

PASt21 – INICIATIVA NACIONAL DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ETA E ETAR URBANAS

Maria João ROSA

Eng.ª Química, Doutorada em Engenharia Química, Investigadora Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, mjrosa@lnec.pt

Pedro RAMALHO

Eng.º do Ambiente, Bolseiro de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, pramalho@lnec.pt

Catarina SILVA

Eng.ª do Ambiente, Mestre em Engenharia do Ambiente, Bolseira de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, csilva@lnec.pt

Paula VIEIRA

Eng.ª Química, Doutorada em Ciências e Tecnologias do Ambiente, Investigadora Auxiliar do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, pvieira@lnec.pt

Sílvia QUADROS

Eng.ª do Ambiente, Mestre em Engenharia Sanitária, Assistente da Universidade dos Açores, Campus de Angra do Heroísmo, 9701-851 Angra do Heroísmo, squadros@uac.pt

Helena ALEGRE

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

RESUMO

A Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas «PASt21» é um projecto de I&DT que envolve o LNEC, I.P., a UNA-PD, dez empresas e a Direcção de Engenharia da Águas de Portugal, S.G.P.S. S.A., a AGS, S.A., os SMAS de Almada e a ERSAR. Conta ainda com o apoio da APESB e da APRH e decorre de Maio de 2009 a Maio de 2011.

O projecto visa testar, a nível nacional, em 27 casos de estudo (10 ETA e 17 ETAR), os sistemas de avaliação de desempenho recentemente desenvolvidos sob coordenação do LNEC para ETA e ETAR urbanas, assim como promover a avaliação de desempenho e o *benchmarking* de uma forma sistemática, com base em dados coerentes e fiáveis. Estes sistemas são orientados por objectivos, normalizados e quantitativos, direccionados para os aspectos operacionais e destinados a apoiar as tomadas de decisão no âmbito da operação e da reabilitação das instalações.

Este artigo descreve sumariamente os principais aspectos destes sistemas e os módulos de introdução de dados das respectivas ferramentas de cálculo automático, assim como o programa de trabalhos e os resultados esperados deste projecto.

Palavras-chave: Sistemas de avaliação de desempenho, ETA, ETAR, Indicadores de desempenho, Índices de desempenho.

1. INTRODUÇÃO

A Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas «PAST21» (<http://past21.lnec.pt>) é um projecto de I&DT que envolve o LNEC, I.P. através do Núcleo de Engenharia Sanitária do Departamento de Hidráulica e Ambiente, a UNA-PD (Unidade de Negócio Água – Produção e Depuração), dez empresas e a Direcção de Engenharia das Águas de Portugal, S.G.P.S. S.A., a AGS, S.A., os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) de Almada e a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). Conta ainda com o apoio da Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental (APESB) e da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH) (Figura 1).

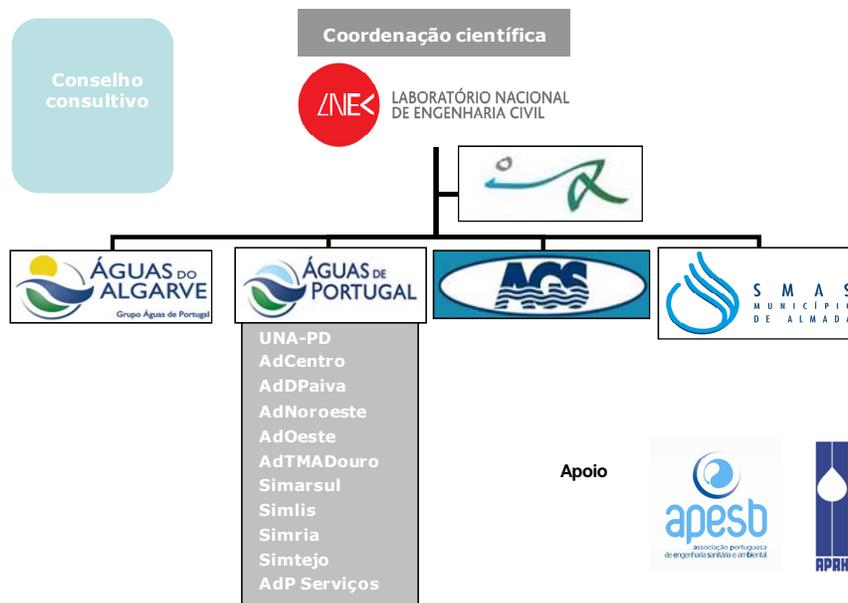


Figura 1 – Organograma do projecto PAST21.

O projecto foi iniciado em Maio de 2009, tem uma duração de dois anos e visa testar, a nível nacional, em 27 casos de estudo (10 ETA e 17 ETAR, Quadro 1), a segunda geração dos sistemas de avaliação de desempenho recentemente desenvolvidos para ETA (Vieira *et al.*, 2007, 2008a e 2008b; Alegre *et al.*, 2009; Vieira, 2009; Vieira *et al.*, 2009) e ETAR urbanas (Alegre *et al.*, 2009; Quadros *et al.*, 2009a e 2009b), assim como promover a avaliação de desempenho e o *benchmarking* de uma forma sistemática, com base em dados coerentes e fiáveis.

Os casos de estudo abrangem uma gama alargada de capacidades e sequências de tratamento a nível nacional. As 10 ETA são de média a grande dimensão (3.000-400.000 m³/d), com diferentes origens e operações/processos de tratamento – pré-oxidação (ozono, cloro e dióxido de cloro), correcção de pH, remineralização, precipitação química, adsorção, coagulação, floculação, decantação, flutuação, filtração, desinfecção. As 17 ETAR abrangem diferentes capacidades (2.300-220.000 e.p.), tipos de tratamento (*e.g.*, lamas activadas de diferentes tipologias, leitos percoladores e biofiltros; filtração, microtamização e desinfecção UV; condicionamento químico, espessamento, digestão anaeróbia e desidratação de lamas) e destinos finais (descarga e/ou reutilização).

Os sistemas de avaliação de desempenho de ETA (PAS_WTP – *Performance Assessment System – Water Treatment Plant*) e de ETAR urbanas (PAS_WWTP – *Performance Assessment System – WasteWater Treatment Plant*) são orientados por objectivos, normalizados e quantitativos,

direccionados para os aspectos operacionais e destinados a apoiar as tomadas de decisão no âmbito da operação e da reabilitação das instalações. Estão ambos implementados em ferramentas de cálculo automático (*PAStool*) e têm uma estrutura comum, que inclui uma componente de *avaliação de desempenho global* e uma componente de *avaliação de desempenho operacional* (Figura 2).

