



INDICADORES DE DESEMPENHO PARA ETA – TESTE E VALIDAÇÃO NUM CASO DE ESTUDO

Paula VIEIRA (1), Catarina SILVA (2), Maria João ROSA (3), Helena ALEGRE (4),
Helena LUCAS (5), Rui SANCHO (6), Pedro RAMALHO (7)

Resumo

A utilização de metodologias de avaliação de desempenho, em particular de indicadores de desempenho (ID), constitui uma ferramenta fundamental para as entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água cujo objectivo de gestão seja a prestação de um serviço de boa qualidade, fazendo um uso eficiente dos recursos disponíveis em termos tecnológicos, humanos, ambientais e financeiros.

Desde 2006 que o LNEC, em colaboração com a Águas do Algarve, S.A. (AdA), tem vindo a desenvolver um sistema de ID para estações de tratamento de água para consumo humano (ETA) que já foi aplicado e testado em vários casos de estudo da AdA. Nesta comunicação apresentam-se os resultados da aplicação dos ID à ETA de Alcantarilha para o período de 2003 a 2006.

Os resultados obtidos demonstram que o sistema de ID traduz o desempenho global da estação de tratamento, é sensível a alterações neste desempenho e permite identificar as causas dessas alterações. Em geral, o desempenho da ETA de Alcantarilha melhorou durante o período estudado.

Palavras-chave: tratamento de água, avaliação de desempenho, indicadores.

¹Eng.^a Química, Mestre em Engenharia Sanitária, Assistente de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, pvieira@lnec.pt

²Eng.^a do Ambiente, Bolseira de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, csilva@lnec.pt

³Eng.^a Química, Doutorada em Engenharia Química, Investigadora Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, mjrosa@lnec.pt

⁴Eng.^a Civil, Doutorada em Engenharia Civil, Investigadora Principal Habilitada do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, halegre@lnec.pt

⁵Eng.^a do Ambiente, Directora de Operações - Água da Águas do Algarve, SA, R. do Repouso 10, 8000-302 Faro, h.lucas@aguasdoalgarve.pt

⁶Eng.^o Biotecnólogo, Responsável de Tratamento Água – Barlavento, R. do Repouso 10, 8000-302 Faro, r.sancho@aguasdoalgarve.pt

⁷Eng.^o do Ambiente, Bolseiro de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, pramalho@lnec.pt



1. INTRODUÇÃO

É actualmente reconhecido que a utilização de metodologias de avaliação de desempenho, em particular de indicadores de desempenho (ID), constitui uma ferramenta fundamental para as entidades gestoras (EG) dos sistemas de abastecimento de água cujo objectivo de gestão seja a prestação de um serviço de boa qualidade, fazendo um uso eficiente dos recursos disponíveis em termos tecnológicos, humanos, ambientais e financeiros (e.g., Cabrera e Pardo, 2008). O facto de a avaliação de desempenho proporcionar um mecanismo de auto-diagnóstico do sistema, de suportar a definição de prioridades de actuação e de permitir a avaliação dessas acções é uma vantagem evidente para a entidade gestora a nível interno, podendo dizer-se que é uma peça-chave em todo o processo de optimização da gestão dos sistemas. Os resultados deste processo interno podem, adicionalmente, ser utilizados nas relações externas da EG com outras EG, com os consumidores, com outros utilizadores indirectos, com entidades financiadoras, com entidades reguladoras e com a administração local, regional e nacional para demonstração do nível de serviço efectivamente prestado.

Desde 2006 que o LNEC, em colaboração com a Águas do Algarve, S.A. (AdA), tem vindo a desenvolver um sistema de ID para estações de tratamento de água para consumo humano (ETA). Em Vieira *et al.* (2006) foi apresentada a proposta inicial para esse sistema, que, posteriormente, sofreu já algumas reformulações (Vieira *et al.*, 2007) na sequência da sua aplicação e teste em vários casos de estudo (ETA à escala real). Nesta comunicação apresentam-se os resultados da aplicação dos ID à ETA de Alcantarilha (AdA) para o período de 2003 a 2006.

Este trabalho tem sido discutido em fóruns internacionais (Vieira *et al.*, 2008a, 2008b) e enquadra-se nos projectos *POCI/ECM/57909/2004 – Avaliação de desempenho de Estações de Tratamento de Água e de Estações de Tratamento de Águas Residuais* (Fundação para a Ciência e Tecnologia; 2005-2009) e *ETA21 – Estudos de avaliação de desempenho e de optimização das estações de tratamento de água* (Águas do Algarve, S.A.; 2007-2008) que pretendem, entre outros objectivos, desenvolver e validar um Sistema de Avaliação de Desempenho de ETA. Este sistema contempla, para além da componente aqui apresentada de Avaliação de Desempenho Global, uma componente de Avaliação de Desempenho Operacional que será apresentada noutra comunicação a este ENaSB (Vieira *et al.*, 2008c).

2. O SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O sistema de indicadores de desempenho desenvolvido é dirigido ao apoio à decisão a um nível de gestão técnica dentro da entidade gestora. Adopta, por isso, a abordagem do sistema de indicadores da *International Water Association* (Alegre *et al.*, 2006) e segue os princípios estabelecidos nas normas ISO 24500 (ISO/DIS24510, 2007; ISO/DIS24512, 2007).

De modo a incorporar, numa fase o mais precoce possível, os pontos de vista, as necessidades e a experiência prática de um potencial utilizador dos ID e a ter em consideração a disponibilidade de dados na rotina de operação de uma ETA, este



processo de definição de indicadores foi desenvolvido em colaboração com uma entidade gestora que tem sob sua responsabilidade a gestão e operação de quatro ETA de características diversas – a empresa Águas do Algarve, S.A..

