

# **CONTROLO OPERACIONAL EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO**

**Autoria:**

**Cristina Rodrigo, José Leal Lopes, Marta Saúde,  
Raquel Mendes e Regina Casimiro**

**Coordenação:**

**Alexandre Milheiras Costa**

**Colaboração:**

**Luís Simas e Vera Bruto da Costa**



INSTITUTO REGULADOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS

# FICHA TÉCNICA

## **TÍTULO:**

CONTROLO OPERACIONAL EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO

## **AUTORIA:**

Marta Saúde e Cristina Rodrigo, bolsistas do Departamento de Qualidade da Água do Instituto Regulador de Água e Resíduos.

Raquel Mendes, Regina Casimiro e José Leal Lopes, do Departamento de Qualidade da Água do Instituto Regulador de Água e Resíduos (relativamente à versão inicial).

## **COORDENAÇÃO:**

Alexandre Milheiras Costa, Director do Departamento de Qualidade da Água do Instituto Regulador de Água e Resíduos.

## **COLABORAÇÃO:**

Luís Simas, Coordenador do Departamento de Qualidade da Água. Vera Bruto da Costa (relativamente à versão inicial).

## **AGRADECIMENTOS:**

Agradece-se a colaboração do Eng.º J.M. Ferreira Tavares, da EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., da Veolia Água, dos SMAS de Viseu, da Indaqua – Indústria e Gestão de Águas, S.A., da EMAS de Beja, da Câmara Municipal de Mértola, da Associação de Municípios do Enxóe, da Águas do Marco, da Águas de Coimbra, E.M., da Águas do Algarve, S.A., e da Associação Portuguesa dos Distribuidores de Água, que, através dos seus comentários, permitiram melhorar o presente guia.

## **EDIÇÃO:**

Instituto Regulador de Águas e Resíduos

## **IMPRESSÃO:**

Europress, Lda.

## **DATA:**

Setembro de 2007

## **ISBN:**

???

## **DEPÓSITO LEGAL:**

???

## PREFÁCIO

O IRAR, enquanto regulador das entidades gestoras de serviços de águas e resíduos em Portugal, tem responsabilidades na sensibilização para as questões da qualidade na concepção, execução, gestão e exploração dos sistemas estatais e municipais. Nesse quadro, tem seguido uma estratégia de permanente apoio às entidades gestoras na procura de uma melhor qualidade de serviço prestado aos consumidores.

Sabemos que Portugal dispõe já de serviços de abastecimento de água com qualidade muito aceitável, tendo evoluído na última década de 80% para 93% da população abrangida por sistemas públicos. Trata-se portanto de um sector em que muito se fez e em que, com mais algum esforço, nos poderemos situar ao melhor nível europeu.

Também a qualidade da água para consumo humano em Portugal tem vindo a melhorar continua e consistentemente e a grande maioria da população dispõe hoje de água de excelente qualidade. Efectivamente, em 2006 o cumprimento da frequência de amostragem atingiu 98,7%, correspondendo a uma melhoria muito significativa relativamente aos anos anteriores, e o cumprimento dos valores paramétricos atingiu 97,2%. Também se verifica que cerca de 98% das entidades gestoras já dispõem de programas de controlo da qualidade da água aprovados pelo IRAR e cerca de 50% das entidades gestoras e dos laboratórios de análises são anualmente inspeccionados por este Instituto.

Há, no entanto, ainda um esforço importante para melhorar o desempenho num número significativo de situações. Verifica-se que os maiores incumprimentos da frequência de amostragem incidem essencialmente nos parâmetros orgânicos e metais, possivelmente devido ao elevado custo das respectivas análises. Por outro lado, os maiores incumprimentos dos valores paramétricos verificam-se nos parâmetros microbiológicos, por insuficiência ou ausência de desinfecção, no pH, no ferro, no manganês e no arsénio, devido essencialmente a causas naturais, e no alumínio, por deficiências na operação das estações de tratamento.

Dado que parte destes incumprimentos são consequência da falta de um adequado controlo operacional dos sistemas de abastecimento de água, o IRAR considera oportuno disponibilizar o presente “Guia Técnico 10 – Controlo Operacional em Sistemas Públicos de Abastecimento”, como instrumento de apoio na elaboração e implementação de um plano de controlo operacional adequado a cada situação específica. Este guia foi elaborado no Departamento de Qualidade da Água, editado pelo IRAR e inserido na Série “Guias Técnicos”.

O seu principal objectivo é apoiar as entidades gestoras no cumprimento das obrigações que lhes são fixadas pelas normas em vigor, elaborando e colocando em prática um controlo operacional que lhes permita distribuir uma água sempre com qualidade adequada, minimizar os riscos para a saúde, cumprir com o disposto na legislação e diminuir as reclamações dos consumidores. O controlo operacional constitui, além disso,

uma primeira aproximação aos Planos de Segurança da Água, tendo em vista detectar e corrigir, em tempo útil, as alterações que eventualmente ocorram na qualidade da água.

Esta edição deve ser vista como mais uma contribuição do IRAR para uma melhor protecção dos aspectos de qualidade de serviço associados aos serviços de abastecimento público de água em Portugal, no âmbito do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013.

Jaime Melo Baptista (Presidente do Conselho Directivo do IRAR)

Dulce Álvaro Pássaro (Vogal do Conselho Directivo do IRAR)

João Simão Pires (Vogal do Conselho Directivo do IRAR)

# ÍNDICE

	pág.
NOTA PRELIMINAR .....	1
1 INTRODUÇÃO .....	3
2 CONTROLO OPERACIONAL NA ORIGEM DE ÁGUA .....	7
3 CONTROLO OPERACIONAL NO TRATAMENTO DA ÁGUA .....	11
3.1 Aspectos gerais .....	11
3.2 Exemplo 1: Água superficial .....	14
3.2.1 Pré-oxidação .....	14
3.2.2 Correção de pH .....	15
3.2.3 Coagulação/Floculação .....	16
3.2.4 Adsorção com carvão activado em pó .....	17
3.2.5 Decantação .....	18
3.2.6 Filtração .....	19
3.2.7 Desinfecção .....	21
3.3 Exemplo 2: Água subterrânea com excesso de ferro e manganês .....	23
3.3.1 Remoção de ferro e manganês .....	23
3.3.2 Desinfecção .....	24
3.4 Exemplo 3: Água subterrânea agressiva .....	25
3.4.1 Correção da agressividade .....	25
3.4.2 Desinfecção .....	26
4. CONTROLO OPERACIONAL NO SISTEMA DE ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA .....	27
4.1 Aspectos gerais .....	27
4.2 Reservatórios .....	28
4.3 Autotanques e depósitos não ligados a sistemas de abastecimento de água .....	31
4.4 Rede de distribuição .....	31
5. MATERIAIS E PRODUTOS QUÍMICOS EM CONTACTO COM A ÁGUA .....	35
ANEXOS .....	37
ANEXO 1 .....	39
ANEXO 2 .....	45
ANEXO 3 .....	53



## NOTA PRELIMINAR

O principal objectivo do presente guia técnico é apoiar as entidades gestoras (EG) portuguesas no cumprimento das obrigações que lhes são fixadas pelas normas em vigor, em particular o Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto (DL). Para o conseguir, é importante elaborar e implementar um controlo operacional que lhes permita não só prevenir situações de risco para a saúde humana, como reduzir significativamente a ocorrência de incumprimentos aos valores paramétricos (VP).

No contexto deste guia, define-se como controlo operacional o conjunto de observações, avaliações analíticas e acções que contribuem para a obtenção de uma água de qualidade adequada para consumo humano. Para tal, a EG deve submeter o funcionamento de todo o sistema (captação, tratamento, adução, elevação, armazenamento e distribuição) a uma observação permanente e contínua, com vista a detectar e corrigir, em tempo útil, as alterações que eventualmente ocorram na qualidade da água.

Sem um programa de controlo operacional (PCO) bem definido e implementado, caso a caso, dificilmente a EG consegue distribuir de forma continuada uma água com qualidade adequada, minimizar os riscos para a saúde humana, cumprir com o disposto na legislação e diminuir as reclamações dos consumidores. O controlo operacional constitui uma primeira aproximação aos Planos de Segurança da Água.

Dado que a maior parte dos incumprimentos ao DL, comunicados pelas EG, são consequência da falta de um adequado controlo operacional nos sistemas de abastecimento de água, o IRAR considera oportuno disponibilizar o presente guia técnico, como instrumento de apoio na elaboração e implementação de um PCO adequado a cada situação específica.

No Capítulo 1 é feita uma pequena introdução ao controlo operacional. O Capítulo 2 aborda aspectos fundamentais do controlo operacional a realizar nas origens de água (superficiais e subterrâneas). Os aspectos essenciais do controlo operacional a realizar no tratamento da água são focados no Capítulo 3. No Capítulo 4 é abordado o controlo operacional a realizar no sistema de adução, elevação, armazenamento e distribuição, nomeadamente nos reservatórios e nas redes de distribuição. Atendendo à influência dos produtos químicos e materiais em contacto com a água na qualidade desta, e tendo em conta que

ainda não se dispõe de uma regulamentação europeia harmonizada, considerou-se oportuno e pertinente acrescentar o Capítulo 5 sobre esta matéria. No Anexo I é exemplificada a aplicação do controlo operacional em três situações concretas. No Anexo II são apresentados os cálculos a efectuar para o controlo do doseamento dos reagentes. No Anexo III é apresentado um resumo dos métodos de controlo expedito para os reagentes mais utilizados no tratamento da água para consumo humano.

# 1 INTRODUÇÃO

A elaboração de um PCO é da exclusiva responsabilidade da EG e requer o conhecimento de todo o sistema de abastecimento, desde a origem até à torneira do consumidor. O PCO deve ser elaborado com base no conhecimento dos condicionalismos locais, das infra-estruturas existentes, das condições de exploração e operação, bem como do pessoal operador, com vista à identificação dos pontos do sistema mais problemáticos sob o ponto de vista do risco sanitário.

Para tal, a EG deve começar por reunir a informação existente sobre os sistemas e organizar um cadastro que contenha:

- plantas com a identificação e localização de todos os componentes dos sistemas de abastecimento (captações, instalações de tratamento de água, adutoras, estações elevatórias, reservatórios, postos de recloração e redes de distribuição);
- manuais de funcionamento, quer das instalações, quer dos equipamentos existentes;
- descrição do esquema de tratamento da água, incluindo os produtos químicos adicionados;
- identificação e localização das potenciais fontes poluidoras existentes na zona envolvente das captações superficiais ou subterrâneas, e que possam contribuir de alguma forma para a alteração da qualidade da água;
- histórico da qualidade da água bruta, tratada e distribuída.

A análise da informação recolhida permitirá, por um lado, identificar os pontos de controlo críticos do sistema e, por outro, caracterizar os problemas relacionados com a qualidade da água bruta, tratada e distribuída. Com base nessa análise, a EG deve elaborar um plano de monitorização que inclua, no mínimo, os locais e os parâmetros de controlo mais críticos, bem como os procedimentos de amostragem e de análise. A frequência de amostragem deve ser adequada à qualidade da água bruta, tratada e distribuída, às características dos sistemas e aos factores de risco identificados. Inicialmente, o controlo analítico deve ser mais exigente, em frequência e em número de parâmetros a controlar, e ser progressivamente ajustado de acordo com o histórico obtido.

