

INTEGRAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO GLOBAL E DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE ETA

Paula VIEIRA (1), Maria João ROSA (2), Helena ALEGRE (3)

Resumo

O Sistema de Avaliação de Desempenho desenvolvido no LNEC especificamente para estações de tratamento de água para consumo humano (PAS_WTP) inclui medidas de avaliação do desempenho global da ETA (indicadores de desempenho) e medidas de avaliação do desempenho operacional (índices de desempenho). Para que possam ser efectivamente utilizadas em processos de tomada de decisão, estas medidas de desempenho beneficiariam aparentemente de algum grau de agregação que permitisse dispor de medidas de desempenho para um conjunto de operações/processos unitários ou mesmo para toda a ETA. Contudo, todos os métodos actualmente disponíveis para efectuar essa agregação têm associada uma perda de informação que pode ser relevante para a tomada de decisão. Como tal, apresenta-se nesta comunicação uma metodologia baseada noutro tipo de abordagem, mais transparente e igualmente expedita, que permite realizar uma avaliação integrada do desempenho de ETA.

A metodologia inicia-se com uma análise global, recorrendo à componente de Avaliação de Desempenho Global do PAS_WTP, para identificação dos domínios problemáticos, ou seja, onde o desempenho é inferior ao desejado face aos objectivos e metas previamente estabelecidos pela entidade gestora. Numa segunda fase, são analisados em pormenor os aspectos de operação responsáveis pelo menor desempenho e procuram-se oportunidades para melhoria, recorrendo-se, para tal, à componente de Avaliação de Desempenho Operacional do PAS_WTP.

Palavras-chave: avaliação de desempenho global, avaliação de desempenho operacional, metodologia integrada, tratamento de água.

¹ Eng.^a Química, Doutorada em Ciências e Tecnologias do Ambiente, Investigadora Auxiliar do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, pvieira@Inec.pt

² Eng.^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@Inec.pt

³ Eng.^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@Inec.pt

1. INTRODUÇÃO

A avaliação de desempenho é um tema de interesse crescente na indústria da água devido ao facto de, na última década, as entidades gestoras (EG) dos serviços de abastecimento de água terem vindo a incorporar princípios de sustentabilidade e de melhoria contínua nas suas práticas de gestão. A nível internacional, são inúmeras as aplicações de sistemas de avaliação de desempenho desenvolvidos por diversos autores e instituições (e.g., Alegre, *et al.*, 2000, Matos *et al.*, 2003; OfWat, 2005; Alegre, *et al.*, 2006; Worldbank, 2006; DWA, 2008).

O sistema de avaliação de desempenho desenvolvido no LNEC especificamente para estações de tratamento de água para consumo humano (PAS_WTP) (Vieira *et al.*, 2008; Vieira, 2009; Vieira *et al.*, 2009; Vieira *et al.*, 2010) inclui medidas de avaliação do desempenho global da ETA (indicadores de desempenho) destinadas, sobretudo, ao apoio à decisão a um nível mais elevado de gestão técnica e medidas de avaliação do desempenho operacional (índices de desempenho) dirigidas, especialmente, ao apoio à decisão a um nível operacional.

Para que possam ser efectivamente utilizadas em alguns processos de tomada de decisão, estas medidas de desempenho beneficiariam aparentemente de algum grau de agregação que permitisse dispor de medidas de desempenho para um conjunto de operações/processos unitários (OPU) ou mesmo para toda a estação. Estão disponíveis, actualmente, vários métodos para efectuar essa agregação, mas a todos eles está associada uma perda de informação que pode ser relevante para a tomada de decisão. Além disso, medidas mais agregadas mascaram situações pontuais que se afastam do comportamento dominante no período de referência e às quais estão habitualmente associadas as oportunidades de melhoria de desempenho. Consequentemente, considera-se que a opção por outro tipo de abordagem, mais transparente e igualmente expedita, beneficiará a tomada de decisão, tornando-a mais sustentada e conferindo-lhe maior robustez.

Apresenta-se nesta comunicação uma metodologia que permite realizar uma avaliação integrada do desempenho de ETA utilizando os resultados das várias componentes do PAS_WTP. Esta metodologia, desenvolvida no âmbito de uma tese de doutoramento e de dois projectos de investigação (Fundação para a Ciência e Tecnologia; Águas do Algarve, S.A.), é aplicável a sequências de tratamento convencional constituídas por pré-oxidação, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção final.

2. MEDIDAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO INCLUÍDAS NO SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ETA

O PAS_WTP inclui medidas de desempenho de dois tipos: indicadores de desempenho e índices de desempenho. Ambas são medidas quantitativas da eficiência (grau de optimização dos recursos disponíveis para a produção de um serviço) ou da eficácia (grau de cumprimento dos objectivos) de um aspecto particular do serviço prestado pela entidade gestora da ETA (Alegre, 2007; Sjøvold, 2008). No entanto, existem algumas diferenças que determinam o nível de avaliação de desempenho (global ou operacional) para o qual são mais apropriadas.