O conjunto de indicadores integra um total de *ca.* 80 indicadores, agrupados em sete domínios de avaliação de desempenho: *qualidade da água tratada; eficiência e fiabilidade da ETA; utilização de água, energia e materiais; gestão de subprodutos; segurança; recursos humanos e recursos económico-financeiros.*

A estrutura do sistema de ID é apresentada no Quadro 1, sendo a caracterização pormenorizada de cada indicador feita em Vieira *et al.* (2007) através de fichas individuais, das quais consta a seguinte informação para cada indicador: objectivo, código e designação, domínio de avaliação de desempenho em que se enquadra, expressão de cálculo, unidades em que deve ser expresso, período de avaliação recomendado, aspectos a ter em consideração no cálculo e na análise de resultados.

O sistema de ID foi concebido e estruturado de modo a ser o mais universal possível, para que seja aplicável a qualquer ETA e tenha utilidade para qualquer entidade gestora independentemente dos seus objectivos. Assim, o conjunto de *ca.* 80 indicadores pretende ser um *portfolio* de ID, que serão implementados na totalidade, mas mais frequentemente, parcialmente, sendo seleccionados de acordo com os objectivos específicos de cada entidade gestora e atendendo à disponibilidade de dados em cada caso.

Quadro 1 – Sistema de Indicadores de Desempenho para Estações de Tratamento de Água

Domínio de avaliação	N.º de ID	Código do ID	Objectivo
Qualidade da água tratada	8	WQ	Avaliar o desempenho em termos do cumprimento dos critérios de qualidade estabelecidos pela entidade gestora para a água à saída da ETA e em termos da capacidade da ETA para produzir uma água que terá as características adequadas no ponto de consumo
Eficiência e fiabilidade da ETA	35	ER	Avaliar o desempenho em termos de robustez tecnológica da ETA e da sua flexibilidade para responder a variações na qualidade e quantidade da água bruta
Utilização de água, energia e materiais	7	RU	Avaliar a eficiência de utilização dos <i>inputs</i> da ETA: energia, água e produtos químicos
Gestão de subprodutos	7	BP	Avaliar o desempenho em termos do nível de produção de resíduos e de águas residuais de processo, potenciais causadores de impactes negativos no ambiente, assim como a adequação das práticas adoptadas na sua gestão
Segurança	3	S	Avaliar o desempenho em termos de segurança da ETA e em termos de segurança ambiental
Recursos humanos	8	Pe	Avaliar o desempenho em termos de disponibilidade, adequação da qualificação académica e profissional, formação, absentismo e horas extraordinárias dos recursos humanos afectos à ETA
Recursos económico-financeiros	9	Fi	Avaliar o desempenho em termos de custos correntes e de custos de capital

3. APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO

3.1 Descrição do caso de estudo – ETA de Alcantarilha

A ETA de Alcantarilha é explorada pela AdA, findo o seu período de construção (ano 2000) e é a ETA do sistema de abastecimento de água do Algarve com maior capacidade nominal de tratamento, situando-se a 12 km da albufeira do Funcho (43 hm³ de capacidade máxima de armazenamento, 212 km² de área da bacia hidrográfica), que constitui a sua origem de água. Por motivos associados à gestão integrada dos recursos hídricos disponíveis na região, a esta ETA pode também ser aduzida água subterrânea proveniente do Aquífero Querença-Silves, através de captações disponibilizadas pelo Perímetro de Rega do Vale da Vila. A capacidade máxima de produção de água potável da estação é de 259.000 m³/dia que corresponde a um caudal nominal de 3 m³/s, equivalente a uma população de 620.000 habitantes para o horizonte temporal de 2025. A flexibilidade necessária para fazer face à acentuada sazonalidade do consumo de água tratada é proporcionada por três linhas de tratamento em paralelo, cada uma com uma capacidade nominal de 1 m³/s. A água bruta é transportada graviticamente desde a albufeira do Funcho até à ETA e a água tratada é elevada desde a ETA até aos pontos de entrega (reservatórios).

A sequência de tratamento instalada na ETA de Alcantarilha (Figura 1) corresponde a um tratamento convencional de água superficial e consiste em pré-oxidação com ozono, adsorção com carvão activado em pó, coagulação com um policloreto de alumínio de elevada basicidade, floculação (com adição de poliácridamida, quando necessário), decantação, filtração rápida em areia e desinfecção final com cloro líquido evaporado. Na mistura rápida pode também ser adicionado permanganato de potássio, quando existe excesso de manganês na água bruta.