A EG deve dispor de métodos analíticos fiáveis e que permitam simultaneamente uma avaliação e intervenção imediatas.

O histórico obtido permitirá à EG implementar os procedimentos mais adequados de operação e definir limites de alerta para cada parâmetro, em função dos valores normalmente obtidos e dos VP estabelecidos no DL. Este procedimento tem por objectivo garantir que o sistema é operado com uma margem de segurança aceitável, a qual permite detectar e corrigir, no mais curto espaço de tempo, as alterações da qualidade da água e, deste modo, evitar a ocorrência de incumprimentos aos VP. Para tal, a EG deve estabelecer procedimentos escritos a adoptar nas situações de alerta, nos quais devem ficar claras as responsabilidades atribuíveis a cada interveniente, ao longo do sistema de abastecimento (captação, tratamento, adução, elevação, armazenamento e distribuição), bem como as medidas correctivas a tomar para minimização da ocorrência.

Para a elaboração deste tipo de procedimentos, recomenda-se a consulta do Guia Técnico n.º 7, intitulado “Planos de segurança em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano”, editado pelo IRAR em parceria com a Universidade do Minho em Novembro de 2005.

A EG deve ainda estabelecer procedimentos escritos para as intervenções mais frequentes e susceptíveis de alterar a qualidade da água, os quais devem ser actualizados sempre que tal se justificar. Uma operação qualificada deve integrar uma vertente técnica relacionada com a manutenção preventiva dos órgãos de tratamento mais relevantes, permitindo que os operadores detectem e corrijam deficientes funcionamentos típicos dessas unidades, antes que estes se transformem em problemas de maior dimensão (por exemplo, nas linhas de decantação e de filtração).

Um dos aspectos mais relevantes para um adequado controlo operacional é dispor de pessoal com formação adequada e delegação de competências para intervir em tempo útil<sup>1</sup>. Neste sentido, a EG deve assegurar a actualização da formação dos operadores das diferentes infra-estruturas, através de um plano de formação que garanta competências adequadas à operação do sistema.

---

<sup>1</sup> Por exemplo, a calibração e a manutenção geral dos instrumentos de monitorização *online* deve estar atribuída aos operadores, devendo os mesmos dispor das necessárias valências técnicas.

A EG deve dispor de peças de substituição e de reagentes em quantidade suficiente, para evitar paragens de equipamentos e/ou instrumentação.

Se possível, a EG deve ainda dispor de um procedimento de avaliação, detecção e resolução de perdas.

A EG deve registar todas as acções desenvolvidas no âmbito do controlo operacional. Para tal, devem existir folhas de registo e *checklist* de fácil preenchimento para os operadores.



## 2 CONTROLO OPERACIONAL NA ORIGEM DE ÁGUA

A garantia da qualidade da água para consumo humano está intimamente relacionada com a protecção da respectiva origem de água bruta. Neste sentido, quando as origens de água são subterráneas, a EG deve promover a delimitação de perímetros de protecção (Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de Setembro), e, quando a origem é superficial, deve acompanhar a elaboração e/ou implementação do respectivo plano de bacia da responsabilidade das autoridades ambientais.

Sobre este assunto, chama-se ainda a atenção para a obrigatoriedade do licenciamento das captações de água destinadas ao consumo humano (Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio).

No âmbito do controlo operacional, a EG deve dispor de informação suficiente e actualizada sobre as características da água bruta, de modo a acompanhar a evolução da sua qualidade. Para tal, deve elaborar e implementar um plano de monitorização consolidado que inclua a realização local de análises aos parâmetros de controlo mais relevantes.

A monitorização frequente das origens de água pode antecipar a detecção de potenciais problemas e permitir à EG actuar no sentido da sua prevenção. A monitorização das origens deve ser efectuada não só através do controlo analítico da água mas também através de visitas ao local. Os parâmetros a controlar e a sua frequência devem ser adaptados a cada situação, em função das características da qualidade da água e dos riscos identificados.

No caso da captação ser de origem superficial, a EG deve:

- Idealmente, fazer uma monitorização *online*<sup>2</sup> do pH, da turvação, da condutividade, do carbono orgânico total, da

---

<sup>2</sup> A monitorização *online* constitui uma ferramenta importante, devendo ser assegurados os necessários programas de manutenção e de calibração. A prática comum recomenda que partes essenciais dos monitores e analisadores sejam substituídos numa base anual e submetidos a calibração, no mínimo, duas vezes por ano. Para os analisadores e as sondas usadas no controlo da água bruta, as acções a desenvolver devem prever uma frequência maior (caso dos analisadores com eléctrodos de ião selectivo, ou das sondas de oxigénio dissolvido, que usam membranas porosas de fácil colmatação). As soluções químicas de calibração e de serviço dos analisadores automáticos devem ser substituídas sempre que expira a respectiva data de validade.

temperatura, do caudal captado e dos níveis de água na captação. Caso contrário, a EG deve fazer, pelo menos uma vez por turno, a medição do pH, da turvação e da temperatura da água bruta; pelo menos uma vez por dia, a leitura da condutividade e dos caudais captados; e pelo menos uma vez por semana, a leitura do nível de água na captação.

De acordo com as características da água, pode ser necessário controlar outros parâmetros como, por exemplo, bactérias coliformes, *E. coli*, azoto amoniacal, oxidabilidade, alcalinidade, ferro, manganês, nitratos, fosfatos e cloretos.

A frequência de amostragem deve começar por ser mais exigente e, de acordo com o histórico obtido ao longo de dois anos hidrológicos consecutivos, ser progressivamente ajustada.

Os pontos de amostragem a seleccionar devem incluir um ponto junto à captação (em profundidade, ao longo da coluna de água) e, caso necessário, um ou mais pontos a montante da captação e a jusante de possíveis fontes de poluição que, eventualmente, possam afectar a qualidade da água.

- Avaliar periodicamente o estado trófico da água, através do controlo de parâmetros como, por exemplo, oxigénio dissolvido, clorofila-a, fitoplâncton, azoto total e fósforo total.

Quando se verifica a existência de cianobactérias, a EG deve proceder a uma monitorização rigorosa, com caracterização quantitativa e qualitativa dos organismos fitoplanctónicos (tipificação e contagem do número de células). Caso o número de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas seja superior a 2000 células/ml, deve ser realizada a pesquisa de cianotoxinas (por exemplo, microcistina – LR total).

A monitorização deve ser realizada sempre no mesmo local de amostragem, junto à captação da água, através de uma amostra em profundidade (quatro tomas de água: superfície, disco de Secchi, 3xDisco Secchi e tomada de água). Inicialmente, com vista à obtenção de um histórico, a frequência de amostragem deve ser mensal, no período de Outubro a Março e, quinzenal, no período de

Abril a Setembro. O histórico obtido vai permitir definir uma frequência ajustada às condições do meio.

No caso da captação ser de origem subterrânea, a EG deve:

- Controlar a qualidade da água na origem, através de análises periódicas aos parâmetros pH, condutividade, bactérias coliformes e *E. coli*. De acordo com as características da água, pode ser necessário controlar outros parâmetros como, por exemplo, nitratos, azoto amoniacal, oxidabilidade, cloretos, ferro, manganês, arsénio, dureza, alcalinidade, cálcio, magnésio e sódio.

Para tal, deve existir uma picagem à saída da captação que permita a recolha de amostras de água bruta.

O controlo analítico deve começar por ser mais exigente e, com base no histórico obtido ao longo de dois anos hidrológicos consecutivos, ser progressivamente ajustado.

- Realizar a leitura do caudal captado e dos níveis hidrostáticos e hidrodinâmicos.

A EG deve ainda elaborar e implementar um plano de manutenção e conservação das captações, o qual deve incluir os equipamentos e os acessórios indispensáveis ao normal funcionamento do sistema como, por exemplo, um gerador de emergência, bombas e acessórios, para resolver com rapidez as eventuais falhas electromecânicas.

Em situações de escassez de água, a EG deve fazer uma boa gestão das origens de água que possui, podendo, por exemplo, alterar os caudais de captação, ou seja, aumentar o caudal das origens que não seja expectável apresentarem problemas, em detrimento de outras onde a probabilidade destes ocorrerem seja maior.

Caso seja necessário recorrer à reactivação de origens de água, não é aconselhável que esta água seja introduzida directamente na rede, sendo preferível a mistura das águas num reservatório onde se processe a sua homogeneização, por forma a garantir uma qualidade uniforme na água distribuída ao consumidor. Nestas situações, para que as captações possam ser reactivadas com alguma segurança, é essencial que a EG disponha da caracterização da qualidade da água das diferentes origens (caso estas captações não se encontrem incluídas no plano de monitorização periódica, a EG deve proceder à recolha de uma amostra

pontual e avaliar os resultados obtidos). É ainda essencial que a EG proceda à manutenção regular dos equipamentos e dos acessórios indispensáveis ao arranque das captações em reserva. Recorda-se que, para evitar a alteração significativa da qualidade da água distribuída, previamente à introdução desta água na rede, deve ser efectuada uma descarga para limpeza da tubagem da captação reactivada (deve-se deixar correr até que a água saia límpida).

## 3 CONTROLO OPERACIONAL NO TRATAMENTO DA ÁGUA

### 3.1 Aspectos gerais

Para assegurar que a qualidade da água para consumo humano cumpre os VP na torneira do consumidor é vital que as estações de tratamento de água (ETA) sejam adequadamente dimensionadas, operadas e mantidas.

A EG deve possuir os meios materiais e humanos que lhe permitam fazer a operação, o controlo e a manutenção nas várias etapas do processo de tratamento da água.

Os meios laboratoriais necessários para o controlo operacional devem ser ajustados às características da qualidade da água bruta e à complexidade da ETA. Por exemplo, no caso de uma água de origem superficial, o laboratório da ETA deve estar equipado com métodos analíticos fiáveis, que lhe permitam actuar atempadamente, no mínimo, nos seguintes parâmetros de controlo críticos:

- pH da água na zona de coagulação e pH da água tratada;
- alumínio ou ferro residual (consoante o coagulante aplicado) nas águas decantada, filtrada e tratada;
- desinfectante residual livre na água tratada;
- turvação em todas as águas (bruta, decantada, filtrada e tratada).

Contudo, pode ser necessário monitorizar e controlar outros parâmetros que têm de ser avaliados caso a caso, tais como, ferro, manganês, nitratos, azoto amoniacal, fosfatos e cloretos, que são igualmente parâmetros de controlo críticos em muitas origens de água superficial.

No caso de uma água de origem subterrânea, a EG deve dispor de equipamento portátil e *kits* analíticos fiáveis para a análise de parâmetros tais como, cloro residual livre, pH, condutividade e azoto amoniacal, bem como, dependendo das características da água, ferro, manganês, nitratos, cloretos, dureza, cálcio, magnésio e sódio.

De acordo com uma programação estabelecida, a EG deve verificar os equipamentos de monitorização e de medida de que

dispõe, procedendo à sua calibração e verificação através da leitura de padrões ou por comparação com resultados laboratoriais fiáveis. Deve ser dada especial atenção aos prazos de validade dos reagentes.

