

Avaliação de desempenho operacional de ETAR urbanas

Sílvia QUADROS (1); Maria João ROSA (2); Helena ALEGRE (3);
Catarina SILVA (4); Pedro RAMALHO (5)

Resumo

Os principais desafios actuais da gestão de estações de tratamento de águas residuais (ETAR) urbanas são o cumprimento dos requisitos de descarga, da água para reutilização e das lamas para valorização, a optimização da utilização de recursos e a diminuição da pegada ecológica. Para responder positivamente a estes desafios, as entidades gestoras devem estabelecer objectivos e metas claras, implementar processos de gestão de acordo com as melhores práticas, e apostar na auto-avaliação. Neste contexto, foi recentemente desenvolvido um sistema de avaliação de desempenho de ETAR urbanas.

Nesta comunicação, apresenta-se a componente operacional desse sistema, que avalia, através de índices de desempenho que incorporam juízos de valor, a *Eficiência de remoção* e o *Funcionamento dos órgãos* de cada operação/processo unitário ou etapa do tratamento e a *Qualidade da água residual tratada*. Pormenorizam-se aspectos associados à identificação das variáveis de estado e à construção das funções de desempenho necessárias ao cálculo dos índices e apresentam-se resultados da aplicação a um caso de estudo.

Os resultados obtidos permitem concluir que o sistema desenvolvido constitui um instrumento útil para a gestão de ETAR, na medida em que traduz de forma objectiva o desempenho operacional da instalação e identifica parâmetros-chave de funcionamento que condicionam a eficiência (de remoção e económica) de cada etapa do tratamento e a eficácia global da ETAR, ou seja, a qualidade do produto final – água residual para descarga e/ou reutilização.

Palavras-chave

Avaliação de desempenho, barreiras múltiplas, eficiência, índices de desempenho, sustentabilidade, tratamento de águas residuais.

(1) Eng.^a do Ambiente, Mestre em Engenharia Sanitária, Assistente da Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias, *Campus* de Angra do Heroísmo, 9701-851 Angra do Heroísmo, squadros@uac.pt

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

(3) Eng.^a Civil, Doutorada em Engenharia Civil, Investigadora Principal Habilitada do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, halegre@lnec.pt

(4) Eng.^a do Ambiente, Mestre em Engenharia 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

(5) Eng.^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

O cumprimento dos requisitos da água residual tratada para descarga ou utilização e das lamas para valorização, a optimização da utilização de recursos e a diminuição da pegada ecológica constituem os principais desafios actuais da gestão de estações de tratamento de águas residuais (ETAR) urbanas. Estes desafios são especialmente importantes para Portugal, devido ao papel determinante das ETAR no sucesso de projectos de reutilização de água – opção com grande potencial em Portugal – e na diminuição da poluição da água. Segundo a APA (2009), a qualidade das massas de água subterrâneas e superficiais, assim como a qualidade das águas balneares interiores, esteve aquém dos padrões de qualidade da água para aquelas águas. Para responder positivamente a estes desafios, as entidades gestoras devem estabelecer objectivos e metas claras, implementar processos de gestão de acordo com as melhores práticas e apostar na auto-avaliação no sentido de atingir as metas estabelecidas.

A implementação de instrumentos de avaliação de desempenho constitui um contributo importante para atingir esses objectivos de excelência, na medida em que conduz a uma melhoria contínua do funcionamento da instalação e à utilização sustentável de recursos.

Neste contexto, e no âmbito de um projecto de investigação nacional recentemente concluído (Alegre *et al.*, 2009), de outro em curso (Rosa *et al.*, 2010; <http://past21.lnec.pt/>) e de uma tese de doutoramento (Quadros, 2010) foi desenvolvido um sistema de avaliação de desempenho de ETAR urbanas. À semelhança do sistema análogo desenvolvido para estações de tratamento de água (Vieira *et al.*, 2008, 2009, 2010), o sistema para ETAR inclui uma componente de avaliação de desempenho global (descrita em Quadros *et al.*, 2009, 2010) e uma componente de avaliação de desempenho operacional (Figura 1).



Figura 1 Sistema de avaliação de desempenho de ETAR (adaptado de Vieira *et al.*, 2009).

Nesta comunicação apresenta-se a componente operacional desse sistema, com ênfase na metodologia de obtenção das funções de desempenho necessárias ao cálculo dos índices, e os resultados da sua aplicação a uma ETAR urbana dimensionada para um caudal nominal de 54 500 m³/d.

2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL

A avaliação de desempenho operacional de ETAR foi concebida de forma a constituir um instrumento de apoio à operação do sistema de tratamento.

Esta componente do sistema de avaliação do desempenho de ETAR urbanas identifica os pontos críticos do processo de tratamento e respectivas condições críticas de operação, recorrendo a resultados de *Qualidade da água residual tratada* e de *Eficiência de remoção* (ou inactivação, no caso de agentes biológicos) e de *Funcionamento dos órgãos* de cada operação/processo unitário ou etapa do tratamento – critérios de avaliação de desempenho operacional (Figura 1). Pretende-se que a ETAR actue como um sistema de barreiras múltiplas à passagem de contaminantes, aumentando assim a fiabilidade e a segurança do produto final (água para descarga e/ou água para reutilização).