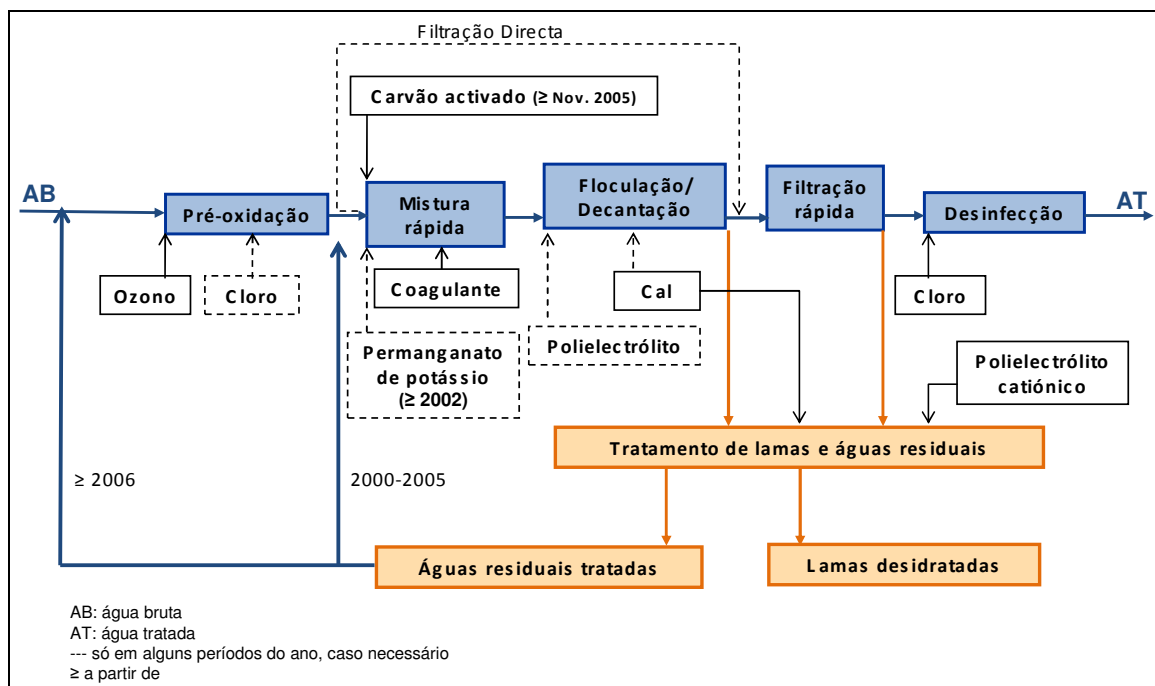


Figura 1 – Esquema geral de tratamento da ETA de Alcantarilha

As águas residuais do processo de tratamento (correspondentes às lamas produzidas nos decantadores-espessadores, à água de lavagem dos filtros e ao filtrado da desidratação de lamas) são totalmente recuperadas. As lamas resultantes



do processo de tratamento são condicionadas com adição de suspensão de leite de cal e de polielectrólito catiónico. As lamas condicionadas são desidratadas mecanicamente em filtros prensa, armazenadas temporariamente e posteriormente transportadas a destino final adequado ou valorizadas. As águas residuais de processo são reintroduzidas na linha líquida de tratamento (até 2005, na mistura rápida; a partir de 2005, na entrada de água bruta).

3.2 Aplicação de um conjunto de ID à ETA de Alcantarilha

De modo a testar o sistema de ID, aplicou-se à ETA de Alcantarilha um conjunto de 53 ID (ca. 70% do total), tendo sido estudados seis domínios de avaliação: foram calculados 8 WQ, 30 ER, 2 RU, 3 BP, 2 S e 8 Pe. Nesta comunicação apresentam-se resultados de somente alguns destes ID, seleccionados pelo seu interesse e/ou variação temporal.

Os cálculos foram feitos para 2003-2006. O período de análise para a maioria dos ID foi um ano. No entanto, quando a disponibilidade de dados o permitiu, o cálculo foi feito, adicionalmente, para as alturas de maior e de menor produção da ETA, de modo a estudar a influência das variações sazonais no desempenho global da estação.

3.3 Resultados e discussão

Apresentam-se os resultados organizados por domínio de avaliação.

3.3.1 Qualidade da água tratada

Na Figura 2 apresentam-se os resultados relativos ao domínio de avaliação *Qualidade da água tratada*.

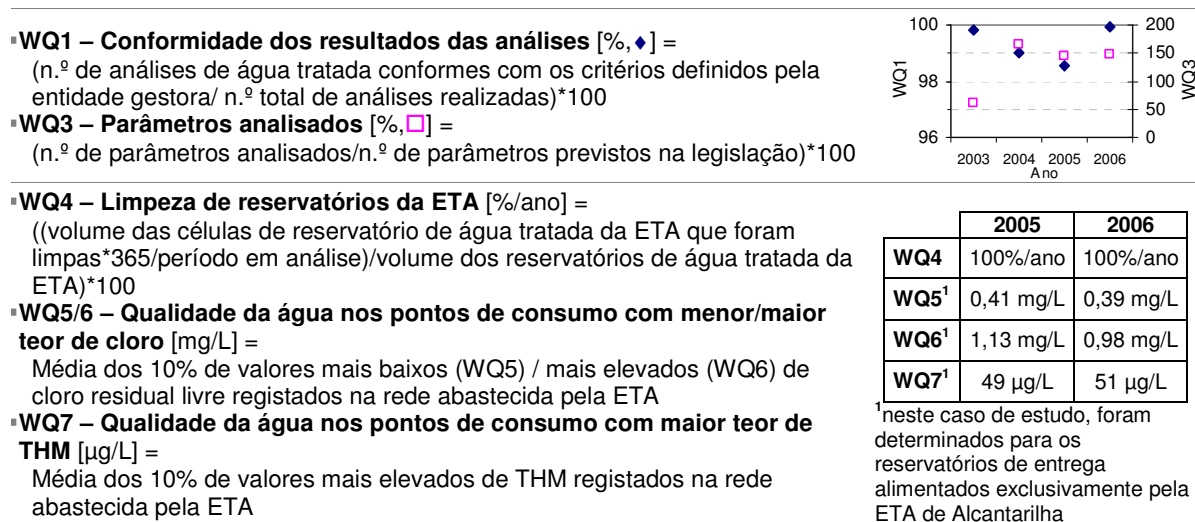


Figura 2 – Resultados dos ID do domínio *Qualidade da água tratada*

O indicador *WQ1 – Conformidade dos resultados das análises* avalia o desempenho da ETA em termos da conformidade da qualidade da água tratada (à saída da ETA) com critérios pré-definidos. Neste caso, os critérios considerados corresponderam aos requisitos da legislação para a água para consumo humano (na torneira do



