplas preventivas, de forma a assegurar que a qualidade da água abastecida cumpra as disposições regulamentares da legislação em vigor. De acordo com a metodologia adoptada, esses locais ou pontos que podem constituir perigos para a qualidade da água são determinados para todas as áreas relevantes do sistema. Em alguns casos, a eliminação ou redução de perigos pode ser realizada de uma forma individualizada, através de apenas uma medida de controlo. Quando isto não for possível, a redução de perigos pode ser realizada através de outras medidas de controlo, de esquemas de manutenção ou de controlo contínuo dos pontos críticos (monitorização com frequência pré-estabelecida).

A terceira etapa, monitorização operacional, cujo objectivo é garantir o controlo dos riscos detectados e assegurar que sejam alcançados os objectivos de qualidade da água, incluiu três fases que envolveram o estabelecimento de limites críticos, de procedimentos de monitorização e de acções correctivas.

A quarta etapa, planos de gestão, teve como objectivo garantir a aplicabilidade do PSA. Desenvolveu-se em três fases que asseguram e documentam a monitorização do sistema, quer para as situações de rotina, quer para as de emergência.

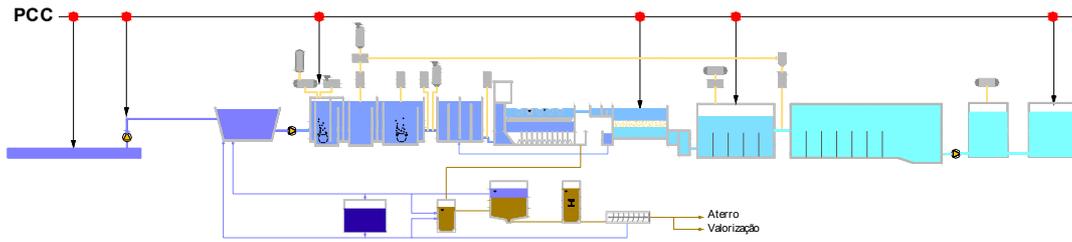
A quinta etapa, validação e verificação, teve como objectivo avaliar o funcionamento do PSA. Nesta etapa previu-se uma avaliação periódica para modificações e/ou melhoramentos, tendo em conta a experiência entretanto adquirida na aplicação do PSA.

## **2.2 Metodologia para identificação dos PCC**

Para se definirem os PCC do sistema foi necessário proceder à sua avaliação, estabelecendo-se uma metodologia para identificação de perigos, caracterização de riscos e determinação das medidas de controlo. Esta avaliação foi desenvolvida com base no diagrama de fluxo do sistema estabelecido no PSA.

A informação constante deste diagrama de fluxo e o conhecimento do funcionamento do sistema constituíram as bases para a identificação dos perigos relacionados com a deterioração da qualidade da água. Foram considerados todos os potenciais perigos biológicos, físicos, químicos e radiológicos susceptíveis de estarem associados ao sistema de abastecimento. Posteriormente, procedeu-se a uma avaliação dos perigos identificados, utilizando-se uma metodologia de priorização de riscos com base na sua probabilidade de ocorrência e na severidade das suas consequências.

Para cada etapa, foram definidos os elementos do sistema que correspondem a barreiras à contaminação da água. Para cada elemento foram ainda estabelecidos PCC para os quais se tornou necessário aplicar medidas de controlo (Figura 1).



Etapa	Elemento do sistema	PCC n.º	Parâmetros de controlo
FONTE	Água bruta	PCC 1	pH Azoto amoniacal Coliformes fecais Coliformes totais Condutividade Nitratos Fosfatos Pesticidas totais Hidrocarbonetos dis/emuls.
	<p>Água bruta</p> <p>Captação de água bruta</p> <p>Armazenamento de água bruta</p> <p>Pré-oxidação</p> <p>Remineralização</p> <p>Mistura rápida e floculação</p> <p>Decantação</p> <p>Filtração</p> <p>Desinfeção</p> <p>Tratamento de afinação</p> <p>Armazenamento de água tratada</p> <p>Tratamento de lamas</p>	<p>PCC 2</p> <p>-</p> <p>PCC 3</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>PCC 4</p> <p>PCC 5</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>Nível de aspiração no rio pH Turvação Condutividade COT Hidrocarbonetos dis/emuls.</p> <p>Concentração de ozono Taxa de tratamento de ozono Coliformes fecais Ozono residual Cianobactérias</p> <p>Set point nível de colmatagem Tempo de filtração Turvação Alumínio residual Azoto amoniacal Acrilamida <i>Clostridium perfringens</i></p> <p>Caudal de entrada Dosagem de cloro pH Cloro livre residual Bactérias coliformes <i>E. coli</i> <i>Clostridium perfringens</i> N.º de colónias a 22°C N.º de colónias a 37°C</p>
ADUÇÃO	<p>Água tratada</p> <p>Adução de água tratada</p> <p>Armazenamento de água tratada</p> <p>Recloração</p>	<p>-</p> <p>PCC 6</p> <p>-</p>	<p>Turvação Cloro livre residual Bactérias coliformes <i>E. coli</i></p>