A metodologia adoptada utiliza índices como medida de avaliação de desempenho operacional de ETAR urbanas. À semelhança do sistema desenvolvido para estações de tratamento de água (Vieira *et al.*, 2009, 2010) e da segunda geração dos sistemas de avaliação de desempenho desenvolvidos no âmbito do projecto PAST21 (Rosa *et al.*, 2010), os índices de desempenho (PX) são adimensionais e têm subjacente um juízo de valor, estabelecido previamente para cada um dos três critérios de avaliação acima mencionados – ao valor zero corresponde a ausência de função, a 100 corresponde desempenho mínimo aceitável, a 200 desempenho bom e a 300 desempenho excelente. Conforme explicado na secção 4, os índices são calculados aplicando funções de desempenho a variáveis de estado.

3. CASO DE ESTUDO E DADOS DE BASE

O caso de estudo corresponde a uma ETAR urbana, dimensionada para o caudal nominal de 54 500 m³/dia, correspondente a 213 510 e. p., no ano horizonte de projecto (2015).

O esquema de tratamento inclui pré-tratamento (gradagem, tamização, desarenação e desengorduramento), tratamento primário (decantação primária convencional), tratamento secundário e tratamento de afinação, este último constituído por filtração e desinfecção por radiação ultravioleta. O tratamento secundário realiza-se em reactores de biomassa suspensa com remoção conjunta de carbono e nutrientes e decantação secundária (processo tipo A2/O), precedidos por tanque de igualização, uma vez que a ETAR se localiza numa zona com implantação industrial. O tratamento das lamas é constituído por espessamento, homogeneização, estabilização biológica, desidratação e estabilização química.

A licença de descarga da ETAR estabelece valores-limite para SST, CBO₅ e CQO – coincidentes com os valores paramétricos do DL 152/97 de 19 de Junho – e para pH, óleos, hidrocarbonetos e cádmio, dados pelos valores-limite de emissão do DL 236/98 de 1 de Agosto. A água residual tratada é também monitorizada relativamente a parâmetros microbiológicos com vista à sua utilização na rega e outros usos urbanos, assim como para água de serviço na ETAR.

O período de referência do estudo corresponde aos anos de 2006, 2007 e 2008. Foram utilizados dados de exploração relativos a parâmetros de qualidade da água residual bruta e água residual/lamas à saída de cada OPU/etapa, sendo os parâmetros físico-químicos determinados em amostra composta. Foram também utilizados os registos de caudal diário afluente à ETAR.

4. DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES DE DESEMPENHO

4.1. Qualidade da água residual tratada

Os índices de desempenho de *Qualidade da água residual tratada* obtêm-se aplicando funções de desempenho aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados na água residual tratada e baseiam-se nos respectivos valores-limite impostos pela licença de descarga ou pela licença/contrato de reutilização de água, ou em valores mais exigentes propostos pela entidade gestora da ETAR.

Para os parâmetros físico-químicos com valor-limite máximo, a função de desempenho penaliza o aumento de concentração do parâmetro: atribui PX 300 ao Limite de Quantificação (LQ) ou a 0,2VL (o maior dos dois), PX 200 a 0,5VL, PX 100 a VL e PX 0 a 2VL (CBO₅ e CQO) ou 2,5VL (SST), desvios máximos admitidos pelo DL 152/97 para as amostras que poderão não ser conformes. Quando existe uma gama máxima de variação do parâmetro, por exemplo para o pH da água para rega, a função de desempenho atribui PX 100 à gama 4,5-9,0 (VMA, Anexo XVI do DL 236/98), PX 0 ao intervalo com uma tolerância de 0,5 sobre a gama definida para PX 100, PX 200 à gama 6,5-8,4 (VMR do mesmo diploma) e PX 300 ao intervalo 7,0-8,4, uma gama mais restrita de valores com benefícios comprovados para o ambiente e/ou utilização da água, uma vez que minimiza a lixiviação de metais pesados.

Em complemento ao apresentado em Rosa *et al.* (2010), a Figura 2 ilustra as funções de desempenho para os parâmetros CQO e SST construídas para os valores-limite estabelecidos no DL 152/97, respectivamente 125 mg O₂/L e 35 mg SST/L. Para o parâmetro CQO o desempenho excelente (PX 300) é definido pelo LQ (30 mg O₂/L) e não por 0,2VL (25 mg O₂/L), visto o primeiro ser superior ao segundo.

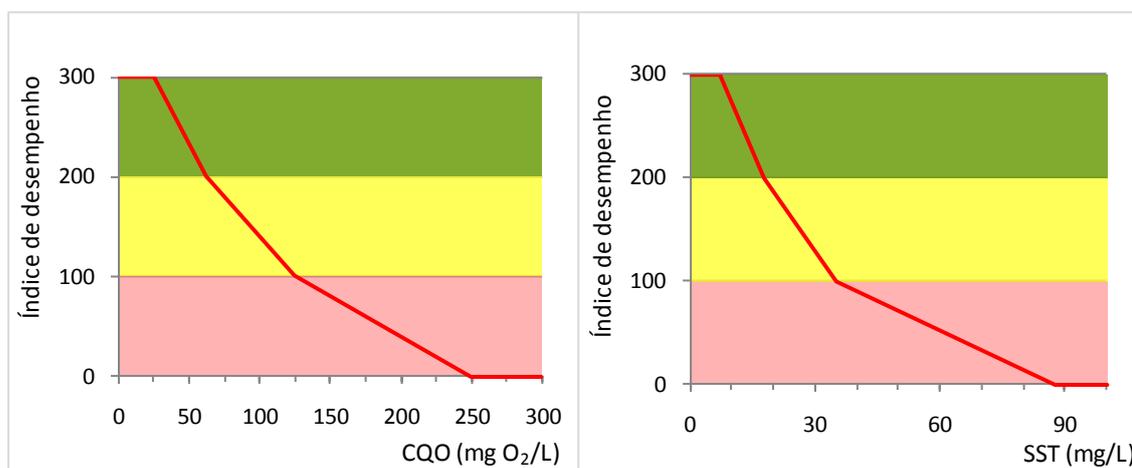


Figura 2 Funções de desempenho de *Qualidade da água residual tratada para descarga* segundo o DL 152/97.