Em situações de poluição accidental e/ou alteração significativa das condições climáticas, a EG deve efectuar um controlo analítico mais exigente, por forma a detectar possíveis alterações da qualidade da água e tomar as medidas apropriadas para ajustar o tratamento. Por este motivo, em regra, quando a origem de água é superficial, o controlo operacional exige um controlo analítico mais exigente, em frequência e número de parâmetros, do que quando a origem de água é subterrânea. Contudo, no caso de captações subterrâneas sob influência directa de águas superficiais, o plano de monitorização a implementar deve assentar numa frequência igual à da praticada para a água superficial.

Em qualquer ETA deve existir um conjunto de procedimentos de operação que devem ser efectuados com uma frequência pré-definida, caso a caso, em função das características dos sistemas, nomeadamente:

- Verificar o funcionamento dos sistemas de alarme existentes, associados, por exemplo, aos sensores de detecção de fugas de gás (cloro, ozono e dióxido de cloro), a falhas no gerador de ozono, a falhas no destruidor térmico de ozono, ao nível das cubas dos reagentes, a falhas no funcionamento dos agitadores, a falhas nas diferentes bombas (grupos elevatórios, grupos hidropressores, doseadoras, lavagem e água motriz), a falhas nos compressores de ar de lavagem dos filtros, aos valores baixo e alto do pH, ao valor alto da turvação, ao valor alto do coagulante residual (alumínio ou ferro), aos valores baixo e alto do cloro residual livre e aos níveis baixo e alto de água na cisterna de água tratada.

Constitui uma boa prática de operação a recalibração anual de todas as bombas doseadoras em serviço e dos sistemas doseadores a seco (por exemplo, cal, polieletrólito e carvão activado), com execução de novas curvas de doseamento. Estas operações podem ser efectuadas durante a exploração da estação.

- Implementar um programa regular de limpeza de todas as instalações, órgãos e equipamentos. Nas zonas de armazenamento de reagentes, nas salas e noutros locais onde se encontrem equipamentos de monitorização, bem como

nos órgãos de tratamento expostos ao ar livre (por exemplo, decantadores e filtros), a limpeza deve ser realizada com uma frequência elevada.

- Implementar um plano de manutenção preventiva global (manutenção eléctrica, mecânica e instrumental, lavagem e desinfecção de tanques e reservatórios). Este plano deve ser programado em tempo útil e realizado uma vez por ano.

A correcta operação dos sistemas exige ainda os seguintes procedimentos:

- Garantir o armazenamento adequado de todos os reagentes utilizados, de acordo com o especificado nas normas europeias.
- Garantir a existência de equipamentos e procedimentos de segurança adequados aos locais de risco. Por exemplo, nas instalações de cloro deve existir um equipamento de respiração autónomo e um equipamento lava-olhos.
- Implementar uma gestão de *stocks* adequada, de modo a não haver falta de reagentes, situação que poderia originar uma interrupção forçada no processo de tratamento da água (paragem da ETA).

Não obstante os procedimentos gerais atrás referidos, cada etapa de tratamento exige um conjunto de procedimentos específicos.

Dada a variabilidade da qualidade da água nas origens, com a conseqüente complexidade das opções de tratamento existentes, proceder-se-á à exemplificação das acções a desenvolver no âmbito de um PCO para três esquemas de tratamento convencionais destinados a tratar:

- uma água de origem superficial;
- uma água de origem subterrânea com excesso de ferro e manganês;
- uma água de origem subterrânea agressiva.

No Anexo I são apresentados os diagramas lineares que pretendem sistematizar o controlo a realizar, identificando os pontos de controlo críticos nos quais devem ser efectuadas inspecções/verificações periódicas.

As frequências e os parâmetros de controlo devem ser definidos, caso a caso, em função das características dos sistemas.

Os procedimentos estabelecidos nos casos apresentados devem servir de orientação para outros esquemas de tratamento, devendo a EG adaptá-los em função do tipo de equipamento instalado nos seus sistemas.

Salienta-se que, independentemente da fiabilidade da qualidade da água na origem, desde que esta se destine ao consumo humano, a EG deve, em regra, e no mínimo, proceder à desinfecção da água distribuída.

## 3.2 Exemplo 1: Água superficial

### 3.2.1 Pré-oxidação

A pré-oxidação tem como finalidade oxidar parcialmente a matéria orgânica e as substâncias redutoras dissolvidas, inactivar parcialmente a flora microbológica, o fitoplâncton e o zooplâncton, e arejar e libertar gases dissolvidos em excesso.

No caso apresentado, recorre-se à aplicação do ozono, dado o seu grande poder oxidante.

Nesta etapa de tratamento, as acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Verificar, pelo menos uma vez por turno, o valor do ozono residual à saída da câmara de ozonização e, caso necessário, proceder ao seu ajuste.
- Verificar, na mesma altura, o valor da concentração de ozono no gás produzido e, caso necessário, proceder ao seu ajuste.
- Verificar, pelo menos uma vez por turno, o sistema de refrigeração do ozonizador e a temperatura do destruidor térmico (>300°C).
- Verificar, com regularidade, o valor do ponto de orvalho (*dew point*, -60°C a -80°C), para garantir a eficiência do ozonizador.
- Controlar a eficiência da etapa através da análise do parâmetro oxidabilidade. A eficiência é avaliada por comparação dos valores da oxidabilidade na água bruta e na água ozonizada.
- Registrar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

Idealmente, a monitorização do funcionamento da linha de produção, dosagem e destruição do ozono deve ser realizada em contínuo através de um sistema de telegestão.

### 3.2.2 Correção de pH

A correção do pH constitui, em geral, uma etapa auxiliar de uma operação unitária. Com efeito, o controlo do valor do pH e a respectiva correção são determinantes na eficiência de alguns processos básicos de tratamento, tais como a coagulação química, a correção da agressividade, a desinfecção, as remoções da dureza, do ferro e do manganês, etc.

Tendo em conta que, ao longo da linha de tratamento, algumas etapas exigem valores específicos de pH, é necessário proceder à adição de reagentes ácidos ou alcalinos, sendo os mais comuns, o dióxido de carbono e o ácido sulfúrico no primeiro caso, e o hidróxido de cálcio (cal hidratada) e o hidróxido de sódio (soda cáustica), no segundo.

No caso apresentado, admite-se que a água bruta apresenta um valor de pH superior a 8, pelo que se recorre à adição de ácido sulfúrico para garantir o valor de pH necessário para o processo de coagulação. Considera-se que a correção de pH é realizada automaticamente, em função de um valor de pH pré-definido. A bomba doseadora de ácido sulfúrico, dotada de variador de frequência, actua em função do pH pretendido e do caudal instantâneo entrado na ETA.

Nesta etapa de tratamento, as acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Realizar medições regulares do pH no local mais apropriado (câmara de repartição de caudal ou à saída da câmara de mistura rápida, de acordo com as condições existentes). Esta medição deve ser efectuada preferencialmente *online*, caso contrário, deve ser efectuada, pelo menos duas vezes por turno.
- Verificar, pelo menos uma vez por dia, os medidores/controladores automáticos de pH e, pelo menos uma vez por semana, proceder à sua calibração.
- Inspeccionar com regularidade, pelo menos uma vez por turno, o sistema de doseamento, nomeadamente, as bombas doseadoras e o rotâmetro (caso aplicável).
- Registrar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

### 3.2.3 Coagulação/Floculação

Uma água de origem superficial apresenta normalmente valores relativamente elevados de turvação, consequência da presença de partículas de natureza coloidal. A dimensão deste tipo de partículas ( $<1\mu\text{m}$ ) e o facto de serem portadoras de carga eléctrica superficial, torna difícil a sua remoção por acção da gravidade. Por esta razão, é necessário recorrer a um agente coagulante, por forma a provocar a desestabilização das partículas coloidais (coagulação) e a consequente agregação em flocos (floculação) separáveis por decantação.

A eficácia do coagulante, normalmente sulfato de alumínio ou polímeros de alumínio, depende, principalmente, do ajuste conveniente do pH, existindo para cada coagulante uma zona óptima, à qual ocorre o máximo de precipitação. Com vista a melhorar a operação de floculação, ao nível da velocidade das reacções e da qualidade do floco produzido, pode ser aplicado um coadjuvante da floculação.

No caso apresentado, admite-se a aplicação de sulfato de alumínio, como coagulante, e de um polielectrólito com monómero de acrilamida, como coadjuvante da floculação.

Nesta etapa de tratamento, as acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Caso o doseamento seja manual, verificar com regularidade, pelo menos uma vez por turno, os doseamentos do sulfato de alumínio e do polielectrólito e, quando aplicável, fazer o seu ajuste. Para facilidade de operação, deve existir uma tabela ou folha de cálculo com indicação dos caudais de doseamento em função do caudal de água a tratar e da dosagem pretendida. Pode haver situações em que o doseamento tenha que ser ajustado, mas a capacidade do sistema instalado (gama de funcionamento das bombas) não permita dar resposta. Nestas condições, torna-se necessário proceder a cálculos no sentido de determinar uma concentração adequada às condições existentes. No exemplo 1 do Anexo II são apresentados os cálculos a efectuar no âmbito desta acção.
- Inspeccionar com regularidade, pelo menos uma vez por turno, o sistema de doseamento e os níveis das soluções dos reagentes nas cubas, os agitadores (caso aplicável) e as bombas doseadoras.

- Verificar com regularidade, pelo menos uma vez por turno, os pontos de injeção do sulfato de alumínio (se possível) e do polielectrólito e, caso necessário, proceder à sua limpeza ou desobstrução. O sistema de injeção dos reagentes deve garantir uma repartição equitativa pelas várias câmaras de mistura rápida.
- Verificar, no mínimo uma vez por mês, a preparação da solução de polielectrólito para aferir se a concentração é a pré-definida. Para tal, deve ser verificada a quantidade de polielectrólito e o volume de água adicionados.
- Realizar o controlo preventivo da acrilamida por limitação da dose de polielectrólito aplicada, de forma a garantir que a migração máxima do monómero para a água não ultrapassa o valor paramétrico fixado no DL. Sempre que o doseamento de polielectrólito for alterado, deve ser confirmada a concentração de monómero que pode migrar para a água. No exemplo 2 do Anexo II são apresentados os cálculos a efectuar no âmbito desta acção.
- Registrar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

Idealmente, o doseamento destes reagentes deve ser realizado em modo automático, em função da taxa de doseamento pré-definida e do caudal instantâneo entrado na ETA.

### **3.2.4 Adsorção com carvão activado em pó**

O carvão activado é utilizado para a adsorção, entre outros, de cianotoxinas, pesticidas, hidrocarbonetos halogenados, fenóis, gases dissolvidos, metais pesados, bromatos, cloratos e substâncias húmicas. Este produto pode ser utilizado sob duas formas: em pó ou granular (aplicado em filtros).

No caso apresentado admite-se que, sazonalmente, podem ocorrer florescências de cianobactérias na água bruta. Face a esta situação, durante estes episódios, recorre-se à adição de carvão activado em pó para remoção das eventuais cianotoxinas presentes na água.

As acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Verificar com regularidade, pelo menos uma vez por turno, o doseamento da suspensão de carvão e, quando aplicável, fazer o seu ajuste. Para facilidade de operação, deve existir uma tabela ou folha de cálculo, com indicação

dos caudais de doseamento em função do caudal de água a tratar e da dosagem pretendida. Pode haver situações em que o doseamento tenha que ser ajustado, mas a capacidade do sistema instalado (gama de funcionamento das bombas) não permita dar resposta. No exemplo 3 do Anexo II são apresentados os cálculos a efectuar no âmbito desta acção.

- Inspeccionar, pelo menos uma vez por turno, o sistema de doseamento, nomeadamente, o nível da suspensão do carvão no tanque de preparação, o agitador, as bombas doseadoras e o(s) ponto(s) de injeção.
- Verificar, no mínimo uma vez por mês, a preparação automática da suspensão para aferir se a concentração é a pré-definida. Para tal, devem ser verificadas as quantidades de produto e o volume de água adicionados no mesmo intervalo de tempo. Deve ter-se em atenção a concentração da suspensão e o caudal a dosear, para evitar o entupimento do circuito de doseamento.
- Registrar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

### **3.2.5 Decantação**

A decantação é a operação unitária que se segue à coagulação/floculação, permitindo a remoção dos flocos formados, através da sua sedimentação por acção da gravidade. Os flocos acumulam-se no fundo do decantador, constituindo as lamas.

Trata-se de uma operação que permite reduzir o teor de certos parâmetros da água, como a turvação, a cor, o ferro, o manganês, as algas, a dureza e a matéria orgânica, conferindo-lhe melhor qualidade para ser posteriormente filtrada.

Nesta etapa de tratamento, as acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Realizar medições regulares de turvação, pH e alumínio residual. Estas medições devem ser realizadas, pelo menos uma vez por turno, idealmente, à saída de cada decantador.
- Realizar com regularidade, pelo menos uma vez por turno, uma inspecção visual para verificar a qualidade do floco em cada decantador e, assim, avaliar se o processo

de floculação está a decorrer com normalidade ou se deve ser otimizado<sup>3</sup>.

- Realizar ensaios de *Jar-Test* para controlo dos parâmetros turvação, pH e alumínio residual, quando se verificam alterações da qualidade da água afluente à ETA, quando se quer otimizar a eficiência do tratamento ou quando se pretende alterar a taxa de doseamento do reagente coagulante ou floculante.
- Controlar a eficiência da etapa através da análise dos parâmetros turvação, oxidabilidade e alumínio residual. A eficiência é avaliada por comparação dos valores à entrada da ETA e à saída de cada decantador.
- Registar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

As características da água bruta, a aplicação adequada das dosagens de pré-oxidante, de coagulante e de floculante, bem como o acerto do pH, a boa formação do floco e as condições climatéricas (vento e temperatura), são factores muito importantes, com influência directa na eficiência desta etapa.

Preferencialmente, os decantadores devem trabalhar em recinto integralmente coberto e no escuro, para evitar a deposição de impurezas diversas sobre a água e o desenvolvimento algar, respectivamente.

Para o bom desempenho operacional dos decantadores, devem ser respeitados os seus valores de dimensionamento: tempo de retenção (h) e carga hidráulica superficial ( $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ ). Pela mesma razão, os dispositivos de entrada e de saída da água nos decantadores devem assegurar uma distribuição/descarga da água homogénea, de modo a inibir a formação de turbulência hidráulica em toda a zona de sedimentação.

---

<sup>3</sup> No caso particular dos decantadores Pulsator®, onde ocorre simultaneamente a floculação e a decantação, pelo menos uma vez por turno, ou quando se verificam alterações do caudal de água bruta, é essencial verificar e, caso necessário, ajustar os tempos da *cloche* para garantir o tempo de contacto e o gradiente de velocidade suficientes para a formação do floco. Deve dar-se especial atenção à temporização das purgas de lamas (frequência e duração da descarga), para que o processo de floculação/decantação não seja desestabilizado. *Cloche*: poço característico deste tipo de decantadores, cuja finalidade é promover a floculação no decantador através da variação de velocidade de entrada da água no órgão.

### 3.2.6 Filtração

A filtração é uma operação unitária que tem como objectivo a remoção do material em suspensão que não foi removido durante a etapa de decantação.

No controlo da filtração são parâmetros relevantes a velocidade de filtração, o caudal de entrada no filtro, a turvação e a cor da água filtrada.

A filtração pode ser lenta ou rápida, dependendo da granulometria do material filtrante utilizado e da própria configuração da unidade de filtração. A filtração rápida, por sua vez, pode ser gravítica ou em pressão, consoante os filtros sejam abertos ou fechados.

Admitindo que se encontram instalados filtros rápidos abertos, cujo funcionamento se caracteriza por caudal e nível constantes, as acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Realizar, pelo menos uma vez por turno, medições da turvação e do alumínio residual. Estas medições devem ser efectuadas, idealmente, à saída de cada filtro.
- Realizar com regularidade inspecções visuais para verificar o normal funcionamento dos filtros, durante as fases de filtração e de lavagem. Por exemplo, durante a lavagem de cada filtro, verificar se existe arrastamento do meio filtrante ou “erupções” ou “fervuras”, as quais são sinais de fissuração de um ou mais ralos de drenagem, situados na placa de fundo do filtro. No final de cada lavagem e antes do enchimento do filtro, verificar se existem bolas de lama (*mudballs*) à superfície do meio filtrante e, em caso afirmativo, proceder à sua remoção<sup>4</sup>. Na fase de enchimento do filtro, verificar se a água se encontra límpida ou se ainda se verifica arrastamento de sujidades do meio filtrante. Caso necessário, ajustar os parâmetros que controlam a lavagem (tempo de lavagem com ar, caudal e tempo de lavagem com água).
- Avaliar, no mínimo uma vez por semana, a eficiência de cada filtro, devendo ser relacionados a perda de carga, o

---

<sup>4</sup> O aparecimento frequente das bolas de lama é um indicador relevante de:

- aplicação excessiva e prolongada no tempo de polímero floculante;
- reduzida expansão do leito filtrante durante a lavagem ou lavagem deficiente dos filtros (tempos insuficientes de ar e/ou água);
- meio filtrante com necessidade de substituição total.

tempo de filtração e a percentagem de redução da turvação entre as águas decantada e filtrada. Caso necessário, deve ser ajustado o ciclo de lavagem e reavaliada a eficiência do filtro.

Deve-se proceder à lavagem do filtro quando se atinge uma perda de carga pré-definida, quando se verifica um valor de turvação superior ao limite máximo estabelecido (por exemplo 0,5 NTU) ou sempre que o filtro entra em serviço após um longo período de inactividade.

- Verificar, pelo menos uma vez por ano, através de medição, a altura do meio filtrante em cada filtro. Caso necessário, deve-se proceder à sua reposição.
- Controlar a eficiência da filtração através da análise dos parâmetros turvação e alumínio residual. A eficiência é avaliada por comparação dos valores à entrada e à saída de cada filtro.
- Registar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

Chama-se a atenção que, no final do ciclo de vida útil do material de filtração, a percentagem de “finos” é muito elevada, dando origem a uma água filtrada de muito baixa turvação (ótima qualidade), pese embora a taxa de colmatação seja muito elevada e o período de serviço útil do filtro seja muito curto. Neste sentido, recomenda-se a realização de análises granulométricas (por exemplo, uma vez por ano) ao material de filtração para determinar a distribuição do tamanho de partículas e o coeficiente de uniformidade<sup>5</sup>.

### 3.2.7 Desinfecção

A desinfecção da água destinada ao consumo humano tem por objectivo a inactivação de microrganismos patogénicos ou de outros organismos indesejáveis.

Existem vários processos de desinfecção, desde os tratamentos físicos por aplicação de radiações UV, até aos químicos que uti-

---

<sup>5</sup> Para a análise granulométrica deve proceder-se à recolha de amostras do material de filtração em vários pontos e em profundidade. A partir da curva granulométrica são definidos os parâmetros:

- Diâmetro efectivo (d<sub>10</sub>), diâmetro para o qual o peso correspondente a partículas menores que este é 10% do peso total da amostra;
- Coeficiente de Uniformidade (CU).  $CU = d_{60}/d_{10}$ ;  $CU < 1,5$ .

lizam agentes oxidantes como, o ozono, o cloro gasoso, o dióxido de cloro, o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio. A desinfecção final pode ainda ser realizada por cloraminação, cuja aplicação actualmente não é praticada em Portugal, na qual o agente de desinfecção é a monoclaramina, produzida a partir da reacção entre o cloro gasoso e o amoníaco, este na forma de amónia.

A EG deve assegurar a eficácia da desinfecção e garantir que, sem a comprometer, a presença de subprodutos de desinfecção seja mantida a um nível tão baixo quanto possível e não ponha em causa a qualidade da água para consumo humano. O doseamento incorrecto do desinfectante, um tempo de contacto insuficiente ou a formação de subprodutos são alguns dos factores que podem gerar situações de risco, pelo que é conveniente integrar a determinação dos subprodutos da desinfecção (por exemplo, trihalometanos) no controlo operacional.

Sobre este assunto aconselha-se a leitura da Recomendação IRAR n.º 05/2007, intitulada “Desinfecção da água destinada ao consumo humano”, disponível no sítio do IRAR ([www.irar.pt](http://www.irar.pt)).

No caso apresentado utiliza-se como desinfectante o cloro gasoso, sendo o seu doseamento realizado em modo automático.

Nesta etapa de tratamento, as acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Realizar, pelo menos uma vez por dia, a medição do cloro residual livre na água tratada e, caso necessário, calibrar o analisador automático.
- Verificar, pelo menos uma vez por dia, o pH e a temperatura da água, uma vez que o efeito germicida do cloro residual livre depende destes factores. Por exemplo, no caso do pH, verifica-se que para valores entre 8 e 10 são necessárias doses de cloro bastante mais elevadas para se obter a mesma eficácia de desinfecção.
- Caso a substituição dos tanques de cloro não seja efectuada de forma automática, verificar, pelo menos uma vez por turno, a pressão de serviço do tanque em uso ou, em alternativa, o volume/peso do cloro ainda disponível.
- Para verificar a qualidade final da água a distribuir, proceder à análise regular (é conveniente uma frequência mínima semanal) dos parâmetros bactérias coliformes, *E. coli*, número de colónias a 22°C e a 37°C, coagulante re-

sidual (no exemplo dado, alumínio), turvação, condutividade, oxidabilidade e subprodutos da oxidação/desinfecção (no exemplo dado, bromatos e trihalometanos). De acordo com as características da água pode ser necessário controlar outros parâmetros como, por exemplo, ferro, manganês, azoto amoniacal, nitratos, fosfatos, cloretos, alcalinidade, cianobactérias e cianotoxinas.

- Registrar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

### **3.3 Exemplo 2: Água subterrânea com excesso de ferro e manganês**

#### **3.3.1 Remoção de ferro e manganês**

A remoção do ferro e do manganês faz-se através de um processo de oxidação, o qual pode ser realizado por arejamento, por adição de produtos oxidantes tais como, o cloro, o hipoclorito de sódio, o permanganato de potássio, o dióxido de cloro e o ozono, ou por passagem através de filtros oxidantes (*manganese greensand*).