Figura 1 Elementos críticos do sistema

### 3. GESTÃO OPERACIONAL DOS PCC

Na gestão de rotina, foram estabelecidos, para cada uma das etapas em que o sistema foi dividido (fonte, tratamento e adução), os elementos fundamentais de avaliação do sistema e de monitorização operacional. Para a avaliação do sistema foram especificados os eventos perigosos, os perigos e as medidas de controlo considerados. Para a monitorização operacional foram estabelecidos os parâmetros de controlo e respectivos limites críticos, a localização, métodos e periodicidade de recolha de informação e as acções correctivas a aplicar em caso de desvios dos valores pré-estabelecidos. No presente trabalho, expõe-se a metodologia adoptada na análise dos elementos principais relativos ao PCC5 – Desinfecção (Figura 2).

PCC 5

T8 Desinfecção  
T8.1 Doseamento de cloro

AVALIAÇÃO DO SISTEMA							
Eventos perigosos							
T8.1.1 Doseamento incorrecto de cloro.							
Perigos							
Microrganismos patogénicos.							
Medidas de controlo							
Garantir o grau de cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva. Garantir o grau de cumprimento do Plano de Calibração dos Dispositivos de Monitorização e Medição. Garantir que o doseamento de cloro é capaz de dar rapidamente uma resposta sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta. Garantir a existência de clorómetros de substituição para aplicações críticas (no mínimo ter 1 de reserva).							
MONITORIZAÇÃO OPERACIONAL							
O quê?	Limite crítico		Onde?	Como?	Quando?	Quem?	Acções correctivas
	Valor	Unidade					
Caudal de entrada	Se $Q > 5670 \text{ m}^3/\text{h}$ é obrigatório a entrada em funcionamento dos dois tanques de contacto de cloro	$\text{m}^3/\text{h}$	À entrada dos tanques de contacto de cloro	Telemetria	On-line	DOP	Identificar a causa que conduziu ao doseamento incorrecto e rectificá-la. Fazer o doseamento de cloro manualmente até a anomalia estar reparada.
Dosagem de cloro	S/ limite	mg/L					
pH	[6.5;9.0]	E.Sørensen					
Cloro livre residual	[0.50;1.00]	mg/L $\text{Cl}_2$	À saída dos tanques de contacto de cloro	Análise laboratorial	Diário	SLB	Ajustar o doseamento de cloro sempre que as características da água mudem. Se houver défice de cloro residual, reforçar a dosagem. Identificar a causa que conduziu ao tempo de contacto insuficiente e rectificá-la.
Bactérias coliformes	0	ufc/100mL					
<i>E. coli</i>	0	ufc/100mL					
<i>Clostridium perfringens</i>	0	ufc/100mL					
N.º de colónias a 22°C	100	ufc/mL					
N.º de colónias a 37°C	10	ufc/mL					

Figura 2 Quadro-resumo do PCC5-Desinfecção

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS RELATIVOS AO PCC5 (DESINFECÇÃO)