Os **indicadores de desempenho** (PI) são, na maioria dos casos, calculados pela razão entre duas variáveis da mesma natureza ou de natureza distinta, sendo adimensionais (e.g., expressos em percentagem) ou intensivos (e.g., expressos em g/m^3), respectivamente. O cálculo destas medidas é feito com dados históricos da operação da estação e os resultados

referem-se a um período de referência que, em geral, é um ano. Os indicadores *per se* não emitem qualquer tipo de juízo em termos do maior ou menor desempenho, sendo necessário compará-los com metas previamente especificadas atendendo aos objectivos da EG ou com valores de referência.

Assim, atendendo às suas características, os indicadores de desempenho destinam-se, sobretudo, a efectuar uma avaliação de desempenho da ETA como um todo e podem ser usados nos processos de tomada de decisão a um nível superior de gestão. São estas as medidas que integram a componente de Avaliação de Desempenho Global do PAS_WTP (OvPA), estando agrupadas em sete domínios de avaliação: *qualidade da água tratada; eficiência e fiabilidade; utilização de água, energia e materiais; gestão de subprodutos; segurança; recursos humanos e recursos económico-financeiros*. Em cada domínio, os critérios de avaliação relevantes para o desempenho (e.g., cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA, grau de utilização do recurso hídrico, capacidade da infra-estrutura, continuidade de operação, optimização da dosagem de reagentes, monitorização do processo, ocorrência de falhas, consumo de água, consumo de energia, consumo de reagentes, produção de resíduos, derrame e fuga de produtos, segurança no trabalho, disponibilidade de recursos humanos, absentismo, sustentabilidade financeira) são avaliados pelas medidas de desempenho. No Quadro 1 apresentam-se exemplos de indicadores pertencentes a alguns dos domínios de avaliação referidos (os relevantes para a compreensão da secção 3. deste artigo).

Quadro 1 – Medidas para Avaliação de Desempenho Global de ETA

Domínio de avaliação	Exemplos de indicadores de desempenho
Qualidade da água tratada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tWQ01: Conformidade dos resultados das análises [%] = $\frac{\text{Análises conformes com os critérios de qualidade definidos pela EG (n.º)}}{\text{Análises realizadas à água tratada (n.º)}} \times 100$ ▪ tWQ02: Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave [%] = $\frac{\text{Análises dos parâmetros Fe, Mn, Al, turvação, THM, bromato e bactérias coliformes conformes com os critérios (n.º)}}{\text{Análises dos parâmetros Fe, Mn, Al, turvação, THM, bromato e bactérias coliformes realizadas (n.º)}} \times 100$ ▪ tWQ05: Qualidade da água em cloro residual mínimo no(s) ponto(s) de entrega/consumo [%] = $\frac{\text{Média dos 10\% de valores mais baixos de cloro residual livre (mg/l) - VLmínimo de cloro residual livre (mg/l)}}{\text{VLmínimo de cloro residual livre (mg/l)}} \times 100$ ▪ tWQ06: Qualidade da água em cloro residual máximo no(s) ponto(s) de entrega/consumo [%] = $\frac{\text{Média dos 10\% de valores mais elevados de cloro residual livre (mg/l)}}{\text{VLmáximo de cloro residual livre (mg/l)}} \times 100$ ▪ tWQ07: Qualidade da água em THM no(s) ponto(s) de entrega/consumo [%] = $\frac{\text{Média dos 10\% de valores mais elevados de THM (\mu g/l)}}{\text{VL}_{\text{THM}} (\mu g/l)} \times 100$ ▪ tWQ08: Qualidade da água nos pontos de consumo com valores mais elevados dos parâmetros microbiológicos [% ou unidade do parâmetro microbiológico] = $\frac{\text{Média dos 10\% de valores mais elevados do parâmetro microbiológico (unid. conc.)}}{\text{VLparâmetro microbiológico (unidades de concentração)}} \times 100 \quad (\text{quando VL} \neq 0)$ ▪ Média dos 10% de valores mais elevados de parâmetros microbiológicos (quando VL = 0)