Quadro 1 – Casos de estudo do projecto PASi21 (10 ETA e 17 ETAR).

| Caso de estudo | Entidade gestora |
|--|--------------------------------------|
| ETA de Alcantarilha; ETA de Tavira; ETA de Fontainhas; ETA do Beliche ETAR de Vilamoura; ETAR de Almarginem; ETAR da Boavista | Águas do Algarve |
| ETA de Areias de Vilar; ETA da Queimadela | Águas do Cávado/Águas do Ave |
| ETA de Santa Águeda | Águas do Centro |
| ETA de Lever; ETA de Castelo de Paiva | Águas do Douro e Paiva |
| ETA do Peneireiro ETAR de Lamego | Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro |
| ETAR das Gaeiras; ETAR de Atouguia da Baleia | Águas do Oeste |
| ETAR de Sesimbra | Simarsul |
| ETAR Norte; ETAR de Fátima | Simlis |
| ETAR Sul | Simria |
| ETAR de Beirolas; ETAR da Ericeira | Simtejo |
| ETAR de Santarém | AGS |
| ETAR de Valdeão; ETAR da Quinta da Bomba; ETAR da Mutela; ETAR do Portinho da Costa | SMAS de Almada |

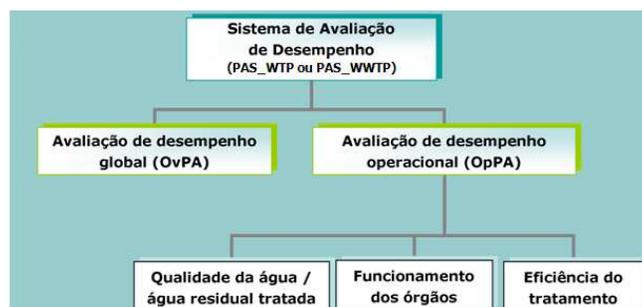


Figura 2 – Estrutura dos sistemas de avaliação de desempenho de ETA e ETAR urbanas.

Este artigo descreve os principais aspectos dos PAS desenvolvidos e dos módulos de introdução de dados das respectivas ferramentas de cálculo automático, assim como o programa de trabalhos e os resultados esperados deste projecto.

2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO GLOBAL DE ETA E ETAR URBANAS

A componente de *avaliação de desempenho global* (OvPA – *Overall Performance Assessment*) avalia o desempenho da estação como um todo, através de indicadores de desempenho (ID) que se destinam, por um lado, a apoiar a tomada de decisão a um nível superior de gestão e, por outro, a produzir informação útil à exploração da instalação. Em face dos objectivos de gestão da ETA/ETAR, os ID foram agrupados em oito domínios de avaliação: *Qualidade da água/água residual tratada; Eficiência e fiabilidade; Utilização de água, energia e materiais; Gestão de subprodutos; Segurança; Recursos humanos; Recursos económico-financeiros e Apoio ao planeamento e projecto* (este último

só aplicável a ETAR). No Quadro 2 apresentam-se os critérios de avaliação por domínio e alguns exemplos dos indicadores de desempenho global desenvolvidos (Vieira *et al.*, 2007, Quadros *et al.*, 2008, 2009a e 2009b; Vieira *et al.*, 2008a e 2009; Vieira, 2009). Os utilizadores dos sistemas deverão seleccionar os indicadores relevantes para os seus objectivos e critérios de avaliação específicos.

Quadro 2 – Domínios de avaliação e respectivos objectivos, critérios de avaliação e exemplos de ID global de ETA e ETAR urbanas.

| ETA/ETAR | CrITÉRIOS | Exemplos de ID |
|---|---|---|
| Domínio Qualidade da água/água residual tratada – avaliar o desempenho da estação em termos do cumprimento dos critérios de qualidade da água/água residual à saída da instalação e no ponto de entrega/consumo. | | |
| ETA | <i>Cumprimento de critérios de qualidade à saída da ETA</i> | tWQ02 – Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave |
| | <i>Preservação da qualidade da água após tratamento</i> | tWQ07 – Qualidade da água em THM no(s) ponto(s) de entrega/consumo |
| ETAR | <i>Conformidade da água descarregada pela ETAR</i> | wtWQ03.1 – Conformidade da água para descarga relativamente à qualidade (licença de descarga) |
| | <i>Qualidade da água descarregada</i> | wtWQ04 – Conformidade da água para descarga com outros critérios de qualidade |
| | <i>Conformidade da água para reutilização</i> | wtWQ05 – Conformidade da água para reutilização em n.º de análises realizadas |
| | <i>Qualidade microbiológica da água no(s) ponto(s) de entrega</i> | wtWQ08 – Qualidade microbiológica da água para reutilização no(s) ponto(s) de entrega |
| Domínio Eficiência e fiabilidade – avaliar o desempenho da estação em termos de robustez e flexibilidade. | | |
| ETA | <i>Grau de utilização do recurso hídrico</i> | tER01 – Utilização da origem de água |
| | <i>Capacidade da infra-estrutura</i> | tER04 – Adequação da capacidade de tratamento |
| | <i>Capacidade de reserva de reagentes</i> | tER10 – Reserva de reagentes |
| | <i>Continuidade de operação</i> | tER11 – Período diário de funcionamento |
| | <i>Optimização da dosagem de reagentes</i> | tER12 – Testes laboratoriais |
| | <i>Monitorização do processo</i> | tER13 – Monitorização da qualidade da água |
| | <i>Grau de automação</i> | tER15 – Controlo do doseamento de reagentes |
| | <i>Doseamento de reagentes alternativos</i> | tER19 – Possibilidade de doseamento de reagentes alternativos |
| | <i>Possibilidade de regular e de medir as doses de reagentes</i> | tER20 – Doseadores reguláveis |
| | <i>Inspeção de equipamento</i> | tER22 – Inspeção de equipamentos da fase líquida |
| | <i>Calibração de equipamento</i> | tER28 – Calibração de medidores de caudal |
| | <i>Interrupção do funcionamento</i> | tER33 – Interrupção do funcionamento de equipamentos de desidratação e transporte de lamas |
| | <i>Falhas no fornecimento de energia</i> | tER37 – Autonomia energética |
| ETAR | <i>Eficiência global da ETAR</i> | wtER02 – Eficiência mássica de estabilização de CBO ₅ |
| | <i>Capacidade da infra-estrutura</i> | wtER17 – Adequação da capacidade mássica em SST |
| | <i>Capacidade de reserva de reagentes</i> | wtER23 – Reserva de reagentes |
| | <i>Optimização da dosagem de reagentes</i> | wtER24 – Testes laboratoriais |
| | <i>Monitorização do processo</i> | wtER25 – Tipo de monitorização da qualidade da água/lamas |
| | <i>Grau de automação</i> | wtER28 – Controlo do arejamento |
| | <i>Inspeção de equipamento</i> | wtER33.2 – Bombas inspeccionadas |
| | <i>Calibração de equipamento</i> | wtER44 – Calibração de doseadores de reagentes |
| | <i>Interrupção do funcionamento</i> | wtER46 – Interrupção do funcionamento de arejadores |
| | <i>Falhas no fornecimento de energia</i> | wtER50 – Interrupção do funcionamento de equipamentos-chave devido a falhas de energia |
| <i>Qualidade do serviço</i> | wtER52 – Reclamações devidas ao funcionamento da ETAR | |
| Domínio Utilização de água, energia e materiais – avaliar a eficiência de utilização dos principais <i>inputs</i> da estação: água; energia; produtos químicos e meios de enchimento. | | |
| ETA/ETAR | <i>Consumo de água</i> | tRU01 – Eficiência de utilização de água na ETA wtRU01 – Consumo de água doce na ETAR |
| | <i>Consumo de energia</i> | (w)tRU03 – Consumo de energia |
| | <i>Consumo de produtos químicos</i> | tRU05 e wtRU04 – Consumo de ácidos e bases |
| | <i>Reposição de meios de enchimento</i> | tRU07 e wtRU06 – Reposição/substituição de meios de enchimento |