Sobre este assunto aconselha-se a leitura da Recomendação IRAR n.º 03/2005, intitulada “Controlo do ferro e do manganês na água para consumo humano”, disponível no sítio do IRAR ([www.irar.pt](http://www.irar.pt)).

No caso apresentado, a remoção do ferro e do manganês ocorre em filtros oxidantes. No âmbito do PCO, as acções a desenvolver incluem:

- Realizar medições regulares (é conveniente uma frequência mínima semanal) do pH, ferro e manganês, à entrada e à saída do filtro, para avaliar a eficiência do sistema de tratamento instalado.
- Verificar, na mesma altura, a pressão no filtro para avaliar o seu grau de colmatação. Proceder à lavagem do filtro, quando se atinge uma perda de carga pré-definida, ou quando se obtêm valores de ferro e de manganês superiores aos limites estabelecidos na água tratada.
- Proceder à regeneração do meio oxidante, sempre que se verifique a perda de eficiência do filtro. Tomar em consideração o tempo de vida útil estabelecido pelo fabricante, de forma a avaliar se o sistema instalado é adequado à percentagem de remoção pretendida.
- Registrar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

### 3.3.2 Desinfecção

No caso apresentado, utiliza-se como desinfectante o hipoclorito de sódio. As acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Realizar medições regulares (é conveniente uma frequência mínima semanal) do cloro residual livre, do pH, do ferro e do manganês.

Para tal, deve existir uma picagem à saída da ETA que permita a recolha de amostras de água tratada.

- Verificar, na mesma altura, o doseamento do hipoclorito de sódio e, caso necessário, proceder ao seu ajuste. Para facilidade de operação, deve existir uma tabela ou folha de cálculo com indicação dos caudais de doseamento, em função do caudal de água a tratar e da dosagem pretendida. Pode haver situações em que o doseamento tenha que ser ajustado mas a capacidade do sistema instalado (gama de funcionamento das bombas) não permita dar resposta. Nestas condições, torna-se necessário proceder a cálculos no sentido de determinar uma concentração adequada às condições existentes. No exemplo 4 do Anexo II são apresentados os cálculos a efectuar no âmbito desta acção.
- Inspeccionar com regularidade o sistema de doseamento, nomeadamente, o nível da solução de hipoclorito de sódio na cuba, o agitador (caso aplicável), as bombas doseadoras, as válvulas, as tubagens de aspiração e compressão e o ponto de injeção.
- Proceder periodicamente à análise dos parâmetros bacterias coliformes, *E. coli*, número de colónias a 22°C e a 37°C e condutividade.
- Registar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

Idealmente, o doseamento do hipoclorito de sódio deve ser controlado de forma automática, em função de um valor de cloro residual livre pré-definido. A manutenção de um teor de cloro residual livre na conduta adutora vai garantir a protecção sanitária da água até ao reservatório.

## 3.4 Exemplo 3: Água subterrânea agressiva

### 3.4.1 Correção da agressividade

A agressividade de uma água é devida ao excesso de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente na mesma, havendo necessidade de reduzi-lo, de forma a atingir o equilíbrio calco-carbónico. O excesso de  $\text{CO}_2$  pode ser eliminado:

- pela adição de um reagente alcalino (em geral, cal);
- pela percolação da água através de leitos de material alcalino (em geral, brita calcária).

Qualquer um destes processos deve ser precedido de uma fase de arejamento, a qual, embora só por si não seja susceptível de corrigir toda a agressividade da água, melhora bastante o rendimento da desgasificação, quando esta é complementada com um dos métodos acima citados. A vantagem do arejamento será, no primeiro caso, conseguir uma redução no consumo do reagente alcalinizante, tornando o processo mais económico e, no segundo caso (leitos de brita), conseguir uma instalação de dimensões mais reduzidas, devido ao menor tempo de contacto exigido, o que também tem reflexos económicos.

De acordo com os dados da qualidade da água para consumo humano reportados anualmente pelas EG ao IRAR, a percentagem de incumprimentos ao parâmetro pH em águas de origem subterrânea é muito significativa. Para corrigir esta situação, recomenda-se como solução satisfatória a instalação de leitos de brita calcária, uma vez que se trata de um sistema simples, de fácil implementação e operação, e pouco dispendioso. O tempo de contacto nos leitos de brita calcária deve ser determinado experimentalmente, tendo em conta as características químicas de cada água, sendo normalmente o seu valor da ordem das duas horas. Contudo, se a água for previamente arejada, o tempo de contacto pode ser reduzido a dez minutos. A granulometria média da brita é também um factor importante na melhoria da eficiência deste processo, devendo ter um diâmetro efectivo entre 5 e 9 mm e um coeficiente de uniformidade inferior a 1,3.

Para esta opção de tratamento, as acções a desenvolver no âmbito do PCO incluem:

- Realizar medições regulares (é conveniente uma frequência mínima semanal) do pH antes e depois do leito de brita calcária.

- Controlar o desgaste da brita calcária através da medição da altura do leito ao longo do tempo. Caso necessário, proceder à reposição do nível do leito de brita para compensar as perdas provocadas por dissolução<sup>6</sup>.
- Registrar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

### 3.4.2 Desinfecção

Nesta etapa de tratamento, as acções a desenvolver no âmbito do PCO são as descritas no ponto 3.3.2.

---

<sup>6</sup> Para tal, pode ser marcada numa das paredes do tanque, pelo lado de dentro, uma cota de referência correspondente à altura normal do leito de brita quando novo ou, quando se processa um enchimento de raiz para substituição do material velho, com as características granulométricas alteradas.

## 4 CONTROLO OPERACIONAL NO SISTEMA DE ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA

### 4.1 Aspectos gerais

Um sistema de adução e distribuição é composto por diversas infra-estruturas, nomeadamente, condutas adutoras, instalações elevatórias, reservatórios, redes de distribuição e ramais de ligação (para fins domésticos, industriais ou outros), que incluem juntas e acessórios diversos, os quais podem contribuir para a deterioração da qualidade da água.

O estabelecimento de práticas correctas de operação e manutenção dos sistemas de distribuição, incluindo reservatórios e redes, é condição necessária para garantir uma água segura nas suas características físicas, químicas e microbiológicas. A EG deve ainda dar uma atenção especial às condutas adutoras<sup>7</sup>. A inspecção local do estado de conservação dos troços ou secções a descoberto das condutas, das caixas de válvulas de descarga, das ventosas e dos sifões, deve ser sujeita a um programa de acompanhamento regular, o qual deve incluir a manobra dos componentes hidromecânicos e de segurança.

Outra condição necessária é a manutenção de um teor de desinfectante residual livre ao longo do sistema, por forma a garantir a protecção sanitária da água até à torneira do consumidor. A EG deve avaliar a necessidade de instalar postos de rechloragem de forma a garantir um teor de desinfectante residual livre em todos os pontos da rede.

A EG deve dispor de procedimentos escritos para as acções mais frequentes e susceptíveis de provocarem alterações na qualidade da água distribuída, como por exemplo a reparação de condutas, de forma a minimizar possíveis contaminações da água distribuída. Deve elaborar e implementar um plano anual de limpeza e higienização dos reservatórios existentes.

---

<sup>7</sup> Deve ter-se em consideração que as condutas (quer de água bruta, quer de água tratada) pertencem a um grupo restrito de órgãos para os quais, geralmente, não existe uma reserva activa (equipamentos de substituição) e em que a sua eventual paragem pode conduzir, na maior parte dos casos, à interrupção do sistema.

A EG deve ainda estabelecer requisitos operacionais de desempenho para assegurar o cumprimento da legislação em vigor, na torneira do consumidor. A título de exemplo, indicam-se alguns:

- Manter uma pressão adequada no sistema de distribuição.
- Minimizar o tempo de retenção da água nos reservatórios e no sistema de distribuição, de modo a evitar a perda de qualidade organoléptica (cheiro e sabor). O decaimento do teor de desinfectante residual livre potencia o aumento da actividade microbológica.
- Manter o sistema de distribuição em adequado estado de limpeza, utilizando os procedimentos julgados pertinentes (por exemplo, descargas da rede).

Com vista à optimização da exploração do sistema, devem ser considerados outros aspectos, entre os quais, o número e o tipo de reclamações sobre a qualidade e a quantidade da água distribuída. Com efeito, esta informação permite identificar os pontos de controlo críticos do sistema, constituindo um histórico cuja utilidade é indispensável para uma adequada gestão e manutenção da rede. Idealmente, a EG deve dispor de um procedimento de avaliação, detecção e resolução de perdas.

Todas as acções efectuadas no âmbito do PCO (tais como descargas, higienizações, controlo analítico, reforços de cloragem, etc.), bem como outros elementos considerados relevantes, como por exemplo as reclamações dos consumidores, devem ser registadas e analisadas, de forma a minimizar futuras alterações na qualidade da água distribuída. Esta informação deve ser utilizada como ferramenta de gestão do sistema de distribuição, de forma a evitar, na medida do possível, as reclamações e os incumprimentos.

## **4.2 Reservatórios**

Estas infra-estruturas de armazenamento desempenham uma função vital no abastecimento de água para consumo humano, devendo ser mantida a sua integridade estrutural e sanitária.

Com o objectivo de contribuir para a garantia da qualidade da água distribuída, os reservatórios devem ser sujeitos a acções regulares de higienização, com uma periodicidade adequada à qualidade da água (por exemplo uma vez por ano). Devem ser utilizados produtos adequados para estarem em contacto com água para consumo humano, equipamento específico e pessoal

formado para o efeito. Esta operação tem de ser planeada, de modo a minimizar os desperdícios de água e as falhas no abastecimento. Em situações em que haja mais do que um reservatório na mesma zona de abastecimento, para evitar possíveis contaminações, a higienização deve ser efectuada de forma sequencial, de montante para jusante, evitando que um reservatório higienizado receba água de um reservatório que ainda não tenha sido submetido a essa operação.

Antes de se iniciarem os trabalhos de higienização, deve ser feita uma inspecção à estrutura interna dos reservatórios. No caso de serem detectados problemas estruturais, a EG deve corrigir este problema antes dos trabalhos de higienização terem lugar.

A higienização dos reservatórios deve ser preferencialmente realizada por uma empresa certificada para este tipo de serviços. Caso este trabalho venha a ser realizado pelos próprios serviços da EG, esta deve proceder da seguinte forma:

- Esgotar o reservatório em regime de abastecimento normal até ao nível mínimo pré-definido, rejeitando a água remanescente.
- Lavar todas as superfícies com um jacto de água à pressão adequada para remover os sedimentos grosseiros e as areias. Ter em consideração o estado de conservação das paredes, do tecto e da laje de fundo do reservatório para evitar que a estrutura seja danificada.
- Pulverizar as superfícies com um produto desincrustante e/ou desinfectante, adequado ao tipo de revestimento existente nos reservatórios (ou noutras obras a tratar).
- Após o tempo de contacto recomendado pelo fabricante para a actuação do produto, lavar as superfícies com água abundante. Antes de rejeitar as águas acumuladas no interior do reservatório para o meio receptor, verificar se o pH se situa entre 6 e 8 e, caso contrário, dispor de meios e condições de neutralização adequados.
- Encher o reservatório, colocá-lo em carga e recolher uma ou mais amostras de água, dependendo do volume útil de armazenamento, tomadas em diferentes pontos, para análise microbiológica, de modo a comprovar a eficácia do trabalho de higienização realizado. Idealmente, o reservatório só deve retomar o serviço normal após o conhecimento dos resultados do controlo microbiológico.