Os parâmetros microbiológicos são especialmente importantes na qualidade da água para reutilização, devido aos riscos epidemiológicos associados ao contacto com a água na maioria dos usos. Na definição da função de desempenho de parâmetros para os quais exista na legislação valor máximo admissível (VMA) e ou valor máximo recomendado (VMR) associou-se o desempenho mínimo aceitável (índice 100) a VMA (água de qualidade mínima admissível) e o desempenho bom (índice 200) a VMR. Para parâmetros que possuam apenas um destes valores adoptou-se a proporção $VMA = 20 VMR$, estabelecida para coliformes totais em águas balneares segundo o Anexo XV do DL 236/98. O desempenho excelente (índice 300 é atribuído à concentração correspondente a 10% (1 log abaixo) do valor correspondente a índice 200 e o índice anula-se para concentrações 10 vezes superiores (1 log acima) à concentração correspondente ao índice 100.

4.2. Eficiência de remoção

A avaliação da *Eficiência de remoção* deve ser realizada para cada OPU/etapa com o maior nível de desagregação possível. As OPU/etapas a analisar dependem da localização dos pontos de amostragem e dos parâmetros de qualidade determinados nesses pontos, sendo necessário conhecer para o mesmo dia e preferencialmente determinada em amostra composta, a concentração à entrada e à saída da OPU/etapa.

O primeiro passo para a obtenção de funções de desempenho de eficiência de remoção consiste em reunir, para cada OPU/etapa, dados de eficiência de remoção (E_r) em função da concentração afluenta (C_{in}) relativos a um grupo de ETAR comparáveis. Os dados de exploração deste grupo de ETAR vão constituir uma referência para a formulação do julgamento associado aos índices 100, 200 e 300.

É frequente E_r depender de C_{in} segundo a Equação 1, conforme verificaram Campinas *et al.* (2003), Vieira *et al.* (2008) e Vieira (2009).

$$E_r = \left(a - \frac{b}{C_{in}} \right) \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

onde:

E_r : eficiência de remoção (%)

C_{in} : concentração afluenta à OPU/etapa

a e b: constantes

A Figura 3 ilustra a sequência de passos para a obtenção dos índices que definem a função de desempenho para cada concentração afluenta. O primeiro passo (parte central do esquema indicado com “Início”) corresponde à compilação de dados reais de E_r vs. C_{in} e à pesquisa de gamas típicas de E_r e de C_{in} típica ou típica alargada (calculada a partir dos valores bibliográficos de concentração forte e fraca do parâmetro na água residual bruta (Metcalf e Eddy, 2003) e da gama típica de E_r na(s) OPU a montante da OPU/etapa em análise). A partir deste ponto indicam-se os percursos para obtenção dos índices 100 (representado a laranja), 200 (amarelo), 300 (verde) e 0 (vermelho), que permitem construir uma função de desempenho para cada valor de C_{in} .