Quadro 2 (cont.) – Domínios de avaliação e respectivos objectivos, critérios de avaliação e exemplos de ID global de ETA e ETAR urbanas.

| ETA/ETAR | Crítérios | Exemplos de ID |
|--|---|--|
| Domínio Gestão de subprodutos – avaliar o desempenho da estação em termos de produção e gestão de subprodutos. | | |
| ETA | Produção de resíduos (lamas e meios de enchimento) | tBP01 – Produção de lamas |
| | Gestão de resíduos | tBP08 – Destino de meios de enchimentos rejeitados |
| ETAR | Produção e valorização de lamas | wtBP08 – Teor em matéria seca das lamas produzidas |
| | Produção e valorização de outros subprodutos sólidos ou líquidos (gradados, areias, óleos e gorduras e meios de enchimento) | wtBP10 – Escoamento de subprodutos |
| | Produção e valorização de biogás | wtBP18 – Valorização de biogás |
| | Emissão de GEE | wtBP19 – Emissão de gases de efeito de estufa |
| Domínio Segurança – avaliar o desempenho da estação em termos de segurança ambiental, de pessoas e de instalações. | | |
| ETA/ETAR | Derrame e fuga de produtos | tSa01 – Derrames e fugas de produtos químicos ou subprodutos wtSa01 – Derrames e fugas de produtos químicos; subprodutos ou águas residuais |
| | Segurança no trabalho | (w)tSa02 – Acidentes de trabalho e doenças profissionais |
| | Resposta à emergência | (w)tSa03 – Resposta à emergência |
| Domínio Recursos humanos – avaliar o desempenho da estação em termos de disponibilidade de pessoal afecto, da adequação da sua qualificação e formação, do absentismo e trabalho suplementar. | | |
| ETA/ETAR | Disponibilidade de recursos humanos | (w)tPe01 – Pessoal afecto ao tratamento |
| | Qualificação do pessoal | (w)tPe02 – Pessoal com formação superior |
| | Formação do pessoal | (w)tPe04 – Tempo total de formação |
| | Absentismo | (w)tPe07 – Absentismo por acidente de trabalho e doença profissional |
| | Trabalho suplementar | (w)tPe08 – Trabalho suplementar |
| Domínio Recursos económico-financeiros – avaliar o desempenho da estação em termos de rendimentos, gastos e sustentabilidade financeira. | | |
| ETA/ETAR | Rendimentos | (w)tFi01 – Rendimento unitário operacional ajustado |
| | Gastos | (w)tFi03 – Gasto unitário operacional ajustado |
| | | (w)tFi06 – Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento |
| Sustentabilidade financeira | (w)tFi10 – Rácio de cobertura de gastos operacionais ajustados | |
| Domínio Apoio ao planeamento e projecto – avaliar aspectos não directamente relacionados com a gestão da ETAR, mas que influenciam o seu desempenho ambiental e económico. | | |
| ETAR | Apoio ao planeamento e projecto | wtPD01 – Pessoal afecto ao planeamento e projecto wtPD02 – Área ocupada pelo sistema de tratamento |

3. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE ETA E ETAR URBANAS

Ao contrário da *avaliação de desempenho global*, que tem como objecto a ETA/ETAR como um todo, a componente *avaliação de desempenho operacional* (OpPA – *Operational Performance Assessment*) analisa em pormenor o desempenho de cada OPU (Operação ou Processo Unitário) ou etapa de tratamento da estação.

Esta componente do sistema de avaliação de desempenho segue uma metodologia baseada em funções de desempenho para obtenção de índices de desempenho (adimensionais) que cobrem os domínios de avaliação *Qualidade da água/água residual tratada*, *Eficiência e fiabilidade*, *Utilização de água, energia e materiais*, *Gestão de subprodutos* e *Recursos económico-financeiros* e estrutura-se em três subcomponentes: *Qualidade da água/água residual tratada*, *Eficiência do tratamento* e *Funcionamento dos órgãos* (Figura 2) (Vieira *et al.*, 2008b; Alegre *et al.*, 2009; Vieira, 2009; Vieira *et al.*, 2009).

A função de desempenho penaliza qualquer desvio a uma situação óptima em que a OPU em análise tem um desempenho máximo. A função converte cada valor da variável num índice de

desempenho, que assume valores entre zero e 300: o valor de 300 corresponde a uma situação em que o desempenho é “excelente”; valores entre 300 e 200 traduzem desempenhos “bons”; valores entre 200 e 100 são “aceitáveis”; o valor de 100 corresponde ao desempenho “mínimo aceitável”; valores inferiores a 100 traduzem já um desempenho “insatisfatório” e um índice zero significa que há “ausência ou interrupção da função (Figura 3).

Na componente *Qualidade da água*, foram definidas funções de desempenho de ETA para parâmetros físico-químicos de qualidade da água (legislados e não legislados) baseadas no limite de quantificação do método analítico (LQ) e no critério de qualidade da entidade gestora para o parâmetro em questão à saída da ETA (VL – Valor-limite). A forma geral da função de desempenho a aplicar aos parâmetros físico-químicos difere consoante o critério seja um VL máximo (e.g., turvação, Figura 3a) ou uma gama aconselhada (e.g., Índice de Saturação de Langelier, Figura 3b) (Vieira *et al.*, 2008b; Vieira, 2009; Vieira *et al.*, 2009). A função de desempenho genérica desenvolvida para ETAR (Alegre *et al.*, 2009) difere um pouco da concebida para ETA. O índice de desempenho excelente corresponde a valores que não excedam $0,2VL$ (e.g., CBO_5 , Figura 3c) ou LQ do parâmetro, o maior dos valores. A $0,5VL$ atribui-se um desempenho adequado (índice 200) e, portanto, entre $0,5VL$ e $0,2VL$ o desempenho é bom (200-300) e entre $0,5VL$ e VL o desempenho é aceitável (100-200). O índice zero corresponde à ausência de serviço e atribui-se quando se excede o desvio máximo permitido pelo diploma legal aplicável ao parâmetro ou com base no qual a licença de descarga foi estabelecida, i.e., $2,5VL$ para SST (DL 152/97 de 19 de Junho) e $2VL$ para os restantes parâmetros (DL 152/97 ou Anexo XVIII do DL 236/98 de 1 de Agosto).