Como medida de segurança, os operadores devem usar protecção respiratória e ocular, luvas, calçado e vestuário de protecção adequados.

Sobre este assunto, aconselha-se a leitura do capítulo 2, da parte VI – Distribuição da Água, do Guia Técnico n.º 6, intitulado “Controlo da qualidade da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento”, editado pelo IRAR em 2005.

Para além das acções atrás mencionadas, a EG deve ainda:

- Manter um teor adequado de desinfectante residual livre. O valor médio de desinfectante residual livre deve ser estabelecido em função do tempo de permanência da água no reservatório e da extensão da rede, sendo que a gama de valores varia substancialmente com o desinfectante utilizado. No caso do desinfectante ser o cloro, é normalmente utilizada uma gama de valores entre 0,6 e 0,8 mg/L de cloro residual livre<sup>8</sup>.

Devem ser analisados os parâmetros pH, temperatura e desinfectante residual livre, de preferência através de instrumentação instalada *online* ou, na sua inexistência, através de medidores portáteis fiáveis, devendo a frequência ser ajustada às características do sistema e da qualidade da água.

- Realizar análises regulares (é conveniente uma frequência mínima semanal) aos parâmetros turvação, condutividade, ferro, oxidabilidade, bactérias coliformes, *E. coli* e número de colónias a 22°C e a 37°C.
- Registrar, sempre que seja efectuada uma visita ao reservatório, os caudais de saída para a rede de distribuição (caso não existam registadores automáticos), bem como inspeccionar a estrutura externa e a zona circundante. Devem ser igualmente inspeccionados os sistemas indicadores de nível.
- Registrar todos os resultados e as acções desenvolvidas.

---

<sup>8</sup> Pese embora a gama de valores indicada, pode haver situações em que se tenha que trabalhar regularmente com valores de 1 a 1,2 mg/L de cloro residual livre. Estas situações ocorrem devido ao estado sanitário, muitas vezes insatisfatório, de muitos reservatórios, bem como à idade e ao estado de conservação das redes públicas de abastecimento.

### **4.3 Autotanques e depósitos não ligados a sistemas de abastecimento de água**

Os depósitos usados no armazenamento temporário de água para consumo humano não devem alterar a qualidade da água destinada ao abastecimento público. Devem ser instalados em locais protegidos do sol, de preferência arejados, de fácil acesso para eventuais intervenções, como por exemplo a recolha de amostras de água e eventuais lavagens.

Os autotanques utilizados no transporte de água para consumo humano devem possuir o reservatório em aço inox e serem utilizados exclusivamente para este fim.

Em qualquer das situações, a EG deve proceder a um controlo operacional mais apertado, nomeadamente do teor de desinfectante residual livre. Se o tempo de permanência da água no autotanque ou no depósito for elevado (mais do que 48 horas), recomenda-se a análise de parâmetros tais como, bactérias coliformes, *E. coli*, número de colónias a 22°C e a 37°C, turvação, cheiro, sabor e oxidabilidade. Caso os resultados indiquem que a qualidade da água foi alterada, a EG deve rejeitar a água contida no autotanque ou no depósito e proceder à sua limpeza e desinfecção.

### **4.4 Rede de distribuição**

Na rede de distribuição, os problemas mais frequentes dizem respeito à microbiologia, à turvação, ao cheiro e ao sabor, sendo as causas mais comuns o reduzido teor em desinfectante residual livre na água tratada, as roturas em condutas e ramais, as avarias em órgãos hidromecânicos diversos e a corrosão das tubagens. Frequentemente, os incumprimentos aos parâmetros organolépticos conduzem a reclamações por parte dos consumidores, podendo ser corrigidos através da realização de descargas de água pelos hidrantes mais próximos da zona onde a anomalia foi detectada ou através do reajuste do doseamento de desinfectante.

Com efeito, a descarga da água constitui uma importante ferramenta para manter a rede limpa e livre de sedimentos, removendo a água estagnada e qualquer contaminante presente. Para uma correcta gestão da rede, é fundamental que se proceda à medição e ao registo das descargas efectuadas, à avaliação das reclamações recebidas, ao registo das acções correctivas implementadas e dos resultados obtidos. A EG deve identificar os

pontos críticos da rede e, caso se justifique, elaborar e fazer cumprir um plano regular de descargas.

A EG deve ainda elaborar um procedimento escrito para a reparação de roturas nas condutas e acessórios e garantir o seu cumprimento, de forma a evitar, antes, durante e após a reparação, o risco de contaminação da água. Este procedimento deve, no mínimo, conter as seguintes acções:

- Escavar à volta da condução um espaço adequado para facilitar os trabalhos de reparação (no mínimo 0,5 ou 0,7 m, de acordo com o diâmetro da condução. Consultar o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto)<sup>9</sup>.
- Observar o lugar onde se procedeu à escavação e verificar se não existem na proximidade indícios de roturas em colectores de águas residuais ou escorrências provenientes de aviários, suiniculturas ou outros tipos de actividade industrial, detectáveis pelo seu cheiro característico.
- Manter em contínuo a bombagem da água perdida, existente na zona da escavação, de forma a evitar o contacto da mesma com a condução danificada. Por vezes pode ser necessário escavar um pequeno poço para a drenagem efectiva da água e facilitar a operação de bombagem.
- Quando a condução for cortada, examinar o seu interior para verificar o estado de limpeza e observar cuidadosamente a água que sai. Se esta estiver suja, deixar correr a água até que saia límpida.
- Proceder à reparação da condução ou substituição do acessório.
- Colocar em carga o troço reparado, efectuar uma descarga de água, com volume suficiente para manter a sua qualidade, no hidrante mais próximo e recolher amostras

---

<sup>9</sup> O espaço a deixar livre numa escavação para reparação de uma rotura depende dos seguintes factores:

- profundidade a que a condução se encontra enterrada;
- secção da condução (ou tubagem) a reparar;
- necessidade de se proceder a trabalhos de entivação (escoramento) das encostas;
- tipo e dimensão dos equipamentos a deslocar e a instalar no local.

Quanto maior a profundidade de assentamento da condução de adução e/ou de transporte, maior a necessidade de entivar a zona de reparação.

de água para análise microbiológica. Idealmente, o sistema só deve retomar o serviço normal após o conhecimento dos resultados do controlo microbiológico.

Quando se instalam condutas novas, quer em troços isolados, quer em redes novas, deve haver por parte da EG uma rigorosa fiscalização, no sentido de garantir os cuidados de higienização dos elementos a instalar, antes da montagem e após a sua colocação. Antes das condutas serem colocadas em serviço, devem ser limpas e desinfectadas com uma solução concentrada de desinfectante (a qual é definida em função do tempo de contacto com a água). Idealmente, as condutas não devem entrar em serviço normal, embora colocadas em carga, antes de serem conhecidos os resultados do controlo microbiológico.

Para além das acções atrás mencionadas, a EG deve ainda implementar o seguinte controlo analítico:

- Avaliar com regularidade (idealmente, uma vez por dia) o teor de desinfectante residual livre em vários pontos, como por exemplo nos extremos da rede, nas zonas elevadas e nas zonas de baixo consumo, para, caso necessário, proceder ao reajustamento do doseamento de desinfectante no reservatório.
- Realizar análises regulares (é conveniente uma frequência mínima semanal) aos parâmetros turvação, pH, temperatura, condutividade, ferro, bactérias coliformes, *E. coli* e número de colónias a 22°C e a 37°C.



## 5 MATERIAIS E PRODUTOS QUÍMICOS EM CONTACTO COM A ÁGUA

Conforme estipulado no artigo 21.º do DL, que fez a transposição para o direito interno do artigo 10.º da Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, os materiais utilizados nos sistemas de abastecimento que estejam em contacto com a água para consumo humano e os produtos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano, bem como quaisquer impurezas que eventualmente possuam, não podem provocar alterações na qualidade da água que implique redução do nível de protecção da saúde humana.

A publicação da Directiva evidenciou a necessidade de um procedimento para a selecção dos materiais de construção e dos produtos químicos utilizados, de modo a garantir um nível de protecção da saúde humana idêntico em todos os países da UE.

Da Directiva decorre que cada Estado-membro deve dispor de um sistema formal de aprovação dos materiais de construção e produtos químicos em contacto com a água para consumo humano – Esquema de Aprovação Nacional, mas não dá orientações para o estabelecimento de tal esquema.

Em Portugal não existe qualquer esquema de aprovação ou certificação nesta área, tendo o IRAR, por esta razão, criado um grupo de trabalho com o intuito de estabelecer um conjunto de critérios a adoptar num esquema de aprovação nacional que deverá ser tido em conta pela EG, aquando da aquisição dos materiais e dos produtos químicos em contacto com a água. De acordo com o DL, a autoridade competente deve criar o esquema de aprovação nacional no prazo de um ano a contar da data da sua entrada em vigor, ou seja, a 1 de Janeiro de 2009.

Enquanto não se verificar a criação do esquema de aprovação nacional a promover pelo IRAR, recomenda-se às entidades gestoras que tenham em conta os seguintes procedimentos:

- Identificar todo o tipo de material em contacto com a água, relativo, entre outros, a tubagens, acessórios, materiais de construção e revestimentos dos tanques ou dos reservatórios.
- Solicitar aos fornecedores um certificado de lote que ateste a conformidade do material com as especificações

das normas europeias e/ou a marca CE para materiais em contacto com a água para consumo humano.

- Seleccionar, preferencialmente, materiais certificados por organismos europeus reconhecidos para o efeito.
- Na aquisição de tubagens em PVC, dar especial atenção aos dados das especificações sobre a migração máxima do monómero para a água, de modo a cumprir com os limites especificados no DL para o parâmetro cloreto de vinilo.
- Na aquisição de tintas ou resinas para revestimento de tanques ou reservatórios, solicitar ao fornecedor a indicação da composição química do produto. Se o produto incluir epicloridrina na sua composição química, ter especial atenção com os dados das especificações sobre a migração máxima do monómero para a água, de modo a cumprir com os limites especificados no DL para o parâmetro epicloridrina.

Relativamente aos produtos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano, estes devem estar de acordo com as normas europeias, devendo a EG confirmar que os fornecedores ou fabricantes agem em conformidade com essas normas.

Sobre este assunto, aconselha-se a implementação do disposto na Recomendação IRAR n.º 02/2006, intitulada “Boas práticas na aquisição de produtos utilizados no tratamento da água”, disponível no sítio do IRAR ([www.irar.pt](http://www.irar.pt)).

No Anexo III é apresentada uma lista para o controlo expedito, aquando da recepção dos reagentes mais utilizados no tratamento da água.