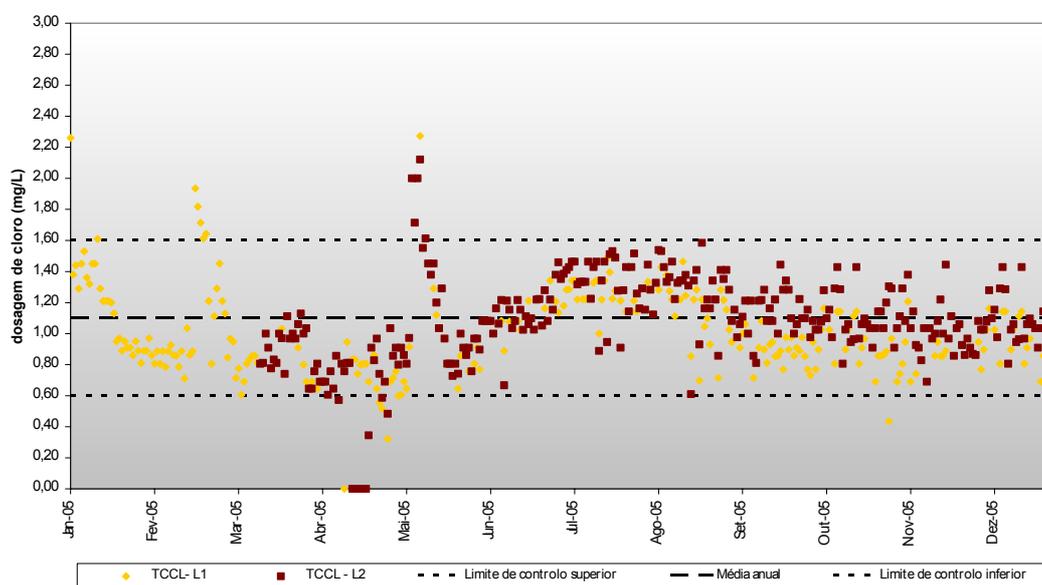
Ao longo de 2005, foi recolhida e sistematizada a informação relativa aos PCC estabelecidos, a qual foi compilada, através de tabelas e gráficos, em quatro relatórios trimestrais e num relatório anual. A informação assim registada constituiu a base para a análise dos elementos de cada um dos PCC considerados no PSA. Dada a extensão da informação recolhida, os valores numéricos registados para os diferentes parâmetros, com frequência de monitorização definida no PSA, foram guardados em quadros-resumo que servirão para eventuais análises futuras.

Nos gráficos incluíram-se análises estatísticas significativas, mensais e trimestrais, demonstrativas da evolução dos diferentes parâmetros e da sua relação com os limites críticos estabelecidos. Para cada parâmetro, foram calculados os valores para os limites de controlo superior e inferior, referidos a dois desvios-padrão da média. Fez-se, ainda, uma análise crítica sobre os dados registados considerando-se, para cada parâmetro, eventuais não conformidades e as suas causas.

Seguidamente, discutem-se resultados obtidos para cinco parâmetros sob análise no PCC5-Desinfecção, que serve de ilustração à abordagem a todos os outros PCC.

##### 4.1 Dosagem de cloro

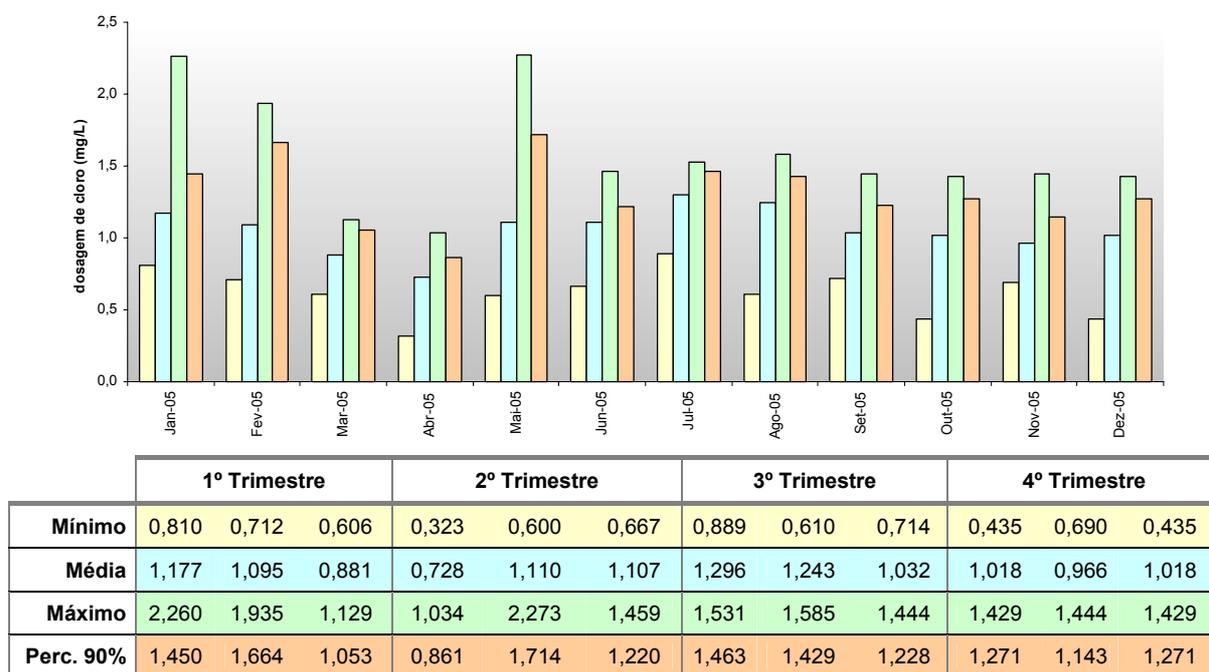
Na Figura 3 apresenta-se a variação de dosagem de cloro, nos tanques de contacto.