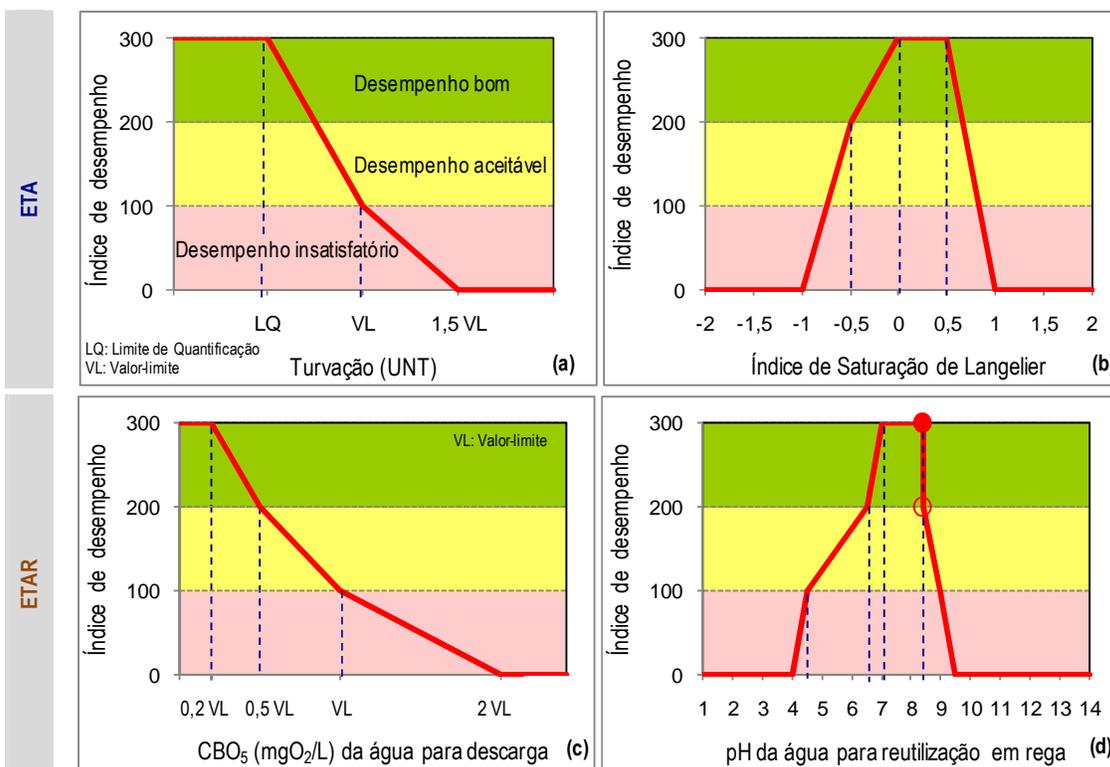


Figura 3 – Exemplos de funções de desempenho para avaliação de desempenho de ETA/ETAR em termos de qualidade da água/água residual tratada.

Em ETAR, a componente *Qualidade da água residual tratada* considera dois tipos de água: a água para descarga e a água para reutilização. As funções de desempenho para os parâmetros de qualidade da água tratada para descarga foram desenvolvidas com base nos critérios estabelecidos no DL 152/97 e no DL 236/98, habitualmente considerados em licenças de descarga. Para a água para reutilização, definiram-se funções de desempenho para os parâmetros de qualidade contemplados no DL 236/98 (consoante o destino da água) ou na norma Portuguesa NP 4434. Para o mesmo parâmetro (e.g., pH, Figura 3d), os VL poderão ser mais exigentes na água para reutilização do que na água para descarga.

Nas componentes *Eficiência do tratamento* e *Funcionamento dos órgãos* analisa-se em pormenor o desempenho de cada OPU ou etapa de tratamento (tratamento preliminar, primário, secundário e de afinação em ETAR) da fase líquida (água/água residual) e da fase sólida (lamas).

Os índices operacionais de *Eficiência do tratamento* propostos são calculados com base na qualidade da água/lamas produzidas nas diferentes OPU. Dados reais revelaram que, tanto em ETA (Vieira *et al.*, 2008b; Vieira, 2009; Vieira *et al.*, 2009) como em ETAR (Alegre *et al.*, 2009), a concentração afluente à OPU é um dos parâmetros de qualidade que influencia a eficiência de remoção, sendo a relação habitual descrita por equações do tipo $y = x/(a+bx)$.

Para estes casos em que as eficiências dependem da concentração afluente desenvolveu-se uma metodologia para obtenção das funções de desempenho que tem em conta a especificidade de cada OPU/etapa em avaliação. Esta metodologia envolve a compilação de um conjunto de valores reais para uma ou, preferencialmente, várias instalações (desde que comparáveis em termos de tipo de órgão e modo de funcionamento da OPU) e a obtenção das curvas-modelo máxima, mínima e média. Estas curvas são obtidas através do ajuste aos valores de eficiência que permitem atingir o valor mínimo (curva-modelo máxima) e o valor-limite (curva-modelo mínima) estabelecido para determinado parâmetro à saída da OPU/etapa, e do ajuste médio dos valores reais (curva-modelo média). As curvas-modelo e a gama típica (reunião da gama típica bibliográfica com a gama indicada no Anexo I do DL 152/97, se existente para o parâmetro em análise) permitem gerar, para cada concentração afluente, uma função de desempenho que, ao ser aplicada ao valor de eficiência, origina um índice de desempenho em termos de *Eficiência do tratamento* (Alegre *et al.*, 2009).

Na Figura 4 apresentam-se funções de desempenho geradas para ETAR urbanas para três valores de concentração afluente em CBO₅, representativas de uma água residual doméstica de concentração fraca (100 mgO₂/L), média (200 mgO₂/L) e muito forte (500 mgO₂/L). Esta figura ilustra o importante papel da concentração afluente na função de desempenho da eficiência do tratamento secundário. Dependendo da concentração afluente, uma eficiência de remoção de CBO₅ de, por exemplo, 90% pode corresponder a um desempenho bom (para concentração fraca em CBO₅, 100 mgO₂/L), aceitável (para concentração média, 200 mgO₂/L) ou insatisfatório (para concentração muito forte, 500 mgO₂/L) (Figura 4).