## ANEXOS

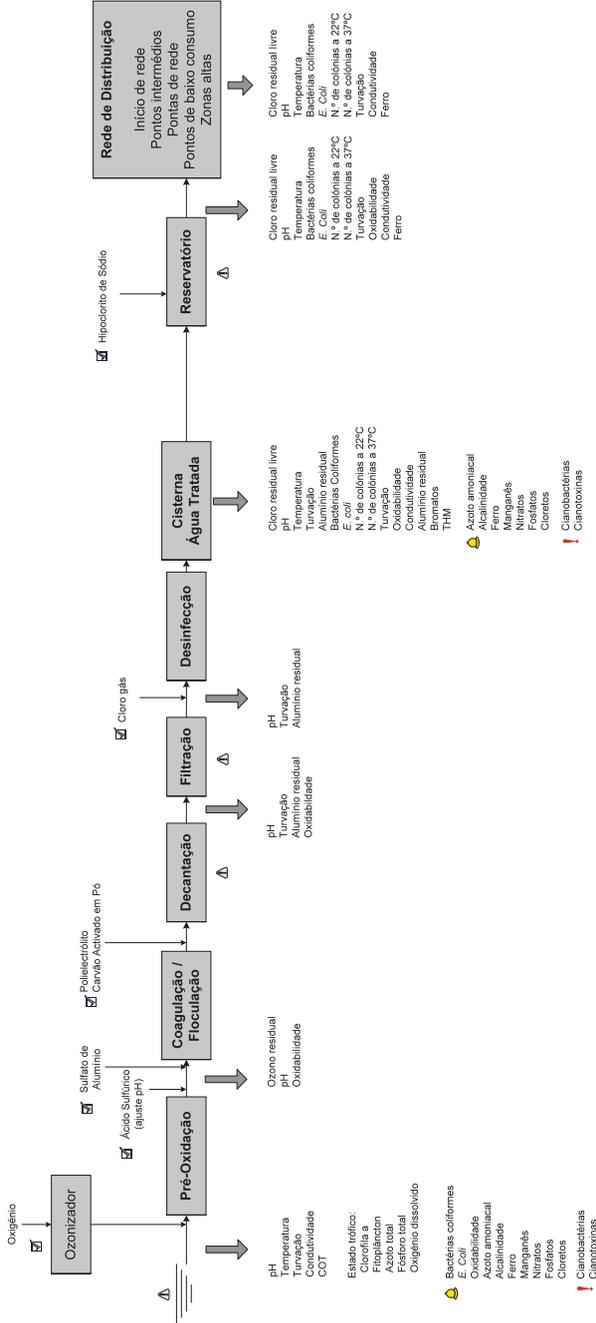
---



**ANEXO 1**  
**PCO aplicado a três situações concretas**



## Exemplo 1: Água superficial



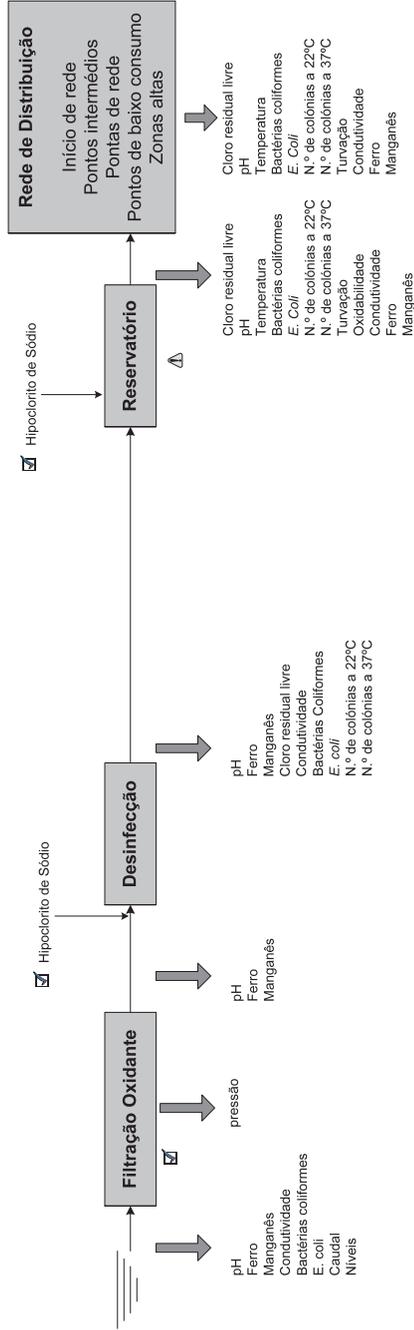
**Legenda:** Caso sejam considerados parâmetros de controlo críticos na caracterização da qualidade da água

Verificar equipamento e doseamento

Caso ocorram episódios de fluorescências de cianobactérias

**Nota:** A frequência de amostragem deve ser estabelecida em função do histórico da qualidade da água e dos factores de risco identificáveis

## Exemplo 2: Água subterrânea com excesso de ferro e manganês

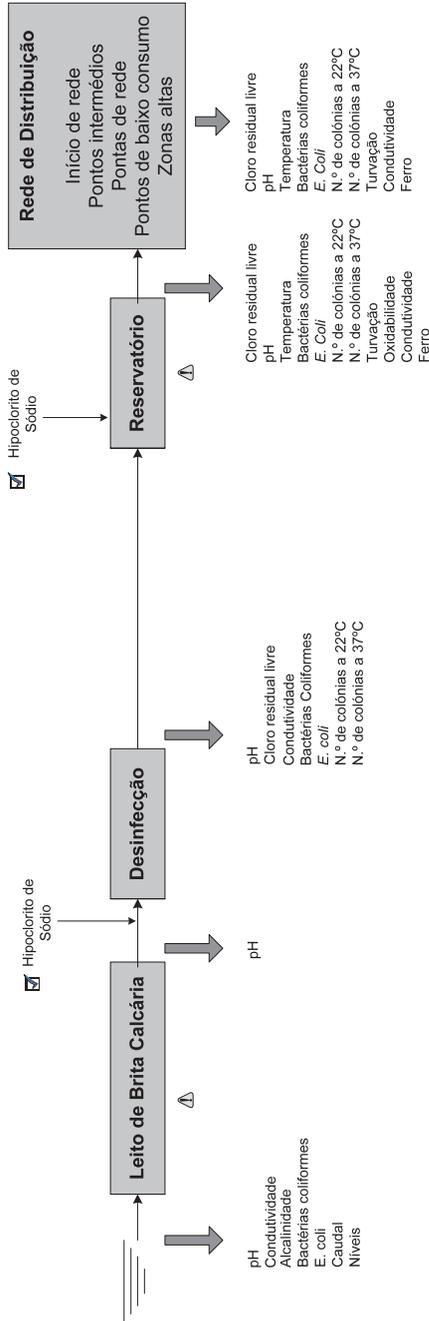


Legenda:  Inspeção visual

Verificar equipamento e doseamento

Nota: A frequência de amostragem deve ser estabelecida em função do histórico da qualidade da água e dos factores de risco identificáveis

### Exemplo 3: Água subterrânea agressiva



Legenda: Δ Inspeção visual

☑ Verificar equipamento e doseamento

Nota: A frequência de amostragem deve ser estabelecida em função do histórico da qualidade da água e dos factores de risco identificáveis



## **ANEXO 2**

### **Exemplos de cálculos a efectuar para o controlo do doseamento dos reagentes**



## EXEMPLO 1: CONTROLO DO DOSEAMENTO DE SULFATO DE ALUMÍNIO

A dose de sulfato de alumínio (produto comercial) é geralmente determinada através da realização de um ensaio de Jar-test.

Supondo que no ensaio de *Jar-test* a dosagem de sulfato de alumínio com melhores resultados foi de 30 ppm (30 mg do produto num copo com um litro de água a tratar) e que o caudal de água a tratar na ETA é 70 m<sup>3</sup>/h, os cálculos a efectuar são os seguintes:

$$70 \text{ m}^3/\text{h} \times 30 \text{ g/ m}^3 = 2100 \text{ g/h}$$

ou seja, a quantidade de produto a adicionar é 2,1 kg/h.

### Sulfato de alumínio líquido

Sabendo que a densidade do sulfato de alumínio líquido é 1,33, para saber qual o caudal da solução necessário para dosear a quantidade de sulfato de alumínio acima determinada devem ser realizados os seguintes cálculos:

1L sulfato de alumínio líquido — 1,33 kg sulfato de alumínio líquido

x L sulfato de alumínio líquido — 2,10 kg sulfato de alumínio líquido

a que corresponde um caudal a dosear de 1,6 L/h.

### Sulfato de alumínio sólido

Como não se pode aplicar directamente na água a tratar sulfato de alumínio na forma sólida, é necessário preparar uma solução. A escolha da concentração da solução de sulfato de alumínio a preparar vai depender das condicionantes de cada sistema (caudais das bombas instaladas, dosagem de produto pretendida e caudais da água a tratar).

Para efeito de cálculo, admite-se que a concentração da solução de sulfato de alumínio a dosear é de 50 g/L. Assim, para saber qual o caudal da solução necessário para dosear a quantidade de sulfato de alumínio pretendida (2100 g/h), devem ser realizados os seguintes cálculos:

1 L solução — 50 g sulfato de alumínio sólido

x L solução — 2100 g sulfato de alumínio sólido

a que corresponde um caudal a dosear de 42 L/h.

Sempre que a gama de funcionamento das bombas não permitir o doseamento pretendido, é necessário proceder ao ajuste da concentração da solução a dosear. Assim, sabendo o caudal de solução que se pode aplicar e a quantidade de produto comercial necessária, determina-se a concentração da solução a preparar.

Por exemplo, admitindo que o caudal máximo que a bomba debita é 35 L/h, e que o caudal de funcionamento é 30 L/h (para evitar que a bomba esteja a trabalhar na sua capacidade máxima), a concentração da solução a preparar é dada por:

30 L solução a dosear ————— 2100 g sulfato de alumínio sólido

1 L solução a dosear ————— x g sulfato de alumínio sólido

ou seja, a solução de sulfato de alumínio a dosear deve ser preparada com uma concentração de 70 g/L.

## EXEMPLO 2: CONTROLO DO DOSEAMENTO DE POLIELECTRÓLITO

À semelhança do exemplo dado para o sulfato de alumínio, a dose de polielectrólito é geralmente determinada através da realização de um ensaio *Jar-test*.

Supondo que no ensaio de *Jar-test* a dosagem de polielectrólito com melhores resultados foi de 0,1 ppm (0,1 mg do produto num litro de água a tratar) e que o caudal de água a tratar na ETA é 70 m<sup>3</sup>/h, os cálculos a efectuar são os seguintes:

### 1.º Controlo preventivo da acrilamida residual na água tratada

Da especificação técnica do produto, sabe-se que 1 kg de produto tem no máximo 200 mg de acrilamida residual. Então, para saber a concentração máxima de acrilamida residual num litro de água a tratar, devem ser realizados os seguintes cálculos:

1 mg produto ————— 0,200 µg acrilamida

0,1 mg produto ————— x µg acrilamida

a que corresponde uma concentração máxima de acrilamida residual na água tratada de 0,020 µg/L. Como este valor é inferior ao VP estabelecido no DL (0,10 µg/L), pode ser aplicado o doseamento de polielectrólito pretendido.