consumidor). Este indicador revela níveis elevados de conformidade, variando de 98,5% a 99,9% do total de análises realizadas. O valor mais baixo foi observado em 2005 (ano de seca acentuada), durante o qual a ETA de Alcantarilha tratou água subterrânea ou uma mistura de água subterrânea e superficial. Esta alteração do modo de operação da estação afectou, por vezes, negativamente a qualidade da água, nomeadamente em relação aos parâmetros manganês, alumínio, bactérias coliformes e bromato.

Em 2003, nem todos os parâmetros obrigatórios por lei para a água na torneira do consumidor foram analisados na água tratada à saída da ETA. No entanto, nos anos seguintes a ETA implementou um plano de controlo de água tratada mais exigente do que a própria legislação para água na torneira do consumidor, como demonstrado pelos valores de *WQ3 - parâmetros analisados* superiores a 100% (145-167%), o que denota a grande preocupação da EG com o controlo de qualidade da água tratada, também em parâmetros não previstos na lei, mas considerados contaminantes emergentes (pela sua perigosidade e/ou resistência ao tratamento).

O indicador *WQ4 – Limpeza dos reservatórios da ETA* (reservatórios de água tratada) permitiu avaliar a existência de condições que minimizem o risco de degradação da qualidade da água tratada no sistema de distribuição a jusante da ETA. Para além do indicador *WQ4*, a capacidade da ETA produzir água com qualidade adequada ao consumo humano foi avaliada pelos indicadores *WQ5 – Qualidade da água nos pontos de consumo com menor teor de cloro*, *WQ6 – Qualidade da água nos pontos de consumo com maior teor de cloro* e *WQ7 – Qualidade da água nos pontos de consumo com maior teor de THM*. Os resultados (Figura 2) mostram que os reservatórios foram limpos uma vez por ano (*WQ4* = 100%), que o teor de THM nos pontos de entrega (*WQ7*) está muito abaixo do valor legislado (150 µg/L) e que as concentrações de cloro residual (*WQ5* e *WQ6*) são adequadas para distribuição em alta (em 2005, 10% acima da gama 0,2-1,0 mg/L, posteriormente estabelecida na Especificação de Requisitos de Produto ERP 5001/1 de 2007, revista em Janeiro de 2008 para ERP 5001/2 de 2008).

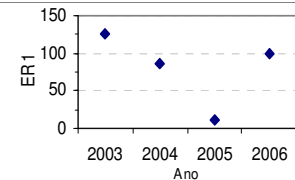
3.3.2 Eficiência e fiabilidade da ETA

A ETA de Alcantarilha foi concebida para ser abastecida por água superficial da albufeira do Funcho e da albufeira de Odelouca, que se encontra actualmente em construção. A avaliação do grau de utilização da albufeira do Funcho através do indicador *ER1 – Utilização da origem da água* mostra que, em 2003, a ETA ultrapassou a disponibilidade hídrica destinada ao abastecimento (*ER1* = 127%, Figura 3), que neste caso se considerou igual ao volume contratual. Esta situação foi causada pela ausência da segunda origem de água que, quando em operação, evitará esta sobre-exploração da albufeira do Funcho. A partir de 2004, devido à seca severa, o indicador *ER1* diminuiu significativamente (86% em 2004, 11% em 2005) uma vez que o Funcho se revelou insuficiente como única origem de abastecimento da ETA. Assim, como já referido, durante este período, a ETA recorreu à água subterrânea para compensar a escassez de água superficial.



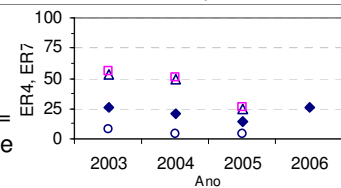
Os indicadores *ER2 – Capacidade de reserva de água bruta na ETA*, *ER4 – utilização da ETA*, *ER5 – Capacidade de reserva de água tratada na ETA* e *ER7 – Utilização da capacidade de bombeamento a montante da ETA* permitem avaliar a ETA quanto à fiabilidade em termos da capacidade de reserva das infra-estruturas existentes.

- **ER1 – Utilização da origem de água [%/ano]** =
 ((volume de água entrada na ETA*365/período em análise)/disponibilidade anual do recurso hídrico para captação)*100

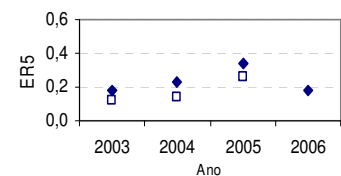


- **ER4 – Utilização da ETA [%]** =
 (volume de água tratada/capacidade volúmica máxima de tratamento)*100
 Δ: dia de produção máxima; ○: dia de produção mínima

- **ER7 – Utilização da capacidade de bombeamento a jusante da ETA [%]** =
 (volume de água tratada bombeado no dia de maior bombeamento/capacidade máxima de bombeamento de água tratada num dia)*100