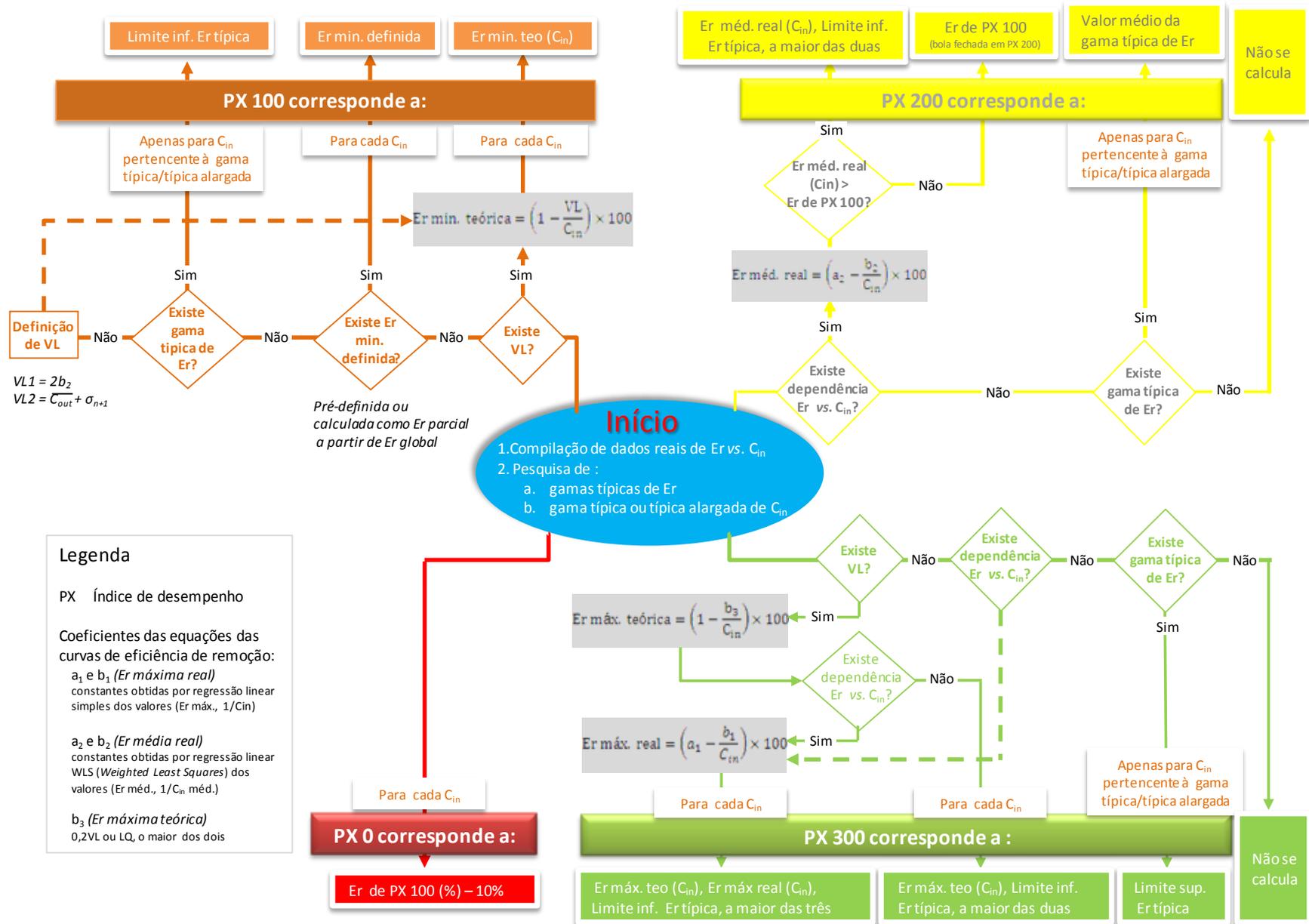


Figura 3 Sequência de passos para obtenção dos índices 0 (a vermelho), 100 (a laranja), 200 (a amarelo) e 300 (verde) de *Eficiência de remoção*.

Como se representa na Figura 3, o caminho preferencial para obtenção de cada índice corresponde à obtenção das curvas-modelo de eficiência de remoção representadas em caixas cinzentas. Contudo, o sistema prevê alternativas para os casos em que não é possível obter estas curvas, e.g., quando E_r não depende de C_{in} ou não existe VL. No presente contexto em que a ETAR é avaliada como uma sequência de barreiras múltiplas, a designação VL também se aplica a valores de qualidade impostos pela EG à saída de uma dada OPU/etapa do tratamento.

Os dados E_r vs. C_{in} da ETAR em estudo foram utilizados para validar a metodologia de obtenção de funções de desempenho. A utilização alargada das funções obtidas para avaliar a eficiência de remoção de uma dada OPU/etapa específica será precedida de validação com um conjunto de dados de ETAR similares em termos da OPU/etapa em análise.

De forma a ilustrar duas formas de obtenção funções de desempenho, quando não existe VL e quando existe VL, analisa-se $E_{r\text{ SST}}$ na decantação primária (primeira situação) e no tratamento secundário (quando existe VL). O tratamento secundário do caso de estudo é constituído por igualização, reactor biológico tipo A2/O e decantação secundária (secção 3).

Na Figura 4 (à esquerda) apresentam-se os valores de $E_{r\text{ SST}}$ vs. C_{in} na decantação primária, não existindo para esta OPU VL estabelecido. Representam-se também a gama típica de E_r e a gama típica alargada de C_{in} . Neste caso, o desempenho mínimo aceitável corresponde ao limite inferior da gama típica para qualquer valor de C_{in} pertencente à gama típica alargada. Ou seja, nas três funções de desempenho representadas na Figura 4 (à direita) para C_{in} fraca, média e forte (Metcalf e Eddy, 2003), o índice 100 é atribuído a $E_{r\text{ SST}} = 45\%$, limite inferior da gama típica.

Uma vez que $E_{r\text{ SST}}$ depende de C_{in} , traçaram-se as curvas-modelo média real e máxima real (Figura 4) por ajuste aos valores reais conforme se explica em Quadros (2010).

Para cada C_{in} , a respectiva função de desempenho associa o desempenho bom ao valor de E_r obtido através da curva-modelo média real, se este valor for superior ao limite inferior da gama típica. Para concentração afluente fraca (108 mg SST/L) esta condição não se verifica, i.e. a eficiência de remoção média ficou aquém do que seria expectável para aquela C_{in} . Nestas circunstâncias considerou-se que, para esta OPU e para este valor de C_{in} , atingir E_r típica inferior representa um esforço que deve ser valorizado e atribui-se desempenho bom ao limite inferior da gama típica (bola fechada em PX 200). Este julgamento é tanto mais reforçado quanto mais representativo for o grupo de ETAR consideradas para obtenção das curvas-modelo reais de eficiência de remoção. O desempenho mínimo aceitável não é atribuído directamente (bola aberta em PX 100), mas para E_r inferiores ao limite inferior da gama típica o desempenho é insatisfatório (PX 0-100), sendo o valor 0 atribuído a $E_{r\text{ SST}} \leq 35\%$.

O índice 300 é atribuído a E_r máxima real ou ao limite superior da gama típica de E_r , o maior dos dois. Nos três exemplos da Figura 4, o limite superior da gama típica apenas

define o índice 300 na função de desempenho relativa a concentração fraca ($SST_{in} = 108 \text{ mg/L}$).