## 2.º Cálculos a efectuar para o doseamento do polielectrólito

Como não se pode aplicar directamente na água a tratar o polielectrólito na forma sólida, é necessário preparar uma solução. Sabe-se da literatura que a concentração da solução de polielectrólito a preparar não deve ser superior a 5 g/L e que, quanto mais concentrada for a solução, maior é o problema de dissolução do polielectrólito, a probabilidade de formação de grumos e a viscosidade da solução. Assim, a escolha da concentração da solução de polielectrólito a preparar vai depender das condicionantes de cada sistema (caudais das bombas instaladas, dosagem de produto pretendida e caudais da água a tratar). Para efeito de cálculo, assume-se que a concentração da solução de polielectrólito a dosear é de 1 g/L.

Para aplicar 0,1 ppm de polielectrólito à água a tratar, a quantidade de produto a adicionar é:

$$70 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,1 \text{ g/ m}^3 = 7 \text{ g/h}$$

Assim, para saber qual o caudal da solução necessário para dosear 7 g/h de polielectrólito, devem ser realizados os seguintes cálculos:

$$1 \text{ L solução} \text{ ————— } 1 \text{ g polielectrólito}$$

$$x \text{ L solução} \text{ ————— } 7 \text{ g polielectrólito}$$

a que corresponde um caudal a dosear de 7 L/h.

Sempre que a gama de funcionamento das bombas não permitir o doseamento pretendido, é necessário proceder ao ajuste da concentração da solução a dosear. Assim, sabendo o caudal de solução que se pode aplicar e a quantidade de produto necessária, determina-se a concentração da solução a preparar.

Por exemplo, admitindo que o caudal máximo que a bomba debita é 7 L/h, e que o caudal de funcionamento é 6 L/h (para evitar que a bomba esteja a trabalhar na sua capacidade máxima), a concentração da solução a preparar é dada por:

$$6 \text{ L solução a dosear} \text{ ————— } 7 \text{ g polielectrólito}$$

$$1 \text{ L solução a dosear} \text{ ————— } x \text{ g polielectrólito}$$

ou seja, a solução de polielectrólito a dosear deve ser preparada com uma concentração de 1,2 g/L.

### EXEMPLO 3: CONTROLO DO DOSEAMENTO DE CARVÃO ACTIVADO EM PÓ

A dose de carvão activado é geralmente definida em função das características da água a tratar, nomeadamente, dos poluentes que se pretendem remover.

Para efeito de cálculo, assume-se que se pretende adicionar 10 ppm (10 mg de carvão activado num litro de água a tratar) e que o caudal é 70 m<sup>3</sup>/h.

Como não se pode aplicar o carvão activado em pó directamente na água a tratar, é necessário preparar uma suspensão. A escolha da concentração da suspensão de carvão activado a preparar vai depender das condicionantes de cada sistema (sedimentação na tubagem, caudais das bombas instaladas, dosagem de produto pretendida e caudais da água a tratar). Para efeito de cálculo, assume-se que a concentração da suspensão de carvão activado a dosear é de 15 g/L.

Para aplicar 10 ppm de carvão activado à água a tratar, a quantidade de produto a adicionar é:

$$70 \text{ m}^3/\text{h} \times 10 \text{ g/ m}^3 = 700 \text{ g/h}$$

Assim, para saber qual o caudal da suspensão necessário para dosear 700 g/h de carvão activado, devem ser realizados os seguintes cálculos:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ L suspensão} \text{ ————— } 15 \text{ g carvão activado} \\ x \text{ L suspensão} \text{ ————— } 700 \text{ g carvão activado} \end{array}$$

a que corresponde um caudal a dosear de 46,7 L/h.

Sempre que a gama de funcionamento das bombas não permitir o doseamento pretendido, é necessário proceder ao ajuste da concentração da suspensão a dosear. Assim, sabendo o caudal de suspensão que se pode aplicar e a quantidade de produto comercial necessária, determina-se a concentração da suspensão a preparar.

Por exemplo, admitindo que o caudal máximo que a bomba debita é 45 L/h, e que o caudal de funcionamento é 40 L/h (para evitar que a bomba esteja a trabalhar na sua capacidade máxima), a concentração da suspensão a preparar é dada por:

$$\begin{array}{l} 40 \text{ L suspensão a dosear} \text{ ————— } 700 \text{ g carvão activado} \\ 1 \text{ L suspensão a dosear} \text{ ————— } x \text{ g carvão activado} \end{array}$$

ou seja, a suspensão de carvão activado a dosear deve ser preparada com uma concentração de 17,5 g/L.

## EXEMPLO 4: CONTROLO DO DOSEAMENTO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO

A dose de hipoclorito de sódio é geralmente definida em função do teor de cloro residual livre que se pretende.

Para efeito de cálculo, assume-se que se pretende dosear 2 ppm (2 mg de cloro num litro de água a tratar) e que o caudal de água a tratar é 70 m<sup>3</sup>/h.

Assim, para aplicar 2 ppm de cloro à água a tratar, a quantidade de cloro a adicionar é:

$$70 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ g/ m}^3 = 140 \text{ g/h}$$

### ■ Hipoclorito de sódio “puro”<sup>10</sup>

Sabendo que o hipoclorito de sódio é fornecido sob a forma de solução aquosa com uma concentração em cloro activo até 160 g/L, para saber qual o caudal da solução necessário para dosear 140 g/h de cloro, devem ser realizados os seguintes cálculos:

1 L hipoclorito de sódio “puro” ————— 160 g cloro activo  
x L hipoclorito de sódio “puro” ————— 140 g cloro activo  
a que corresponde um caudal a dosear de 0,88 L/h.

### ■ Hipoclorito de sódio diluído

Supondo que é necessário preparar uma solução a 10% numa cuba de 100L (10L hipoclorito de sódio “puro” + 90L de água), e que o caudal de hipoclorito de sódio “puro” a dosear é 0,88 L/h, os cálculos a realizar são os seguintes:

100 L solução a 10% ————— 10 L hipoclorito de sódio  
“puro”  
x L solução a 10% ————— 0,88 L hipoclorito de sódio  
“puro”

a que corresponde um caudal a dosear de 8,8 L/h.

Sempre que a gama de funcionamento das bombas não permitir o doseamento pretendido, é necessário proceder ao ajuste da concentração da solução a dosear. Assim, sabendo o caudal de

---

<sup>10</sup> “Puro”: solução comercial com 13% de cloro activo.

solução que se pode aplicar e a quantidade de cloro necessária, determina-se a concentração da solução a preparar.

Por exemplo, admitindo que o caudal máximo que a bomba debita é 5 L/h, e que o caudal de funcionamento é 4,5 L/h (para evitar que a bomba esteja a trabalhar na sua capacidade máxima), para saber qual a concentração da solução a preparar devem ser realizados os seguintes cálculos:

4,5 L solução a x % ————— 0,88 L hipoclorito de sódio  
“puro”

100 L solução a x % ————— x L hipoclorito de sódio  
“puro”

ou seja, a solução de hipoclorito de sódio a dosear deve ser preparada com uma concentração de 19,3%. Para uma maior facilidade de cálculos, deve preparar-se uma solução de hipoclorito de sódio com uma concentração de 20% (20L hipoclorito de sódio “puro” + 80L de água).

Assim, o caudal da solução necessário para dosear 2 mg/L de cloro é dado por:

100 L solução a 20% ————— 20 L hipoclorito de sódio  
“puro”

x L solução a 20% ————— 0,88 L hipoclorito de sódio  
“puro”

a que corresponde um caudal a dosear de 4,4 L/h.

## **ANEXO 3**

### **Controlo expedito na recepção dos reagentes**



Apresenta-se na tabela seguinte um resumo dos métodos de controlo expedito para os reagentes mais utilizados no tratamento da água de consumo:

Reagente	Utilizações	Testes	Critério de aceitação
Permanganato de potássio $\text{KMnO}_4$	Oxidação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Densidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cristal púrpura com um brilho metálico azul, inodoro</li> <li>■ 2700 kg/m<sup>3</sup> a 20°C</li> </ul>
Ácido sulfúrico $\text{H}_2\text{SO}_4$	Correcção de pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Densidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incolor a castanho, viscoso, com um odor levemente picante</li> <li>■ Solução 98%: 1,84 a 20°C</li> </ul>
Ácido clorídrico $\text{HCl}$	Correcção de pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Densidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Límpido, incolor a amarelo claro, com um odor acre. O produto deve estar isento de partículas sólidas</li> <li>■ Solução a 33%: <math>\geq 1,16</math> a 20°C</li> </ul>
Sulfato de alumínio Líquido $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Coagulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Densidade</li> <li>■ pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Límpido, incolor a castanho claro, ligeiramente viscoso</li> <li>■ 1,28 – 1,33 a 20°C</li> <li>■ 1,8 – 2,8</li> </ul>
Sulfato de alumínio Sólido $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Coagulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Massa específica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sólido branco, pulverulento</li> <li>■ 1 kg/m<sup>3</sup></li> </ul>
Cloreto férrico $\text{FeCl}_3$	Coagulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Densidade</li> <li>■ pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Amarelo acastanhado a ligeiramente cor de laranja, com um odor irritante</li> <li>■ Solução 42%: 1,42 a 20°C</li> <li>■ Solução 42%: 1-2</li> </ul>
Poliacrilamidas $(\text{C}_3\text{H}_5\text{NO})_n$	Adjuvante de floculação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Massa específica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sólido branco ou “branco sujo”, sob a forma de grânulos, flocos ou pó. O produto não deve conter qualquer matéria estranha visível.</li> <li>■ 600 a 900 kg/m<sup>3</sup></li> </ul>

Reagente	Utilizações	Testes	Critério de aceitação
Policloreto de alumínio $\text{Al}(\text{OH})_a\text{Cl}_b$ (sendo $a + b = 3$ e $a > 1,5$ )	Coagulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Densidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incolor a amarela</li> <li>■ Solução 9,5% (m/m) Al: 1,35 a 1,40</li> </ul>
Carvão activado, em pó ou granulado C (elementar)	Adsorção	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Massa específica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sólido preto</li> <li>■ 250 – 600 <math>\text{kg/m}^3</math></li> </ul>
Hidróxido de cálcio ou cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Correcção de pH Amaciamento Controlo de corrosão	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Massa específica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pó branco</li> <li>■ 2200 <math>\text{kg/m}^3</math> a 20°C</li> </ul>
Carbonato de sódio $\text{Na}_2\text{CO}_3$	Correcção de pH Amaciamento Controlo de corrosão	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Massa específica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pó branco ou formado por cristais brancos, ligeiramente higroscópicos.</li> <li>■ 800 a 1200 <math>\text{kg/m}^3</math> (denso); 500 a 650 <math>\text{kg/m}^3</math> (leve)</li> </ul>
Hidróxido de sódio ou soda caustica NaOH	Correcção de pH Amaciamento Controlo de corrosão	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Densidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Límpido a ligeiramente turvo. O produto deve estar isento de partículas sólidas</li> <li>■ Solução a 50%: 1,52 a 20°C</li> </ul>
Hipoclorito de sódio NaClO	Desinfecção Oxidação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual</li> <li>■ Densidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solução amarelo-esverdeada com um ligeiro odor a cloro. O produto deve estar isento de depósitos visíveis ou matérias em suspensão</li> <li>■ Solução até 15%: 1,13 a 1,28 a 20°C</li> </ul>

A EG deve verificar as embalagens/recipientes/autotanques onde os produtos são fornecidos, de forma a confirmar que os mesmos se destinam apenas à utilização de produtos para tratamento de água destinada ao consumo humano.