Na componente de *Funcionamento dos Órgãos* foram identificadas, para cada OPU: (i) as condições críticas de operação e respectivos valores teóricos recomendados; (ii) os parâmetros de qualidade da água/água residual e lamas que influenciam a sua operação e (iii) os principais problemas de funcionamento (Alegre *et al.*, 2009; Vieira *et al.*, 2008b; Vieira, 2009; Vieira *et al.*, 2009). Para cada uma destas variáveis, foram definidas funções de desempenho que permitem obter índices de desempenho. Estas funções de desempenho (Figura 5) foram estabelecidas com base em gamas recomendadas na bibliografia para cada parâmetro de operação, atribuindo-se o índice 100 (desempenho mínimo aceitável) aos valores inferiores (Li) e superiores (Ls) dessa gama. O índice 200 corresponde à gama de valores da variável à qual está associado o melhor compromisso entre a eficiência de tratamento e a eficiência económica da OPU/etapa e é nulo quando se atinge ou excede uma tolerância de 25% sobre a gama recomendada (i.e., $\leq 0,75$ mínimo teórico e $\geq 1,25$ máximo teórico). O índice 300 não foi contemplado nestas funções de desempenho porque depende das

condições específicas de operação de cada instalação de tratamento. Desta forma, uma ETA/ETAR que queira estender os índices desta componente à gama 200-300 (desempenho bom-excelente) numa ou em várias OPU/etapas deverá evidenciar, através de estudos de optimização, as condições óptimas dessas OPU/etapa (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 (Alegre *et al.*, 2009).

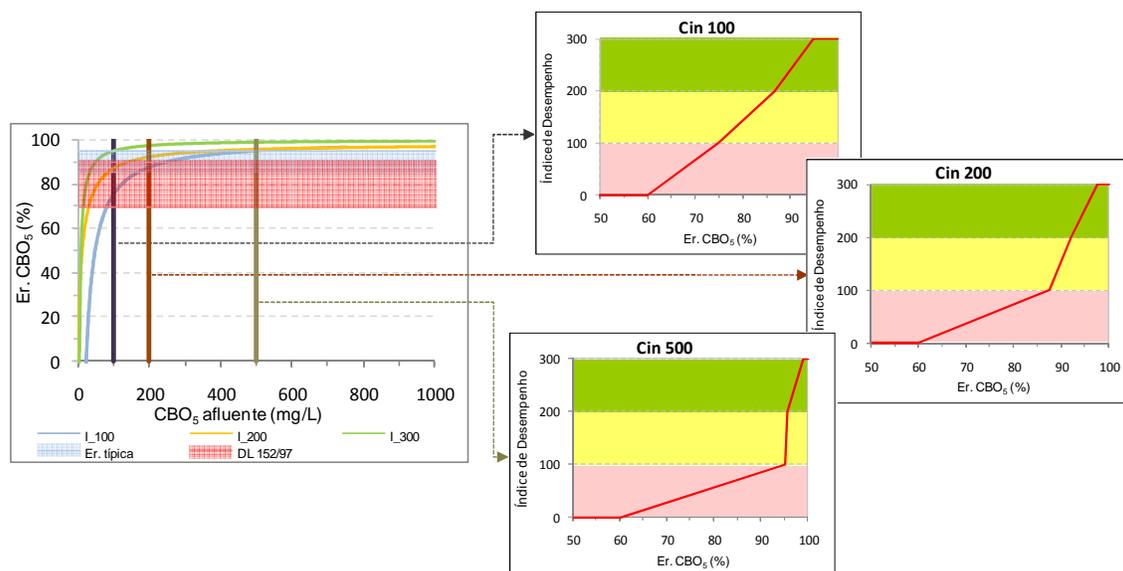


Figura 4 – Eficiência de remoção de CBO₅ no tratamento secundário por lamas activadas vs. concentração afluente e respectivas funções de desempenho para concentrações afluentes de 100, 200 e 500 mgO₂/L.

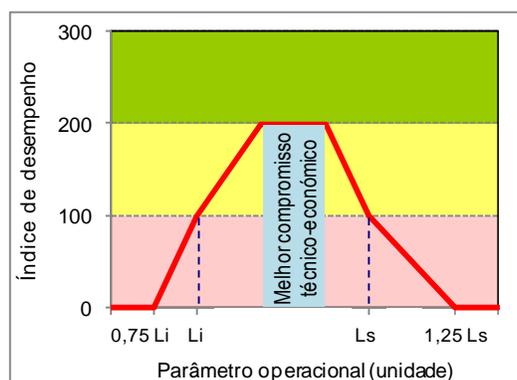


Figura 5 – Exemplo de uma função de desempenho para avaliação de desempenho da ETA/ETAR em termos do funcionamento dos órgãos.

Os índices de desempenho operacional foram concebidos de forma a serem adimensionais, tendo em vista permitir a sua agregação. Ou seja, o sistema proposto permite a futura agregação dos índices obtidos para cada elemento da instalação num índice de desempenho para cada uma das três componentes da avaliação de desempenho operacional. Os três índices assim gerados podem, por sua vez, agregar-se num índice do desempenho operacional global da ETA/ETAR. Assim, a metodologia proposta permite produzir valores de desempenho operacional quer ao nível de cada OPU/etapa, quer (futuramente) ao nível da estação.

4. FERRAMENTAS DE CÁLCULO AUTOMÁTICO *PAS*tool

Os sistemas de avaliação de desempenho, se aplicados na sua totalidade, envolvem o tratamento de um elevado volume de dados para o cálculo das variáveis e das medidas de desempenho e respectiva visualização de resultados. A aplicação manual destes sistemas corresponderia portanto a uma tarefa morosa e complexa. Para obviar esta limitação, foram concebidas e desenvolvidas as ferramentas de cálculo automático *PAS*tool_WTP e *PAS*tool_WWTP que implementam a segunda geração dos sistemas de avaliação de desempenho de ETA e ETAR urbanas em Microsoft Excel® com programação em *Visual Basic for Applications* (VBA). Estas ferramentas adaptam-se a qualquer ETA/ETAR e sucedem uma primeira versão, também em VBA, que implementava a primeira geração do PAS de ETA convencional (na componente operacional da fase líquida) (Vieira *et al.*, 2008c; Vieira, 2009; Vieira *et al.*, 2009). Além de um módulo de inicialização, cada ferramenta *PAS*tool inclui quatro módulos de introdução de dados (dois módulos de qualidade da água/água residual e lamas e dois módulos de dados de operação) e quatro módulos de cálculo, correspondentes às componentes dos sistemas de avaliação de desempenho (Figura 6).