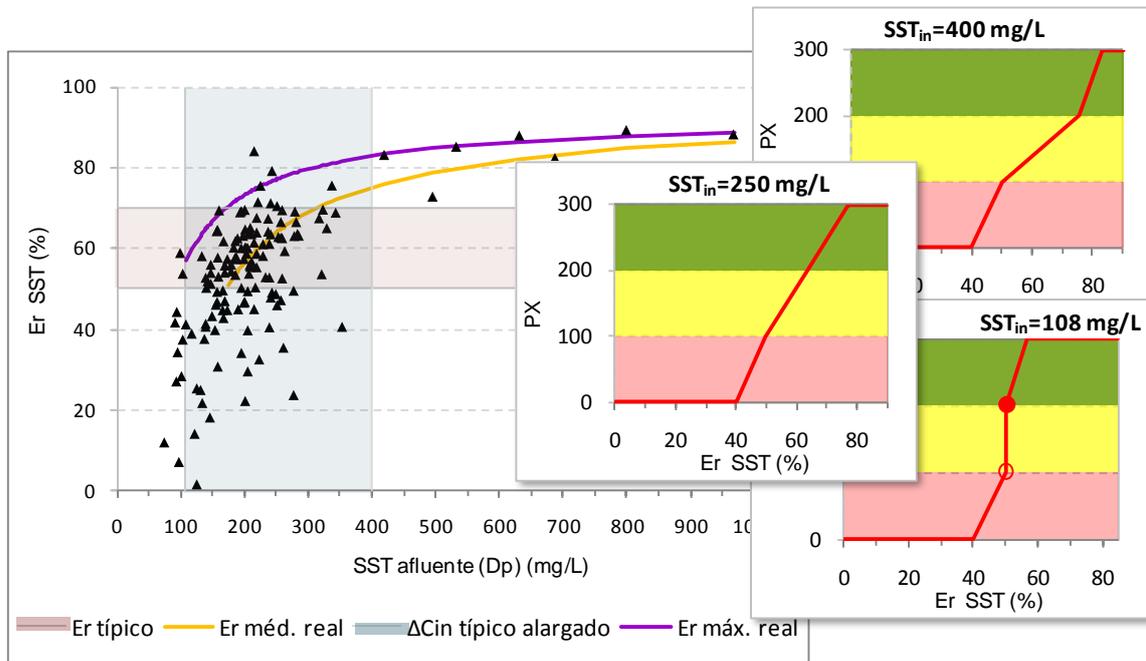


Figura 4 Curvas de Er_{SST} vs. C_{in} na decantação primária e funções de desempenho para concentração afluyente fraca, média e forte.

Na Figura 5 representa-se Er_{SST} vs. SST_{in} no tratamento secundário da ETAR. Uma vez que Er depende de SST_{in} , foram traçadas as curvas-modelo média e máxima reais para cálculo dos índices 200 e 300. Para a construção das curvas-modelo teóricas considerou-se o VL estabelecido na licença de descarga da ETAR, 35 mg SST/L. As expressões gerais das duas curvas teóricas e das duas curvas reais são apresentadas na Figura 3.

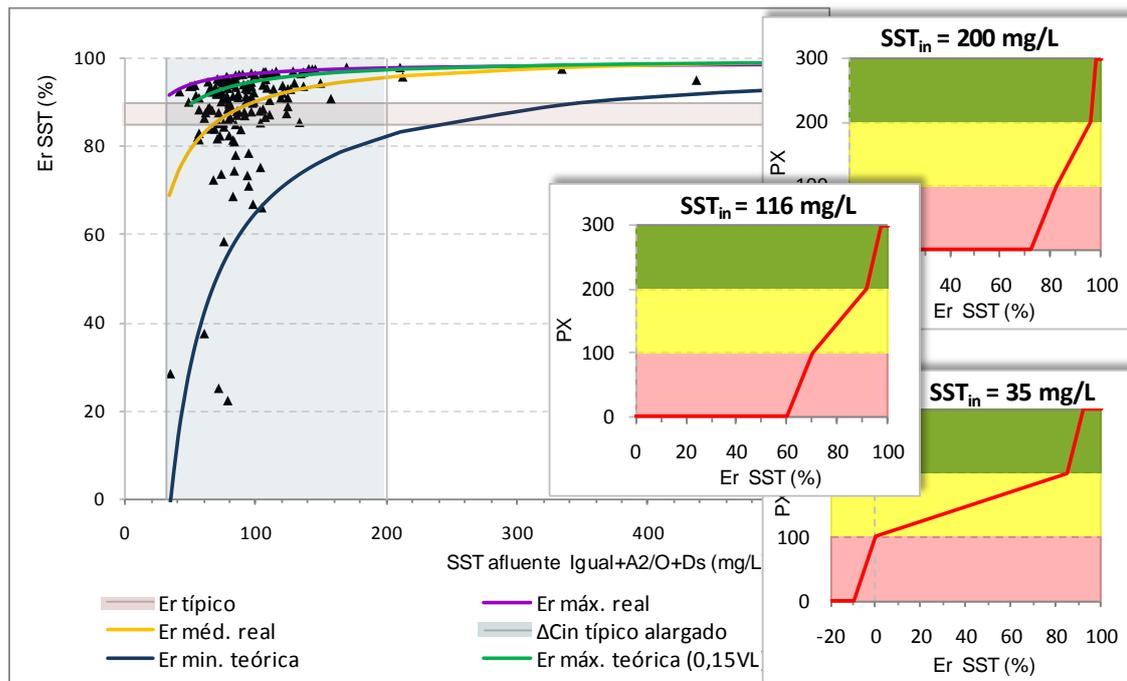


Figura 5 Curvas de Er_{SST} vs. C_{in} no tratamento secundário e funções de desempenho para três concentrações afluentes na gama 35-200 mg SST/L.