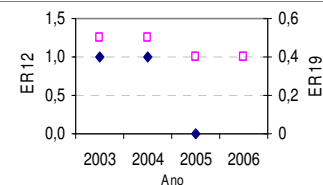


- **ER5 – Capacidade de reserva de água tratada na ETA [dia]** =
 (volume dos reservatórios de água tratada da ETA*período em análise)/volume de água tratada
 □: período de produção máxima



- **ER12 – Ajuste do tratamento à qualidade da água bruta [n.º/ano]** =
 n.º de teste jar realizados no período em análise*365/período em análise

- **ER19 – Possibilidade de doseamento de reagentes alternativos [-]** =
 n.º de sistemas de doseamento de reagentes utilizados pontualmente/n.º de sistemas de doseamento de reagentes utilizados na normal operação



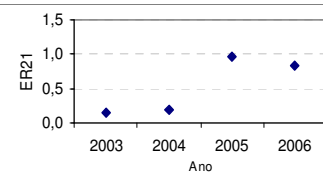
- **ER13 – Monitorização em contínuo da qualidade da água [n.º/OPU]** =
 n.º de pontos de amostragem com monitorização da qualidade da água em contínuo/(n.º de OPU da ETA+1)

- **ER17 – Monitorização da qualidade da água [n.º/OPU]** =
 n.º de pontos de amostragem para monitorização da qualidade da água/(n.º de OPU da ETA+1)

	2003-2006
ER13	0,86
ER17	0,86

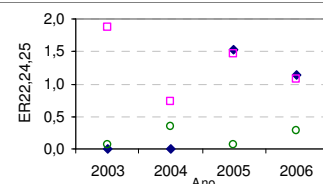
OPU: Operação/processo unitário

- **ER21 – Calibração de doseadores de reagentes [n.º/(doseador.ano)]** =
 (n.º de calibrações de doseadores de reagentes*365/período em análise)/ n.º de doseadores de reagentes



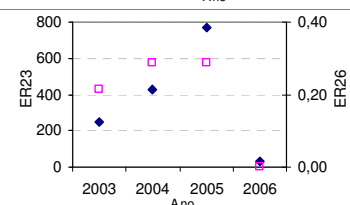
- **ER# – Inspeção de equipamento [n.º/(equipamento.ano)]** =
 (n.º de inspeções de equipamento*365/período em análise)/n.º de equipamentos

#: 22 para inspeção de bombas (□), 24 para inspeção de equipamento de transmissão de sinal (♦), 25 para inspeção de quadros eléctricos (○)



- **ER23 – Inspeção de equipamento de emergência [%/ano]** =
 ((soma da potência nominal dos equipamentos de emergência inspeccionados*365/período em análise)/potência nominal total dos equipamentos de emergência)*100

- **ER26 – Inspeção de leitos de enchimento [n.º/(filtro.ano)]** =
 (n.º de inspeções de filtros*365/período em análise)/n.º de filtros





▪ **ER# – Calibração de equipamento** $[n.^{\circ}/(\text{medidor}.\text{ano})] =$
(n.º de calibrações de medidores*365/período em análise)/n.º de medidores
#: 27 para calibração de medidores de caudal (♦), 28 para calibração de
medidores de nível de água (□), 29 para calibração de medidores de pressão
(○), 30 para calibração de medidores em linha da qualidade da água (x)

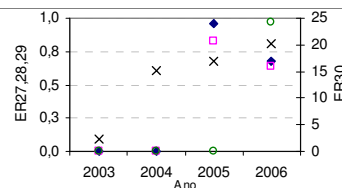
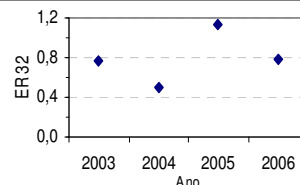


Figura 3 – Resultados dos ID do domínio *Eficiência e fiabilidade da ETA*

▪ **ER32 – Avarias em bombas** $[n.^{\circ}/(\text{bomba}.\text{ano})] =$
(n.º de avarias em bombas*365/período em análise)/n.º de bombas



▪ **ER33 – Interrupção do funcionamento da ETA** [hora/ano] =
(n.º de horas que a ETA não funcionou no período em análise*365)/período em
análise

▪ **ER34 – Paragem da ETA devido a falhas de energia** [hora/ano] =
(n.º de horas que a ETA esteve fora de serviço ou funcionou alimentada por gerador,
devido a falhas no abastecimento eléctrico*365)/período em análise

	2005	2006
ER33	13,2	16,1
ER34	13,2	9,6

Figura 3 (cont.) – Resultados dos ID do domínio *Eficiência e fiabilidade da ETA*

A inexistência de capacidade de reserva de água bruta na ETA de Alcantarilha ($ER2 = 0$) contribui para uma menor fiabilidade da estação, uma vez que a produção de água pode necessitar de ser interrompida, caso ocorra contaminação da origem de água ou alterações bruscas da qualidade da água bruta, por não existir capacidade tampão necessária à adequação das condições do tratamento para fazer face a essas alterações da água bruta. A capacidade de reserva de água tratada ($ER5$, Figura 3) permite o abastecimento de água durante 0,18-0,34 dias (ca. 4 - 8h) em caso de interrupção do funcionamento da ETA. Estes valores são ainda mais baixos (0,12 - 0,26 dias) se apenas for considerado o período de produção máxima (Verão). No entanto, como a água tratada é elevada para reservatórios do sistema de adução, é mais importante a existência de capacidade de reserva a jusante da ETA do que dentro desta. Se este aspecto for tido em consideração, a capacidade total de reserva de água tratada permite um abastecimento de 1-2 dias.