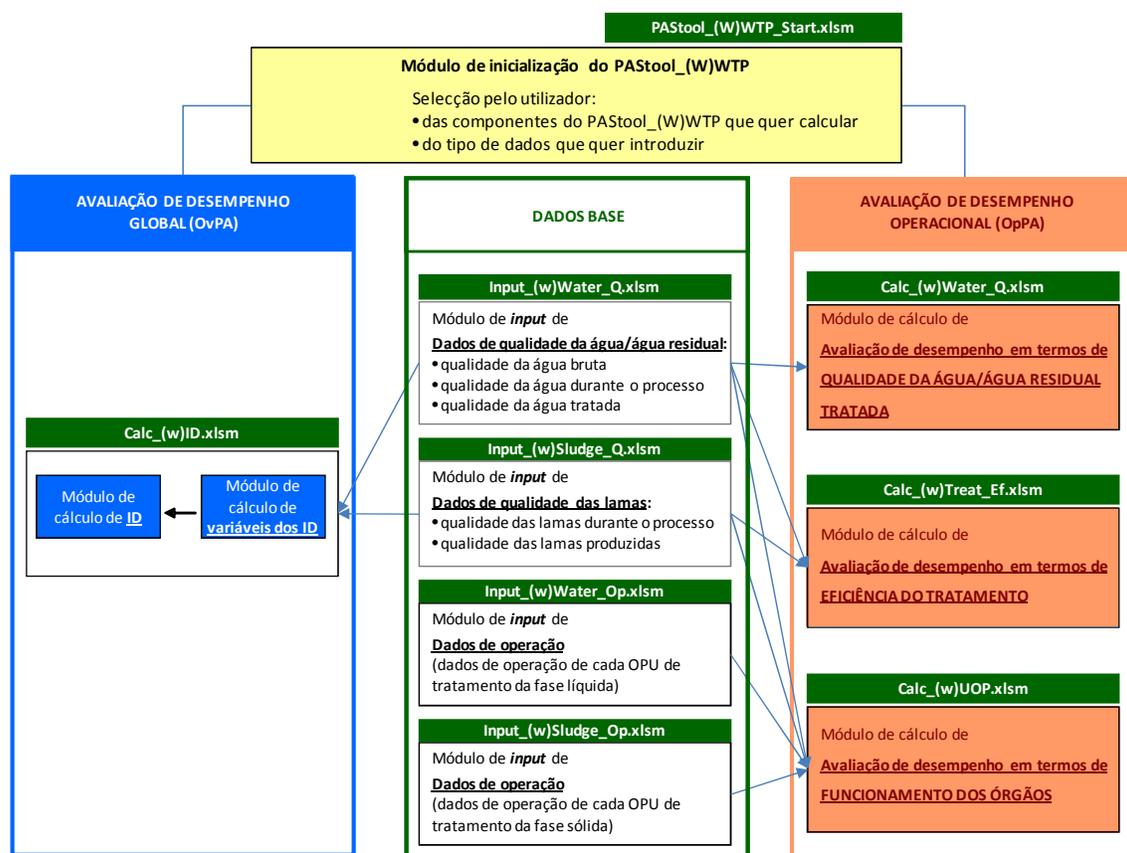


Figura 6 – Estrutura das ferramentas computacionais *PAS*ool_(W)WTP que implementam o cálculo automático dos sistemas de avaliação de desempenho desenvolvidos.

Os ficheiros *Input_(w)Water_Q.xlsm* e *Input_(w)Sludge_Q.xlsm* são módulos de introdução de dados destinados ao armazenamento de dados de qualidade de água/água residual e lamas relativos às várias fases do processo de tratamento, respectivamente. Servem de base ao cálculo de índices de desempenho em termos de qualidade de água tratada (*Calc_(w)Water_Q.xlsm*) e de eficiência do tratamento (*Calc_(w)Treat_Ef.xlsm*), sendo alguns deles também utilizados no módulo que avalia o

desempenho em termos de funcionamento dos órgãos (*Calc_(w)UOP.xlsm*). Os dados relativos à qualidade da água tratada são também utilizados no módulo *Calc_(w)ID.xlsm*, que calcula indicadores de desempenho.

Na Figura 7 apresentam-se algumas das folhas contidas no módulo de introdução de dados de qualidade da água *Input_Water_Q.xlsm*. A folha "OPU" destina-se à selecção das OPU existentes na ETA para configuração das folhas de introdução de dados de qualidade da água. Esta folha contempla, por defeito, tanto em ETA como em ETAR, várias operações/processos unitários de tratamento de água e permite inserir outras não previstas. A folha "Parâmetros" destina-se à selecção dos parâmetros de qualidade da água a inserir nas folhas de introdução de dados (que se destinam a armazenar os dados de qualidade de água para as várias fases do tratamento).

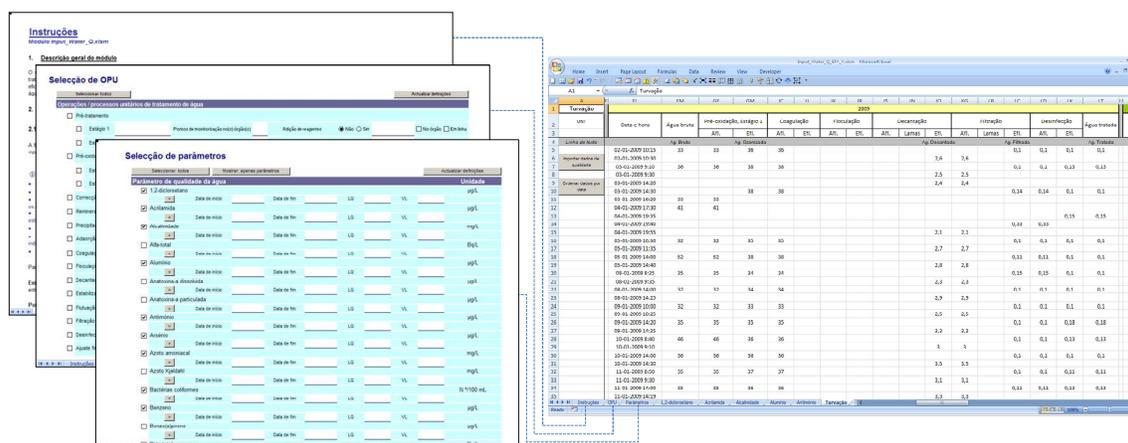


Figura 7 – Screenshots do módulo de introdução de dados de qualidade da água *Input_Water_Q.xlsm* do *PAStool_WTP*.