A eficiência de remoção de SST nesta etapa é avaliada gerando-se uma função de desempenho específica para cada SST_{in} . Nessas funções de desempenho, PX 100 é sempre definido por Er mínima teórica obtida através da curva-modelo mínima teórica; PX 200 corresponde a Er média, obtida através da curva-modelo média real, ou ao limite inferior da gama típica, o maior dos dois; PX 300 corresponde a Er máxima real.

Em regra, a curva-modelo máxima teórica é calculada para C_{out} dada pelo critério utilizado para atribuição de índice excelente na *Qualidade da água residual tratada*, neste caso, 0,2VL (Figura 3). Porém, a elevada eficiência de remoção de SST verificada no tratamento secundário (evidenciada pela curva-modelo máxima real superior à curva-modelo máxima teórica) mostra que 0,2VL pode ser ajustado a um valor mais restritivo, ao qual estará associado um julgamento mais conservativo, mais exigente. A curva-modelo máxima teórica apresentada na Figura 5 foi construída com 0,15VL. Os índices de qualidade da água residual, apresentados na secção 5, atribuem PX 300 ao teor de 0,15 VL e não 0,2 VL.

Ao contrário do observado na decantação primária, no tratamento secundário a construção de funções de desempenho não está restrita aos valores de C_{in} pertencentes à gama típica porque existe a curva-modelo mínima teórica que garante o VL para qualquer valor de C_{in} .

Para $SST_{in} = 35$ mg SST/L verifica-se que Er obtida pela curva-modelo média real não atinge o limite inferior da gama típica. Na função de desempenho relativa a esta concentração afluente, o índice 200 é assim atribuído ao limite inferior da gama típica de Er . A situação inverte-se a partir do valor de C_{in} em que se verifique Er média real

superior ao limite inferior da gama típica de E_r , *i.e.*, para SST_{in} acima de 60 mg SST/L (Figura 5, esquerda) o índice 200 atribui-se ao valor obtido pela curva-modelo média real.

As funções de desempenho representadas nas Figuras 4 e 5 mostram que o julgamento associado aos valores de E_r é mais exigente para C_{in} crescentes, o que permite uma comparação justa entre resultados de E_r relativos a aflúências distintas.

Em Quadros (2010) foi desenvolvida a avaliação da eficiência de remoção para um número mais alargado de OPU/etapas de tratamento, tendo sido validados os restantes caminhos alternativos para obtenção dos valores dos índices de desempenho, ilustrados na Figura 3.

4.3. Funcionamento dos órgãos

A avaliação de desempenho do *Funcionamento dos órgãos* identifica para cada OPU os parâmetros-chave de funcionamento que condicionam a eficiência dos órgãos e que consistem em condições-chave de operação (*e.g.*, F/M, idade de lamas, Q/A) e/ou em parâmetros-chave de qualidade da água residual ou das lamas (*e.g.*, MLSS, T, CBO_5).

As funções de desempenho dos parâmetros-chave do funcionamento dos órgãos atribuem índice 100 à gama de valores recomendada na bibliografia (habitualmente uma gama alargada) e índice 200 à gama de valores do parâmetro-chave que garante o compromisso entre a eficiência de remoção e a eficiência económica da OPU/etapa, habitualmente uma gama mais restrita dos valores bibliográficos.

O desempenho anula-se quando se atinge ou se excede uma tolerância sobre a gama recomendada. Na maioria dos casos estudados (Quadros, 2010) considerou-se uma tolerância de 25%, mas este valor deve ser (e foi, nalguns casos) ajustado caso a caso, em função do parâmetro e de informação bibliográfica. A gama de valores para atribuição do índice 200 deve resultar da análise de um conjunto de ETAR com OPU análogas, de forma a identificar o compromisso técnico-económico.

O índice 300 corresponde à gama de valores do parâmetro associada ao tratamento eficaz e seguro da água residual, utilizando os recursos de uma forma eficiente e sustentável (água, energia e outros materiais, recursos humanos e financeiros). Este índice não foi contemplado na função de desempenho baseada em valores bibliográficos já que o desempenho excelente depende das condições específicas de operação de cada instalação de tratamento e o julgamento realizado deve identificar claramente se existe ou não potencial de melhoria de desempenho. Desta forma, uma ETAR que queira alargar os índices de desempenho desta componente à gama 200-300, numa ou em várias OPU/etapas, deverá evidenciar, através de estudos de optimização, as condições óptimas dessas OPU/etapas (às quais corresponde o melhor compromisso de eficácia, segurança e eficiência/sustentabilidade) e utilizá-las para complementar as funções de desempenho construídas com base em valores bibliográficos. Para as variáveis de estado utilizadas para *benchmarking*, deverão ser uniformizadas as respectivas funções de desempenho para OPU comparáveis.

Em Quadros (2010) foram construídas funções de desempenho para três parâmetros-chave de operação do processo A2/O – tempo de retenção hidráulico (θ), relação alimento/microrganismos (F/M) e sólidos suspensos no licor misto (MLSS) – e para dois parâmetros-chave da decantação secundária convencional – a carga superficial de sólidos (λ_s) e o Índice Volumétrico de Lamas (IVL).

Na Figura 6 apresenta-se a função de desempenho proposta para λ_s , calculada para o caudal médio. Para esta variável de estado, atribui-se o índice 200 à gama 4 - 6 kg SST/(m².h), correspondente à gama recomendada em Metcalf e Eddy (2003).