**Figura 3** Variação de dosagem de cloro na desinfecção – PCC 5

Para este parâmetro não foram estabelecidos LC. O valor máximo registado ocorreu a 10/05/2005 e o valor mínimo ocorreu em vários dias.

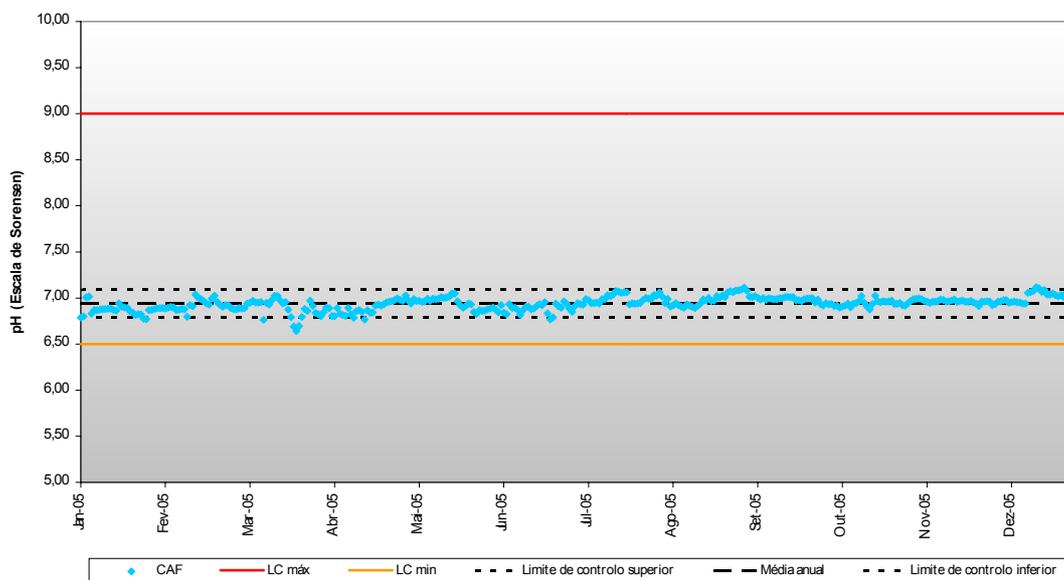
Na Figura 4 apresentam-se os dados estatísticos relativos ao parâmetro dosagem de cloro nos tanques de contacto de cloro.



**Figura 4** Análise estatística de dosagem de cloro na desinfecção – PCC 5

## 4.2 pH

Na Figura 5 apresenta-se a variação de pH, à entrada dos tanques de contacto.



**Figura 5** Variação de pH na desinfecção – PCC 5

Durante o ano de 2005 todos os valores registados estiveram de acordo com os LC estabelecidos. O valor máximo ocorreu a 18/12/2005 e o valor mínimo a 21/03/2005.

Na Figura 6 apresentam-se os dados estatísticos relativos ao parâmetro pH à entrada dos tanques de contacto de cloro.