Os ficheiros *Input_(w)Water_Op.xlsm* e *Input_(w)Sludge_Op.xlsm* são módulos de introdução de dados destinados ao armazenamento de dados de operação que servem de base ao cálculo de índices de desempenho em termos de funcionamento dos órgãos (no módulo *Calc_(w)UOP.xlsm*). Estes módulos contêm também a folha "OPU" para selecção das OPU existentes na instalação (importação dessas definições a partir dos módulos *Input_(w)Water_Q.xlsm* *Input_(w)Sludge_Q.xlsm*) para configuração das folhas de introdução de dados de operação correspondentes às OPU. Nas folhas de introdução de dados deve ser seleccionado o tipo de operação, por exemplo, nas ETAR com decantação primária deve-se seleccionar decantação convencional, decantação convencional com retorno de lamas em excesso ou decantação acelerada (Figura 8). Cada folha encontra-se dividida em duas partes: uma onde constam os parâmetros operacionais a calcular (e.g., tempo de retenção hidráulico) e outra onde constam os dados de base que suportam o cálculo desses parâmetros operacionais (e.g., volume do órgão e caudal de água).

O ficheiro *Calc_(w)ID.xlsm* é um módulo de introdução de dados e de cálculo de indicadores de desempenho. Este módulo permite calcular os indicadores de desempenho da componente de *Avaliação de Desempenho Global (OvPA)* a partir dos dados de base carregados no mesmo módulo e da importação automática dos dados de qualidade de água tratada (*Input_(w)Water_Q.xlsm*) e de lamas (*Input_(w)Sludge_Q.xlsm*). Este módulo encontra-se organizado por três conjuntos de folhas. Para as ETAR (Figura 9): (i) o primeiro conjunto contém três folhas, uma de selecção ("Seleção_wtID"), outra de cálculo ("Calc_wtID") de indicadores e a terceira de representação gráfica dos resultados ("Gráficos"); (ii) o segundo contém duas folhas de variáveis ("Períodos" e "Variáveis") para o cálculo dos ID e (iii) o terceiro conjunto contém 31 folhas para inserção de dados base.

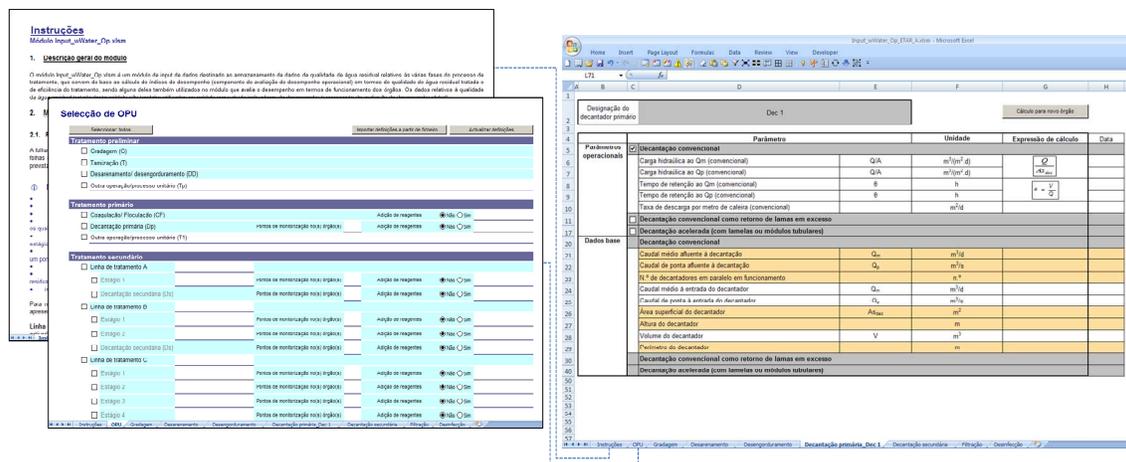


Figura 8 – Screenshots do módulo de introdução de dados de operação *Input_wWater_Op.xlsm* do *PASTool_WWTP*.

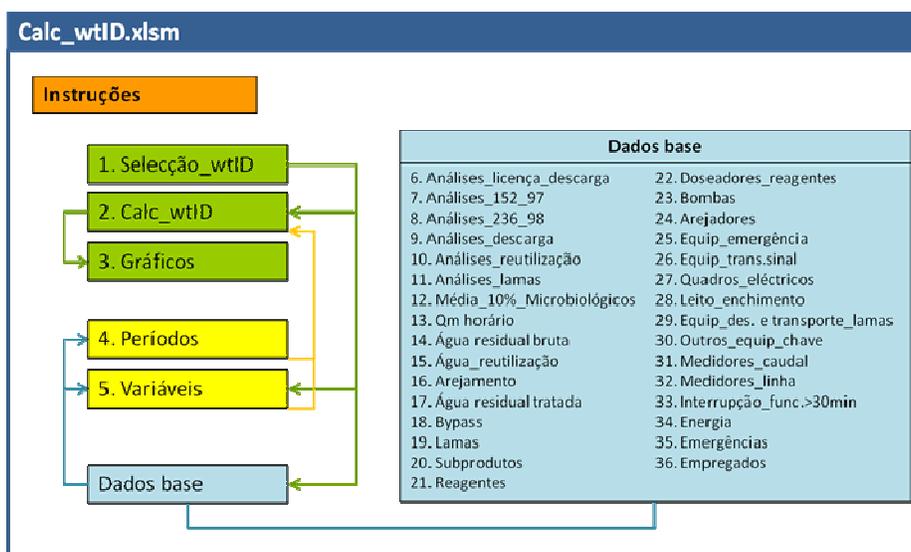


Figura 9 – Estrutura do módulo de cálculo dos indicadores de desempenho globais *Calc_wtID.xlsm*.

A folha "Seleção_wtID" destina-se à selecção dos indicadores de desempenho e do seu cálculo individualizado por, e.g., diferentes parâmetros, reagentes, meios de enchimento, fase líquida/fase sólida para configuração das folhas "Calc_wtID" e "Variáveis". A folha "Calc_wtID" destina-se ao cálculo dos indicadores de desempenho seleccionados na folha "Seleção_wtID". Esta folha encontra-se organizada por domínio de avaliação de desempenho e inclui a seguinte informação relativa a cada ID: código e nome do indicador, unidade em que é expresso, expressão de cálculo na forma escrita e através dos códigos das variáveis e resultados obtidos no período analisado. As variáveis para o cálculo dos ID podem ser introduzidas directamente na folha "Variáveis" ou podem ser calculadas a partir de dados de base introduzidos noutras folhas existentes no mesmo módulo. Esta folha encontra-se organizada por categoria da variável (volumes de água e cargas, infra-estruturas, operação e manutenção, subprodutos, segurança, recursos humanos, recursos económico-financeiros e apoio ao planeamento e projecto) e inclui a seguinte informação relativa a cada variável: código e nome da variável, unidade em que é expressa, códigos dos indicadores em que são usadas, resultados obtidos no período analisado e folhas auxiliares necessárias ao seu cálculo.