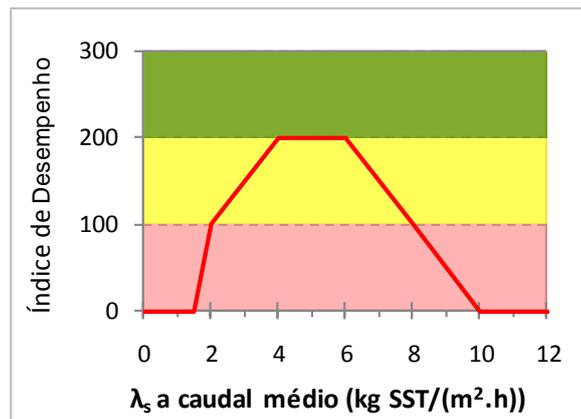


Figura 6 Função de desempenho para carga superficial de sólidos na decantação secundária.

À direita desta gama, o desempenho anula-se (PX 0) para valores iguais ou superiores a 10 kg SST/(m².h), valor máximo recomendado em Alley (2000) e varia linearmente do índice 200 até ao índice 0, ou seja, 8 kg SST/(m².h) corresponde a índice 100, à direita. Considera-se que 2 kg SST/(m².h), limite inferior recomendado por Qasim (1999), corresponde ao desempenho mínimo aceitável à esquerda. Em consequência, o índice anula-se para valores iguais ou inferiores a 1,5 kg SST/(m².h) (75% do valor mínimo aceitável).

5. RESULTADOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL

Nesta secção ilustram-se os resultados da avaliação de desempenho operacional da ETAR em estudo correspondentes às funções de desempenho apresentadas na secção 4, *i.e.*, CQO e SST, como parâmetros de *Qualidade da água residual tratada para descarga* e *Eficiência de remoção* de SST no tratamento secundário. No contexto da presente comunicação, a apresentação dos resultados de avaliação de desempenho operacional destina-se a ilustrar as potencialidades da informação dada pelos índices de desempenho, e não a avaliar efectivamente o funcionamento da ETAR em estudo. A principal potencialidade aqui evidenciada corresponde ao facto da análise da distribuição dos índices por classes e sub-classes de desempenho permitir identificar potenciais de melhoria e mostrar o quão perto ou longe se ficou das metas pré-estabelecidas.

Na Figura 7 apresentam-se os resultados de *Qualidade da água tratada para descarga* relativamente ao teor em CQO (Figura 7a) e SST (Figura 7b). Verifica-se para ambos uma regularidade de resultados excelentes ao longo do período de referência, correspondentes a teores em CQO e SST de respectivamente, 30 mg O₂/L e ≤ 5 mg SST/L. Para CQO a qualidade da água variou entre bom e excelente (com apenas quatro valores inferiores a PX 200) e para SST variou entre PX 250 e PX 300 com apenas dois valores inferiores a PX 250. Por corresponderem a medições muito frequentes, os resultados mostram a eficácia e fiabilidade da ETAR em estudo na remoção de SST.

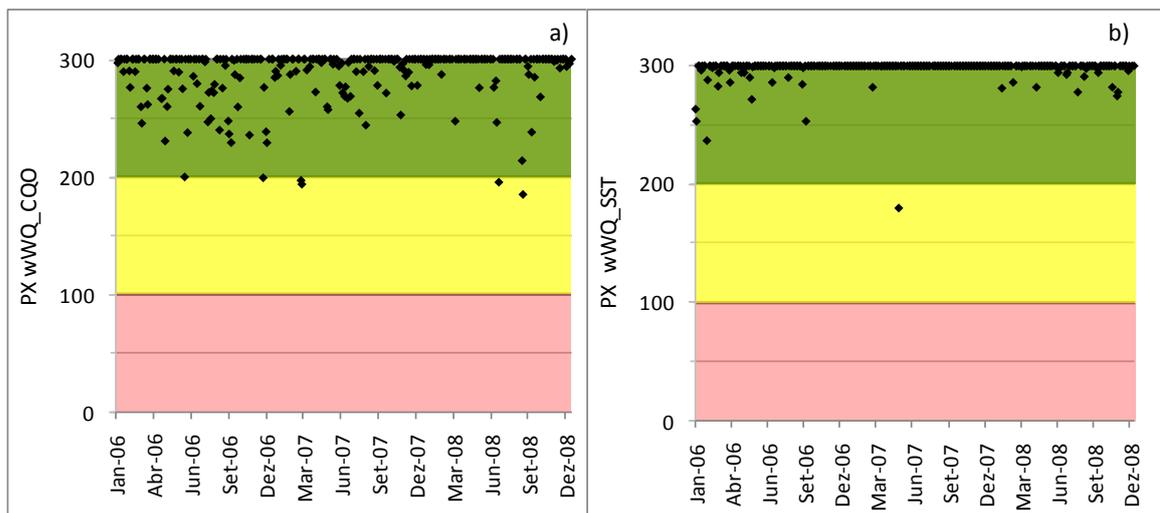


Figura 7 Índices de qualidade de água residual tratada para descarga: a) CQO e b) SST.

Na Figura 8 apresentam-se os índices de desempenho de eficiência de remoção de SST no tratamento secundário biológico tipo A2/O. Foram considerados todos os valores de eficiência de remoção obtidos na instalação, incluindo os valores negativos que foram desprezados na fase de obtenção das curvas-modelo de eficiência de remoção.