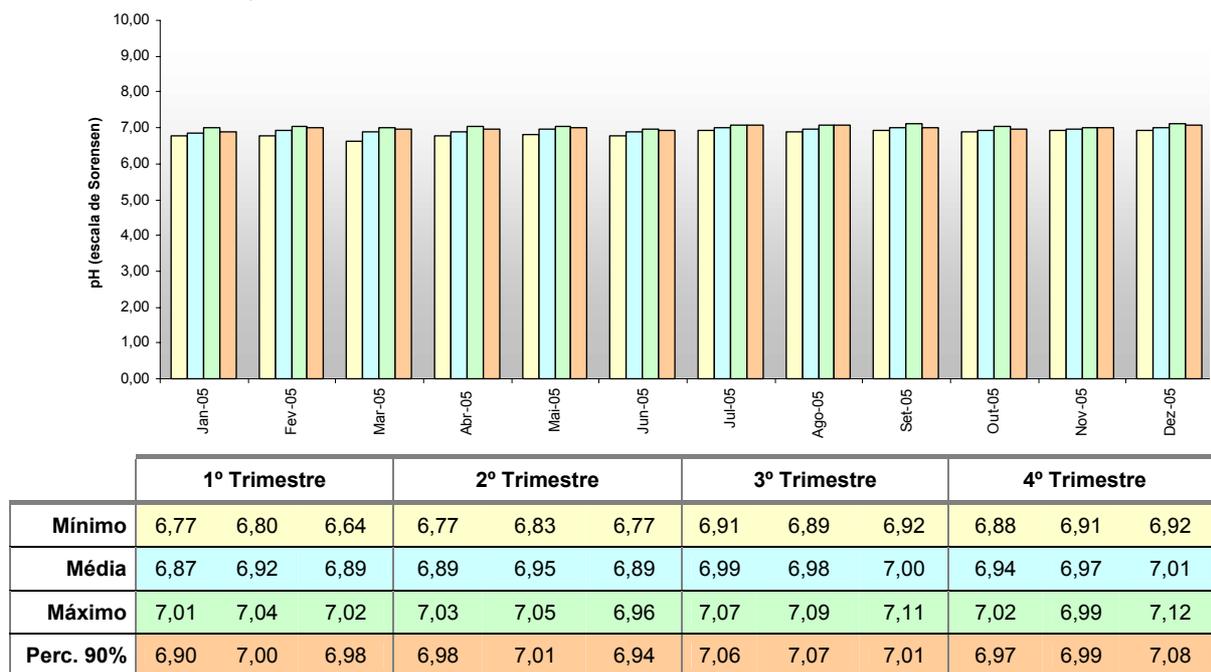


Figura 6 Análise estatística de pH na desinfeção – PCC 5

### 4.3 Cloro livre residual

Na Figura 7 apresenta-se a variação de cloro livre residual, à saída dos tanques de contacto.

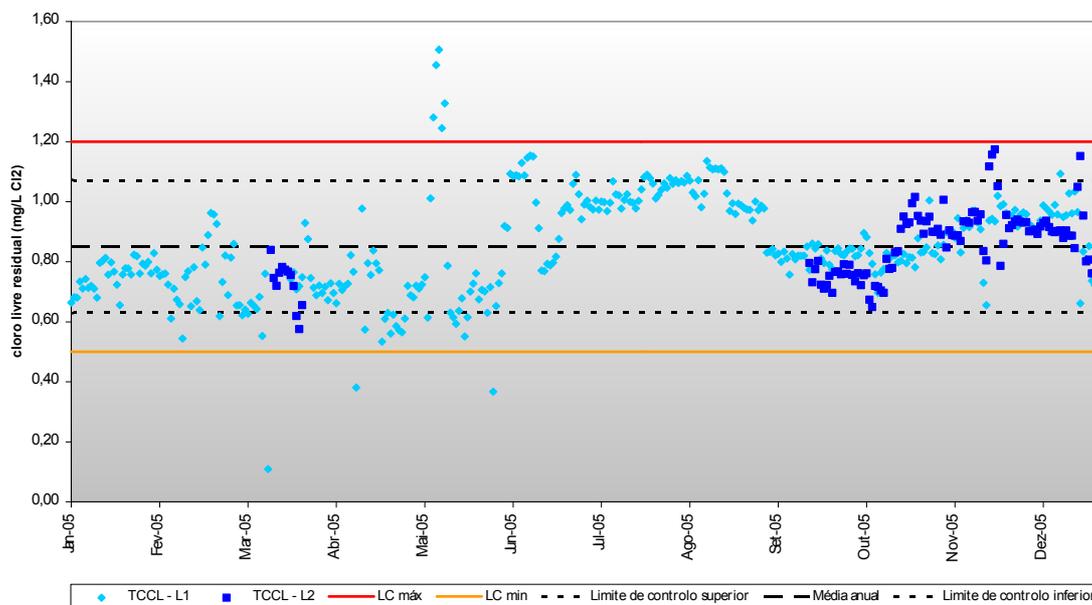
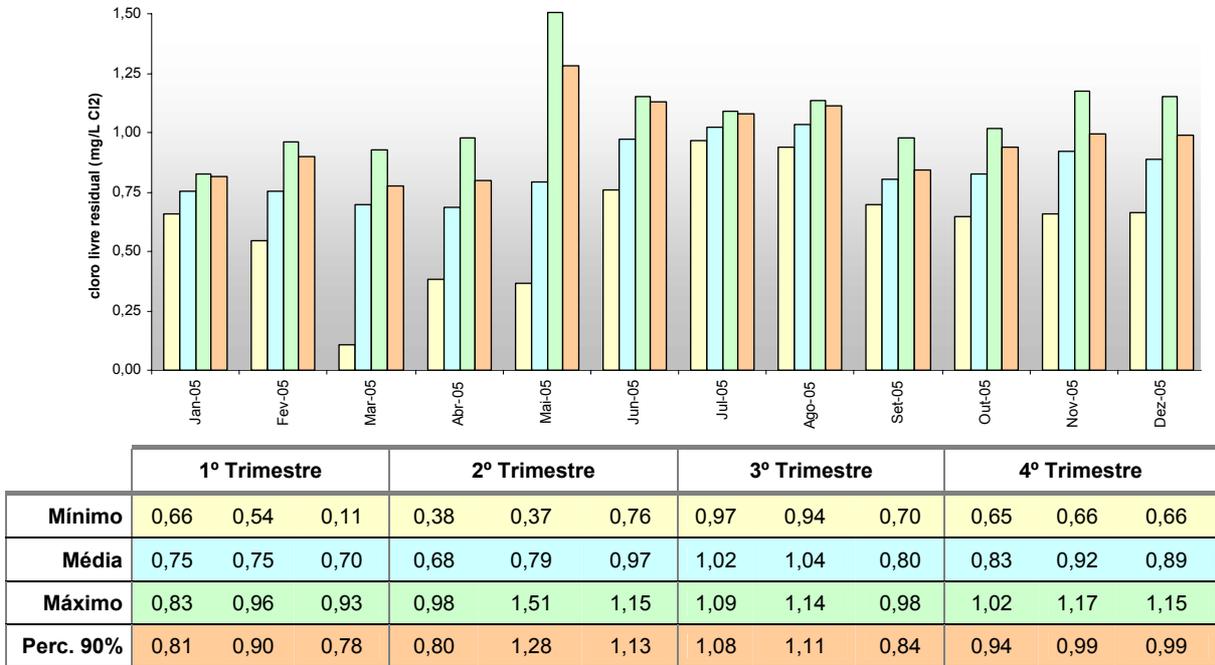