5. ACÇÕES A DESENVOLVER

O projecto tem por base um programa de trabalhos de dois anos iniciado em Maio de 2009 (Quadro 3), cujas principais fases são comuns ao conjunto de entidades gestoras e que contemplam uma grande dinâmica de trabalho entre participantes, nomeadamente através da realização de reuniões periódicas individuais e colectivas e de um portal (<http://past21.lnec.pt>), que inclui um fórum de discussão electrónico. Inclui ainda a realização de duas acções de formação e de uma *workshop* de avaliação intercalar com a participação de um conselho consultivo.

Quadro 3 – Cronograma das acções do projecto PAST21.

| Acção | Duração do projecto (24 meses) | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-------|-------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | 1 a 3 | 4 a 6 | 7 a 9 | 10 a 12 | 13 a 15 | 16 a 18 | 19 a 21 | 22 a 24 |
| Desenvolvimento da 2.ª geração dos PAS e da ferramenta <i>PAStool</i> | | | | | | | | |
| Reunião de arranque e AF1 | 1.º mês | | | | | | | |
| Estabelecimento de objectivos e áreas de avaliação: | | | | | | | | |
| globais | | | | | | | | |
| operacionais | | | | | | | | |
| Recolha de dados: | | | | | | | | |
| OpPA_Water_Q, OpPA_Treat_Ef | | | | | | | | |
| PI OvPA | | | | | | | | |
| OpPA_UOP | | | | | | | | |
| Cálculo preliminar das medidas de desempenho | | | | | | | | |
| PAS_OvPA | | | | | | | | |
| PAS_OpPA | | | | | | | | |
| Análise dos resultados das medidas de desempenho | | | | | | | | |
| Cálculo final de medidas de desempenho | | | | | | | | |
| Melhoria dos PAS | | | | | | | | |
| Avaliação intercalar do estudo | | RR1 | RR2 | RR3 | RR4 | R5 | | |
| <i>Workshop</i> geral com CC | | | | | | | 18.º mês | |
| Reunião final e AF2 | | | | | | | | 24.º mês |
| Relatórios finais | | | | | | | | |

AF: Acção de formação; RR: reunião e relatório de progresso; R: reunião; CC: Conselho consultivo

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A iniciativa PAST21 visa testar, a nível nacional, os mais recentes e abrangentes sistemas de avaliação de desempenho desenvolvidos para ETA e ETAR urbanas, assim como promover a avaliação de desempenho e o *benchmarking* de uma forma sistemática, com base em dados coerentes e fiáveis.

Este projecto tem como benefícios para as entidades gestoras: (i) aumentar a eficiência e eficácia dos serviços prestados e a visibilidade institucional; (ii) aumentar as competências em

avaliação de desempenho, aplicando pioneiramente os PAS desenvolvidos para ETA e ETAR urbanas; (iii) contribuir para a melhoria e beneficiação do PAS; (iv) beneficiar (e partilhar) da experiência de outras entidades gestoras nacionais na operação de ETA/ETAR; (v) aceder a formação especializada na implementação, utilização e manutenção dos PAS e (vi) ter disponível, no fim do projecto, a ferramenta de cálculo automático *PAStool*.

Com este projecto espera-se validar e melhorar a robustez e aplicabilidade dos sistemas de avaliação de ETA e de ETAR urbanas a instalações de diferentes capacidades e sequências de tratamento e em diferentes contextos, bem como estabelecer valores de referência para as medidas de avaliação de desempenho e analisar formas de agregar/integrar as várias componentes dos sistemas. Espera-se ainda identificar subconjuntos de indicadores de desempenho com objectivos específicos, e.g., gestão estratégica, gestão operacional (por exemplo, optimização do consumo de reagentes e de energia) ou *benchmarking* externo.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (projecto POCI-PPCDT/ECM/57909/2004) e pela Águas do Algarve, S.A. (projecto ETA21 – Estudos de Avaliação de Desempenho e de Optimização das Estações de Tratamento de Água).

A primeira geração dos sistemas de avaliação de ETA e de ETAR urbanas foi desenvolvida no âmbito das teses de Doutoramento de Paula Vieira (ETA), no LNEC/Universidade do Algarve e de Sílvia Quadros (ETAR), no LNEC/Universidade dos Açores.

BIBLIOGRAFIA

- Alegre, H.; Vieira, P.; Rosa, M. J.; Quadros, S.; Ramalho, P.; Silva, C. – “*Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Água e de Estações de Tratamento de Águas Residuais – Relatório Final*”. Projecto POCI/ECM/57909/2004 e Projecto PPCDT/ECM/57909/2004 (2005/2009), Julho, 2009.
- Quadros, S.; Rosa, M.J.; Alegre, H. – “*Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas. Proposta de indicadores de desempenho global*”. in *Anais 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã (Portugal), 14-17 Out. 2008, 15 pp.
- Quadros, S.; Rosa, M.J.; Alegre, H. – “*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, 2009a, 206 pp.
- Quadros, S.; Rosa, M.J.; Alegre, H.; Silva, C. – “*A performance indicators system for urban wastewater treatment plants*”. *Pi09 - International Conference on Benchmarking water services - the way forward*, Amsterdão, Holanda, 12-13 Mar. 2009b. 8 pp.
- Vieira, P.; Alegre, H.; Rosa, M. J. – “*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. LNEC, Lisboa, 2007, 82 pp.
- Vieira, P.; Alegre, H.; Rosa, M. J.; Lucas, H. – “*Drinking water treatment plants assessment through performance indicators*”. *Water Science and Technology - Water Supply*, 8(3) 245-253, 2008a.
- Vieira, P.; Rosa, M. J.; Alegre, H.; Lucas, H. – “*Metodologia para avaliação de desempenho operacional de ETA*”. in *Anais do 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã (Portugal), 14-17 Out. 2008b, 14 pp.

- Vieira, P.; Ramalho, P.; Rosa, M. J.; Alegre, H.; Silva, C.; Lucas, H. – “*Uma ferramenta de cálculo automático para avaliação de desempenho de ETA*”, in *Anais do 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã (Portugal), 14-17 Out. 2008c, 14 pp.
- Vieira P.; Rosa M. J.; Alegre H.; Ramalho P.; Silva C.; Lucas H. – “*Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água*”. *Águas & Resíduos*, série III. n.º 9, Janeiro/Abril 2009, pp 4-17.
- Vieira, P. – “*Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água para consumo humano*”. Tese de Doutoramento em Ciências e Tecnologias do Ambiente, especialidade de Tecnologias do Ambiente, pela Universidade do Algarve, Faro, 2009.