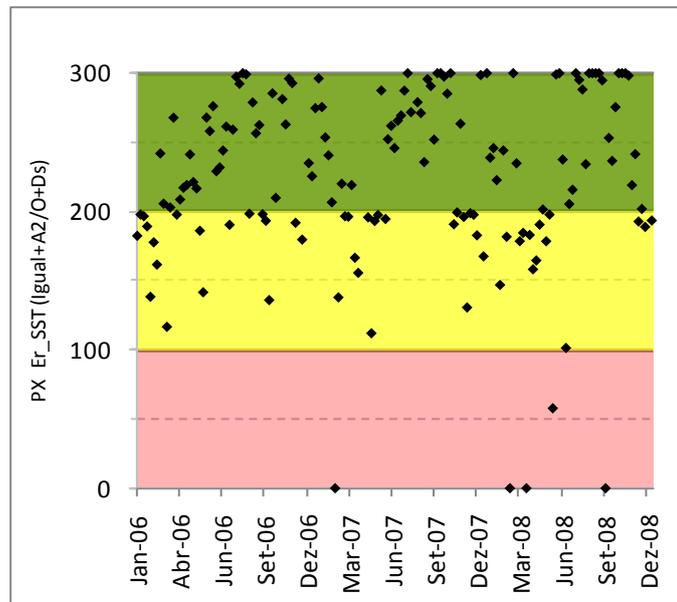


Figura 8 Índices de desempenho de eficiência de remoção de SST no tratamento secundário.

Os índices de desempenho de Er_{SST} no tratamento secundário da ETAR em estudo encontram-se dispersos pelas classes 200-300 e 100-200, com apenas cinco valores inferiores ao mínimo aceitável, *i.e.*, inferiores à eficiência que garante o cumprimento da licença de descarga (35 mg SST/L).

Estes resultados mostram que o tratamento secundário constitui uma barreira eficaz à passagem de SST, pois apenas cinco dos 150 valores analisados não cumpriram o VL estabelecido para este parâmetro.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação de desempenho operacional de ETAR urbanas complementa a componente de avaliação de desempenho global e constitui uma ferramenta útil na gestão destas instalações. Contemplando três critérios de avaliação – qualidade da água residual tratada, eficiência de remoção e funcionamento dos órgãos – esta componente do sistema transforma dados de exploração em informação de apoio à tomada de decisão ao nível operacional.

Essa informação é expressa através de índices de desempenho, medidas que têm associado um juízo de valor estabelecido através da respectiva função de desempenho. A metodologia de obtenção das funções de desempenho geradas para variáveis de estado de cada um dos critérios de avaliação é válida para qualquer instalação porque as funções são estabelecidas com base em gamas típicas bibliográficas ou valores-limite e porque incorporam o efeito da concentração afluyente.

Nesta comunicação desenvolveu-se sobretudo a metodologia de obtenção de funções de desempenho de eficiência de remoção e realçaram-se as potencialidades da informação prestada pelos índices de desempenho: evidenciar quão longe ou perto se

situa o desempenho em relação às metas pré-estabelecidas e permitir avaliar o desempenho de uma forma tão contínua quanto os dados disponíveis o permitam.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi desenvolvido no âmbito dos projectos POCI-PPCDT/ECM/57909/2004 – *Avaliação de desempenho de ETA e ETAR urbanas* (financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia) e PAST21 – *Iniciativa nacional de avaliação de desempenho de ETA e ETAR urbanas*. Agradece-se ainda a disponibilização de dados pela entidade gestora do caso de estudo.

BIBLIOGRAFIA

- Alegre H., Rosa M. J., Vieira P., Quadros S., Ramalho P., Silva C. (2009). *Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Água e de Estações de Tratamento de Águas Residuais – Relatório Final*. Projecto POCI-PPCDT/ECM/57909/2004, Julho.
- APA (2009). *REA 2008 Portugal - Relatório do Estado do Ambiente*. Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora, Outubro.
- Campinas M., Lucas H., Rosa M.J. (2003). Análise das eficiências de tratamento na ETA de Alcantarilha. *Recursos Hídricos* 24(2), 21-31.
- Metcalf e Eddy (2003). *Wastewater engineering – Treatment and reuse*. 4th Ed. revised by G. Tchobanoglous, F. L. Burton and H. D. Stensel. McGraw-Hill Inc., New York.
- Quadros, S., Rosa M. J., Alegre H. (2009). *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de águas residuais. Revisão do estado da arte e proposta de sistema de avaliação de desempenho global*. Relatório 258/2009-NES. LNEC, Lisboa, Junho, 206 pp.
- Quadros S., Rosa M. J., Alegre H., Silva C. (2010). A performance indicators system for urban wastewater treatment plants. *Water Science and Technology: Water Supply* (ref.^a WST-WSTWS-EM091050, aceite para publicação a 2 de Junho de 2010).
- Quadros S. (2010). *Desenvolvimento de um sistema de avaliação de desempenho de estações de tratamento de águas residuais urbanas*. Tese provisória para a obtenção de grau de Doutor em Ciências do Ambiente, especialidade Engenharia Sanitária, pela Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Rosa M. J., Ramalho P., Silva C., Vieira P., Quadros S., Alegre H. (2010). PAST21 – Iniciativa nacional de avaliação de desempenho de ETA e ETAR urbanas. *Actas do 10.º Congresso da Água*, Alvor (Algarve), 22-24 Março, 14 pp.
- Vieira P., Alegre H., Rosa M. J., Lucas H. (2008). Drinking water treatment plants assessment through performance indicators. *Water Science and Technology - Water Supply* 8(3) 245-253.
- Vieira P., Rosa M. J., Alegre H., Ramalho P., Silva C., Lucas H. (2009). Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água. *Águas & Resíduos* série III. n.º 9, Janeiro/Abril, pp 4-17.

Vieira P., Rosa M. J., Alegre, H., Lucas, H. (2010). Assessing the Operational Performance of Water Treatment Plants – Focus on Water Quality and Treatment Efficiency. *Actas do 7th IWA World Water Congress*, Montreal, Canadá. 19-24 Setembro. 8 pp