Figura 7 Variação de cloro livre residual na desinfeção – PCC 5

Durante o ano de 2005 alguns dados registados não estiveram de acordo com os LC estabelecidos. O valor máximo ocorreu a 10/05/2005 e o mínimo a 11/03/2005. As não conformidades ocorridas foram devidamente analisadas e tratadas.

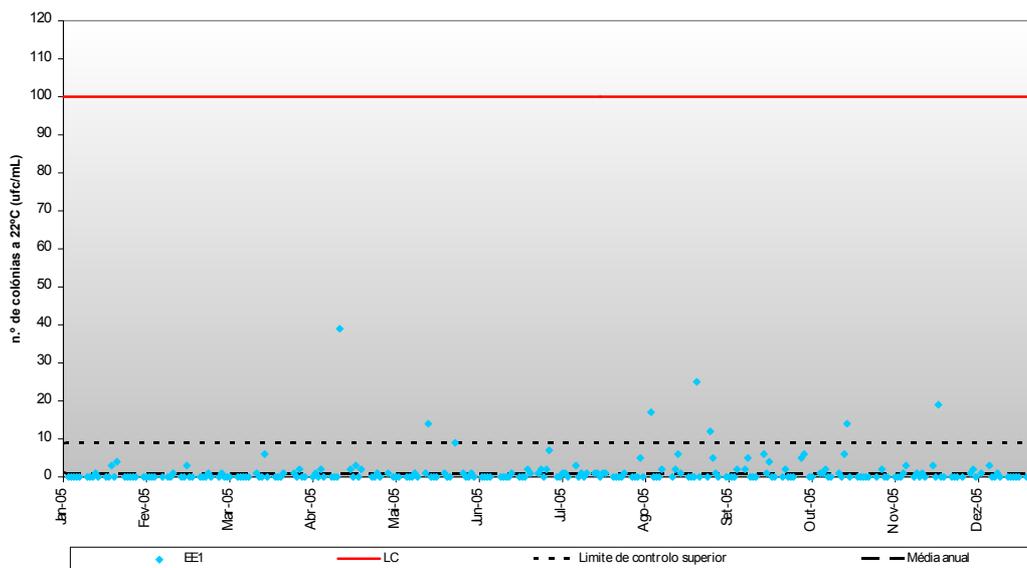
Na Figura 8 apresentam-se os dados estatísticos relativos ao parâmetro cloro livre residual à saída dos tanques de contacto de cloro.