O indicador $ER4$ mostra que, durante o período analisado, a ETA de Alcantarilha esteve sobredimensionada, apresentando, em média (anual), valores inferiores a 26%, entre 26-54% no dia de produção máxima nos anos analisados e inferiores a 10% no dia de produção mínima (Figura 3). Esta variação observada entre as situações de produção máxima e mínima traduz a elevada sazonalidade associada e este sistema de abastecimento. Os valores relativamente baixos no dia de produção máxima reflectem a escassez de água na albufeira do Funcho. A variação observada entre 2003 e 2005 reflecte o período de seca (ver $ER1$). Como esperado, esta variação não foi sentida na utilização da ETA no dia de produção mínima.

O indicador $ER7$ mostra que, no período analisado, existiu uma adequada capacidade de bombeamento a jusante da ETA, verificando-se que, na situação de produção máxima (que aconteceu em 2003), apenas 56% da capacidade máxima de bombeamento dos dois adutores foi utilizada (Figura 3). A variação ao longo do período estudado (diminuição para 50% em 2004 e para 26% em 2005) segue a



diminuição da utilização da origem (ER1) e da ETA (ER4) devida à escassez de água. A comparação entre os indicadores *ER7* e *ER4* no dia de produção máxima (*ER4* ligeiramente inferior a *ER7*) mostra que a capacidade de bombeamento actualmente existente não seria suficiente para bombear imediatamente a água produzida na ETA numa situação em esta funcionasse à capacidade máxima. Neste caso, a água teria de ser armazenada nos reservatórios de água tratada localizados dentro da ETA.

No que diz respeito à continuidade da exploração da ETA, *ER11 – Período diário de funcionamento da ETA* mostra que a ETA de Alcantarilha funcionou durante 24h/dia, tal como é recomendado a fim de não causar perturbações no processo de tratamento.

Relativamente ao grau de automação da ETA, todos os filtros (*ER15 – Controlo dos filtros = 100%*) e purga de lamas (*ER16 – Purga de lamas = 100%*) são automatizados, a qualidade da água é monitorizada em contínuo em todas as etapas do tratamento (água bruta, água pré-oxidada, água decantada, água filtrada e água tratada; apenas não há, como seria de esperar, controlo entre a floculação e a decantação) (*ER13 – Monitorização em contínuo da qualidade da água = 0,86 pontos de medição/OPU⁸*) e o processo é totalmente supervisionado (*ER18 – Supervisão do processo = 100%*).

Os valores elevados do indicador *ER17 – Monitorização da qualidade da água* mostram que a ETA faz uma monitorização do processo adequada, existindo 0,86 pontos de amostragem para controlo da qualidade da água por cada OPU (Figura 3).

Uma vez que a fiabilidade da ETA é maior se estiver prevista a possibilidade de dosear reagentes alternativos, este aspecto foi avaliado através do indicador *ER19 – Possibilidade de doseamento de reagentes alternativos*. Este indicador variou entre 0,4 e 0,5 (Figura 3), o que significa que a ETA de Alcantarilha pode usar pontualmente (*i.e.*, menos de 50% do tempo) cerca de metade do número de reagentes usados em normal operação.

Na ETA de Alcantarilha existem práticas de inspecção e de calibração periódicas demonstradas pelos indicadores *ER21 – Calibração de doseadores de reagentes*, *ER22 – Inspeção de bombas*, *ER23 – Inspeção de equipamentos de emergência*, *ER24 – Inspeção de equipamento de transmissão de sinal*, *ER25 – Inspeção de quadros eléctricos*, *ER27 – Calibrações de medidores de caudal*, *ER28 – Calibrações de medidores de nível de água*, *ER29 – Calibrações de medidores de pressão* e *ER30 – Calibração de medidores em linha da qualidade da água* (Figura 3). Entre 2003 e 2006, houve um aumento do desempenho da ETA relativamente a este aspecto. Em 2006, todas as bombas, transmissores de sinal e medidores em linha da qualidade da água foram inspeccionados/calibrados mais de uma vez. No entanto, é ainda necessário melhorar o desempenho em termos de calibrações/inspecções de quadros eléctricos, medidores de caudal, medidores de nível de água medidores de pressão e, em especial, de equipamentos de

⁸ OPU: Operação/Processo Unitário

emergência, uma vez que os indicadores mostram que foram inspeccionados/calibrados com uma frequência inferior a uma vez por ano.

Os elevados valores dos ID ER13, ER17, ER18, ER30 e WQ3 evidenciam a preocupação da EG com o controlo apertado do processo de tratamento, indispensável à produção de uma água de qualidade.

Na ETA ocorreram, em média, 0,8 falhas/(bomba.ano) (*ER32 – Avarias nos sistemas de bombeamento*, Figura 3). Falhas de outro tipo provocaram a interrupção não planeada do funcionamento da ETA durante 13,2 - 16,1 horas/ano (*ER33 – Interrupção do funcionamento da ETA*, Figura 3). Embora a fiabilidade do sistema de abastecimento eléctrico tenha aumentado, em 2006 a falta de energia foi ainda a causa de 60% do tempo total de interrupção do funcionamento (*ER34 – Paragem da ETA devido a falhas de energia*, Figura 3).

3.3.3 Utilização de água, energia e materiais

A eficiência de utilização de água na ETA, avaliada pelo indicador *RU1* (Figura 4), foi sempre superior a 98%, revelando um desempenho elevado da estação neste aspecto. A ocorrência de valores ligeiramente superiores a 100% (2005 e 2006) é uma consequência do elevado erro máximo do caudalímetro de água bruta (5%, propriedade do INAG), quando comparado com os erros máximos dos caudalímetros de água elevada (0,5%).