**Figura 8** Análise estatística de cloro livre residual na desinfecção – PCC 5

#### 4.4 Número de colónias a 22°C

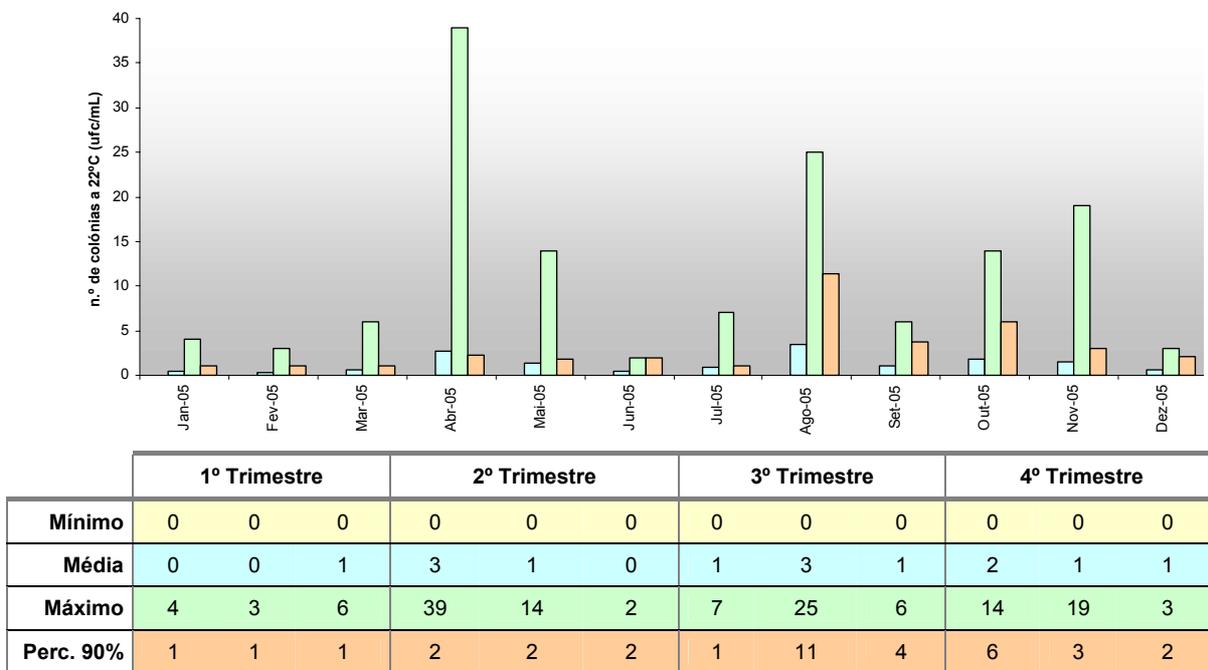
Na Figura 9 apresenta-se a variação de n.º de colónias a 22°C à saída dos tanques de contacto de cloro.



**Figura 9** Variação de n.º de colónias a 22 °C na desinfeção – PCC 5

Durante o ano de 2005 todos os dados registados estiveram de acordo com os LC estabelecidos. O valor máximo ocorreu a 14/04/2005 e o mínimo (zero) em vários dias.

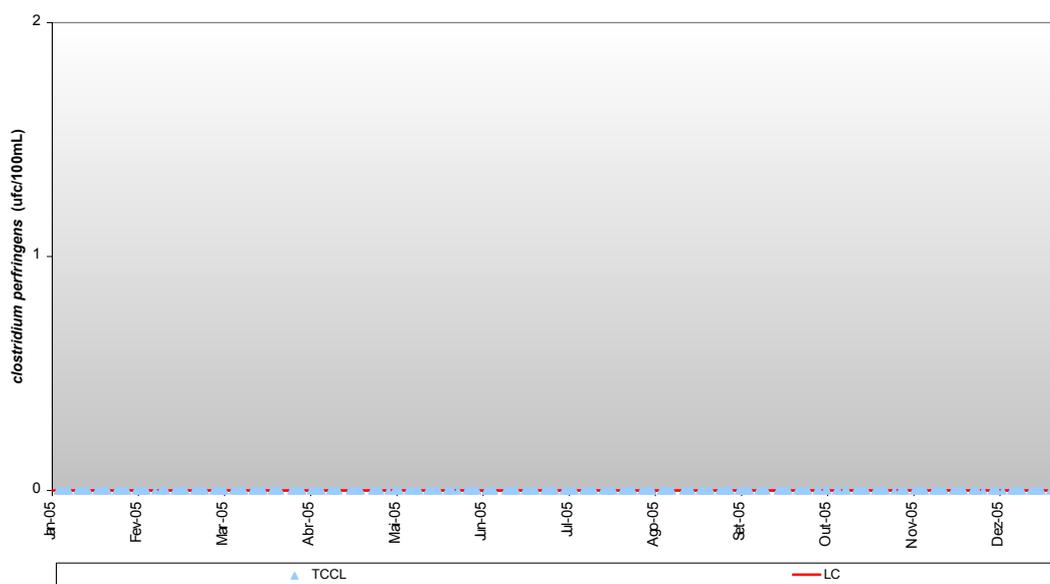
Na Figura 10 apresentam-se os dados estatísticos relativos ao parâmetro n.º de colónias a 22°C, à saída dos tanques de contacto de cloro.



**Figura 10** Análise estatística de n.º de colónias a 22°C na desinfeção – PCC 5

#### 4.5 *Clostridium perfringens*

Na Figura 11 apresenta-se a variação de *Clostridium perfringens*, à saída dos tanques de contacto de cloro.



**Figura 11** Variação de *Clostridium perfringens* na desinfecção – PCC 5

Durante o ano de 2005 todos os valores registados estiveram de acordo com os LC estabelecidos.

Na Figura 12 apresentam-se os dados estatísticos relativos ao parâmetro *Clostridium perfringens*, à saída dos tanques de contacto de cloro.

	1º Trimestre			2º Trimestre			3º Trimestre			4º Trimestre		
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perc. 90%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Figura 12** Análise estatística de *Clostridium perfringens* na desinfecção – PCC 5

## 5. CONCLUSÃO

A implementação de um PSA no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Norte do Grande-Porto pela empresa Águas do Cávado S.A., baseada numa abordagem de análise e gestão de riscos, constituiu um processo eficaz para a garantia da qualidade da água produzida e fornecida aos seus consumidores. Com esta metodologia foi possível estabelecer critérios e procedimentos para, de uma forma pró-activa, se atingirem os objectivos de qualidade previamente estabelecidos.

A aplicação do PSA conduziu a uma uniformização e reorientação de procedimentos internos (planos de monitorização da qualidade da água e planos operacionais), estabelecendo-se métodos integrados e orientados para um eficiente controlo de qualidade da água e dos processos em todo o sistema de abastecimento.

Com base nos resultados alcançados neste período de aplicação e beneficiando da experiência entretanto obtida, está agora a empresa em condições de fazer uma extensão espacial do sistema “em alta” para um sistema completo (desde a fonte até à torneira do consumidor). Dispondo de pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio Cávado (já instalados em Padim da Graça e em Ponte do Bico) e com pontos de controlo a instalar na rede de distribuição, pode iniciar-se uma progressiva mudança para o controlo de qualidade baseado no controlo do processo para além da análise de conformidade de valores paramétricos, como previsto na legislação em vigor. Desta forma, criam-se, também, mecanismos para uma maior cooperação entre os diversos actores institucionais com responsabilidade decisiva no controlo da qualidade da água para consumo humano neste sistema de abastecimento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EPA (2004) *Emergency Response Plan Guide for Small and Medium Community Water Systems to Comply with the Public Health Security and Bioterrorism Preparedness and Response Act of 2002*. United States Environmental Agency. Office of Water. EPA 816-R-04-02, April, 2004.

IWA (2004) *The Bonn Charter for Safe Drinking Water*. International Water Association, September 2004, London.

NZ (2001) *How to Prepare and Develop Public Health Risk Management Plans for Drinking-water Supplies*. Ministry of Health, Wellington, New Zealand.

Vieira, J.M.P. (2004) *Gestão de Riscos em Água para Consumo Humano*. In Actas do XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal-Brasil.

Vieira, J.M.P., Morais C.M. (2005) *Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento*. Guia Técnico nº 7, Instituto Regulador de Águas e Resíduos. ISBN 972-99354-5-9. 161 p.

WHO (2004) *Guidelines for Drinking-water Quality, Volume 1: Recommendations*. WHO, Geneva (3rd edition).