▪ **RU1 – Eficiência de utilização de água na ETA [%] =**
(volume de água tratada/volume de água entrada na ETA)*100

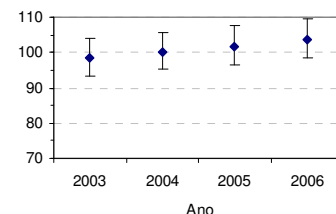


Figura 4 – Resultados dos ID do domínio *Utilização de água, energia e materiais*

3.3.4 Gestão de subprodutos

No domínio *Gestão de subprodutos*, o nível de produção de subprodutos do processo de tratamento foi determinado apenas para as lamas. O indicador *BP1 – Quantidade de lamas produzidas* variou entre 3,6 - 19,9 g/(m³.UNT) de água bruta (Figura 5), tendo os valores mais elevados sido registados em 2004-2005 e estando associados ao tratamento de água subterrânea com baixa turvação. O teor em matéria seca das lamas produzidas variou entre 33-44% (*BP2 – Qualidade de lamas*, Figura 5). Em 2003 não houve valorização de lamas, enquanto que em 2004 apenas foram enviadas para valorização 41% das lamas produzidas. As restantes lamas produzidas neste biénio foram armazenadas e valorizadas na indústria cimenteira em 2005 (*BP4 - Destino final das lamas =301%*, Figura 5).

Durante o período analisado, as águas residuais do processo, potenciais causadoras de impactos ambientais negativos, nunca foram lançadas no meio receptor (*BP7 – Descarga de água residual em meios hídricos = 0*).



- **BP1 – Quantidade de lamas produzidas** $[g/(m^3 \cdot UNT), \blacklozenge] =$
Quantidade de lamas produzidas/(volume de água entrada na
ETA**turvação da água bruta*)
- **BP4 – Destino final das lamas** $[\%, \square] =$
(quantidade de lamas valorizadas/quantidade de lamas produzidas)*100



- **BP2 – Qualidade das lamas produzidas** $[\% \text{ p/p}] =$ Peso seco das lamas

	2004	2005	2006
BP2	44,0	32,7	38,0

Figura 5 – Resultados dos ID do domínio *Gestão de subprodutos*

3.3.5 Segurança

Relativamente ao desempenho em termos de segurança ambiental, não houve registo de derrames acidentais de produtos químicos (*S1 – Derrames e/ou fugas de produtos químicos* = 0). O desempenho em termos de segurança da ETA foi avaliado pelo indicador *S2 – Acidentes de trabalho*, que mostra que apenas em 2006 ocorreram dois acidentes de trabalho requerendo acompanhamento médico ($S2=0,039/(\text{empregado} \cdot \text{ano})$; Figura 6).

- **S1 – Derrames e/ou fugas de produtos químicos** $[\text{kg}/\text{m}^3] =$
Quantidade de produtos químicos derramados/volume de água tratada
- **S2 – Acidentes de trabalho** $[\text{n.}^\circ/(\text{empregado} \cdot \text{ano})] =$
(n.° de acidentes de trabalho*365/período em análise)/ n.° equivalente de empregados a tempo inteiro afectos à ETA

	2004	2005	2006
S1	0	0	0
S2	0	-	0,039

Figura 6 – Resultados dos ID do domínio *Segurança*

3.3.6 Recursos humanos

Em termos de disponibilidade de pessoal, a ETA de Alcantariilha tem *ca.* 2 empregados/ 10^6m^3 de água tratada (*Pe1 - Pessoal afecto ao tratamento*, Figura 7), não tendo o pessoal de *outsourcing* sido contabilizado neste indicador. Uma análise da distribuição do pessoal de acordo com a qualificação (*Pe2 - Pessoal com formação superior*, *Pe3 - Pessoal com escolaridade mínima obrigatória*, Figura 7) revela que, na estrutura de recursos humanos, a maior componente corresponde a empregados com escolaridade mínima obrigatória (56%) e que quase um terço do pessoal possui formação superior.

- **Pe1 – Pessoal afecto ao tratamento** $[\text{n.}^\circ/10^6 \text{m}^3] =$
 n.° equivalente de empregados a tempo inteiro afectos à operação e manutenção da ETA/volume de água tratada
- **Pe6 – Absentismo** $[\text{dia}/(\text{empregado} \cdot \text{ano})] =$
(faltas ao trabalho dos empregados afectos à ETA*365/período em análise)/ n.° equivalente de empregados a tempo inteiro afectos à ETA
- **Pe7 – Absentismo por acidente de trabalho ou doença** $[\text{dia}/(\text{empregado} \cdot \text{ano})] =$
(n.° de dias de absentismo por motivo de acidente de trabalho ou doença dos empregados afectos à ETA*365/período em análise)/ n.° equivalente de empregados a tempo inteiro afectos à ETA
- **Pe8 – Horas extraordinárias** $[\%] =$
(horas extraordinárias dos empregados afectos à ETA/horas normais do trabalho dos empregados afectos à ETA)*100

	2006
Pe1	2,08
Pe6	37
Pe7	2,5
Pe8	4,0

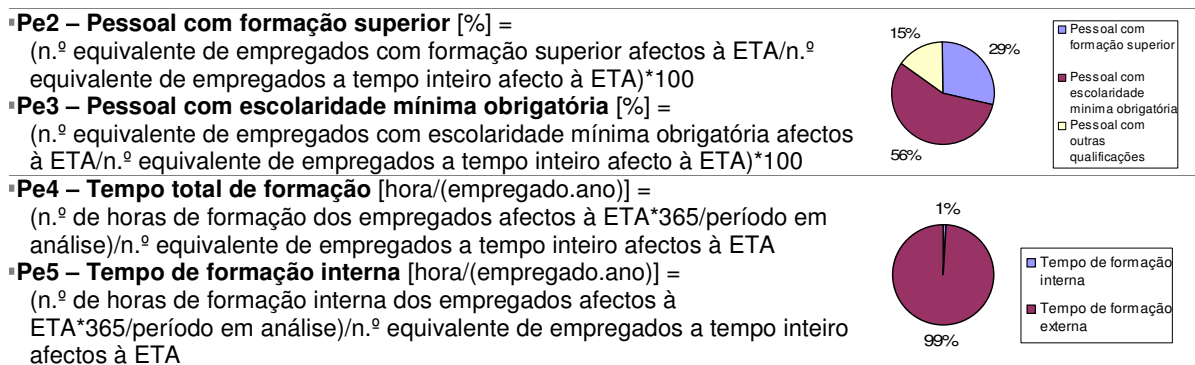


Figura 7 – Resultados dos ID do domínio Recursos humanos

A formação do pessoal (*Pe4 – Tempo de formação, Pe5 – Tempo de formação interna*, Figura 7) foi sobretudo feita externamente à empresa (99% do tempo total de formação; 66,9 h/(empregado.ano)).

Em 2006, o absentismo total (*Pe6 – Absentismo*, Figura 7) relativo às ausências do local de trabalho motivadas por causas relacionadas com o trabalho (doença profissional e acidentes de trabalho) e por outras causas (*e.g.*, doença não profissional, maternidade/paternidade, assistência inadiável) foi de 37 dias/empregado, dos quais apenas 2,5 dias/empregado foram devidos a acidente de trabalho ou doença (*Pe7 – Absentismo por acidente de trabalho ou doença*, Figura 7). Este bom resultado de *Pe7* é coerente com *S2* do domínio *Segurança*.

Em 2006, o trabalho extraordinário correspondeu a 4% do trabalho regular.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado evidencia que o sistema de ID para ETA proposto traduz o desempenho global de uma estação de tratamento, é sensível a alterações neste desempenho e permite identificar as causas dessas alterações.

Os resultados obtidos mostram que, em geral, o desempenho da ETA de Alcantariilha aumentou durante o período temporal estudado. O menor desempenho foi registado em 2005 quando, devido à seca extrema, a ETA processou água subterrânea ou mistura de água superficial e subterrânea, o que, nalguns casos, se reflectiu negativamente na qualidade da água tratada, em particular, no que se refere aos parâmetros bromato e manganês. Contudo, na generalidade, a ETA teve capacidade para ultrapassar estas dificuldades, e em especial devido à elevada preocupação da EG com o controlo apertado do processo de tratamento tal como evidenciado por cinco ID, foi capaz de cumprir os objectivos de qualidade definidos pela EG, mais exigentes do que os requeridos pela legislação em vigor.

BIBLIOGRAFIA

Alegre, H.; Melo Baptista, J.; Cabrera Jr, E.; Cubillo, F.; Duarte, P.; Hirner, W.; Merkel, W.; Parena, R. (2006). *Performance Indicators for Water Supply Services*. London (Inglaterra), IWA Publishing, 289 pp.

Cabrera, E.; Pardo, M. (Eds.) (2008). *Performance Assessment of Urban Infrastructure Services*. IWA Publishing, London, 523 pp.



ERP 5001/1 (2007). Especificação de Requisitos de Produto. Água para Consumo Humano. Variante: sistemas de abastecimento público em alta, 16 pp. (revista em Janeiro de 2008 para ERP 5001/2 de 2008)

ISO/DIS24510 (2007). *Service activities relating to drinking water and wastewater – Guidelines for the improvement and for the assessment of the service to users*, 48 pp.

ISO/DIS24512 (2007). *Service activities relating to drinking water and wastewater - Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services*, 46 pp.

Vieira, P.; Rosa, M. J.; Alegre, H.; Lucas, H. (2006). “Proposta de indicadores de desempenho de estações de tratamento de água”, in *Anais do 12.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Cascais (Portugal), 14-17 Outubro, 17 pp.

Vieira, P.; Alegre, H.; Rosa, M. J. (2007). *Avaliação de desempenho de Estações de Tratamento de Água. Revisão do estado da arte e proposta de Sistema de Avaliação de Desempenho*. Relatório 215/2007-NES, Lisboa (Portugal), LNEC, 82 pp.

Vieira, P.; Silva, C.; Rosa, M. J.; Alegre, H.; Lucas, H.; Sancho, R.; Ramalho, P. (2008a). “A PI system for drinking water treatment plants - framework and case study application”, in *Performance Assessment of Urban Infrastructure Services*, editado por E. Cabrera e M. Pardo, London (Inglaterra), IWA Publishing, pp. 389-401.

Vieira, P.; Alegre, H.; Rosa, M. J.; Lucas, H. (2008b). “Drinking water treatment plants assessment through performance indicators”, in *Anais do IWA World Water Congress*, Viena (Áustria), 8-12 Setembro, 8 pp.

Vieira, P.; Rosa, M. J.; Alegre, H.; Lucas, H. (2008c). “Metodologia para avaliação de desempenho operacional de ETA”, in *Anais do 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã (Portugal), 14-17 Outubro, 12 pp.