Quadro 1 (cont.) – Medidas para Avaliação de Desempenho Global de ETA

Domínio de avaliação	Exemplos de indicadores de desempenho		
Utilização de água, energia e materiais	<ul style="list-style-type: none"> tRU01: Eficiência de utilização de água na ETA [%] = $\frac{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}{\text{Água bruta (m}^3\text{)}} \times 100$ tRU02: Água recirculada na ETA [%] = $\frac{\text{Água recirculada (m}^3\text{)}}{\text{Água bruta (m}^3\text{)}} \times 100$ tRU03: Consumo de energia [kWh/m³] = $\frac{\text{Energia consumida (kWh)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$ tRU04: Consumo de ácidos e bases [eq/m³] = $\frac{\text{Ácidos e bases consumidos (eq.)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$ tRU05: Consumo de coagulantes e floculantes [g/m³] = $\frac{\text{Coagulantes e floculantes consumidos (kg)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \times 10^3$ tRU06: Consumo de oxidantes [g/m³] = $\frac{\text{Oxidantes consumidos (kg)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \times 10^3$ tRU07: Reposição de meios de enchimento [%/ano] = $\frac{\text{Meio de enchimento novo para reposição (m}^3\text{/ano)}}{\text{Meio de enchimento de todos os órgãos (m}^3\text{)}} \times 100$ 		
	Gestão de subprodutos	<ul style="list-style-type: none"> tBP01: Produção de lamas [g/(m³.UNT)] = $\frac{\text{Lamas produzidas (kg)} \times 1000}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$ (quando turvação_{AB} < 10 UNT) tBP01: Produção de lamas [g/(m³.UNT)] = $\frac{\text{Lamas produzidas (kg)} \times 1000}{\text{Água tratada (m}^3\text{)} \times \text{Turvação da água bruta (UNT)}}$ (quando turvação_{AB} ≥ 10 UNT) tBP02: Teor em matéria seca das lamas produzidas [% p/p] = % matéria seca tBP03: Rejeição de meios de enchimento [m³/10⁶ m³ ou kg/10⁶ m³] = $\frac{\text{Meios de enchimento rejeitados (m}^3\text{ ou kg)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \times 10^6$ 	
		Recursos económico-financeiros	<ul style="list-style-type: none"> tFi06: Gastos com energia [Euro/m³] = $\frac{\text{Gastos com energia eléctrica (Euro)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$ tFi07: Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento [Euro/m³] = $\frac{\text{Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento (Euro)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$ tFi08: Gastos com deposição/valorização de subprodutos [Euro/m³] = $\frac{\text{Gastos com deposição/valorização de subprodutos (Euro)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$

Os **índices de desempenho** (PX) são calculados por aplicação de funções de desempenho a variáveis de operação (e.g., concentrações de contaminantes na água tratada, eficiências de remoção, velocidades, cargas hidráulicas, tempos de retenção). Os índices são adimensionais e encontram-se todos na mesma escala de 0 a 300, correspondendo o valor 300 à situação óptima na qual o desempenho é máximo. Valores entre 300 e 200 traduzem um desempenho “bom”, entre 200 e 100 o desempenho é “aceitável” e índices de desempenho inferiores a 100 traduzem um desempenho “insatisfatório”. Quando o índice é zero significa que a OPU a que o índice se refere não está a realizar a função a que se destina.

Este processo de cálculo torna evidente que:

- ao contrário dos indicadores, os índices de desempenho incorporam em si um juízo relativo ao desempenho,
- uma vez que a função de desempenho converte cada valor da variável num índice, é

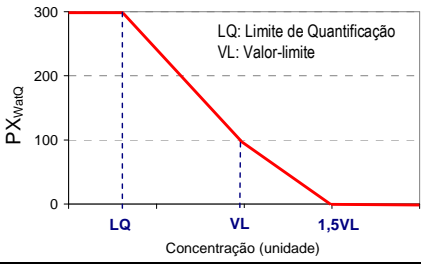
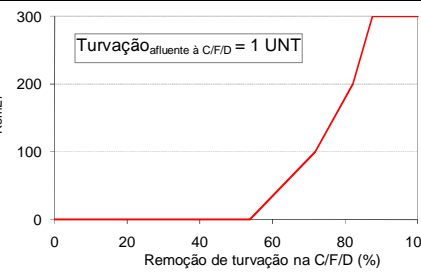
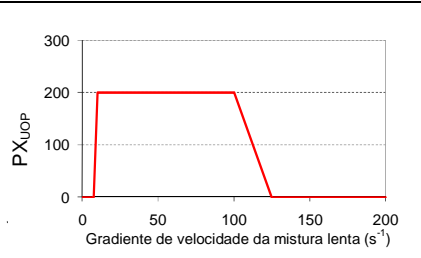
possível efectuar uma avaliação do desempenho com uma maior discretização temporal do que no caso dos indicadores,

- o cálculo dos índices é feito para cada OPU ou etapa do tratamento, pelo que permite obter informação do desempenho da ETA mais pormenorizada do que aquela que é fornecida pelos indicadores.

Estas características dos índices de desempenho, em especial a possibilidade de discretização temporal e espacial, tornam-nos adequados para efectuar uma avaliação de desempenho da ETA ao nível operacional, constituindo ferramentas de apoio ao processo de decisão na operação diária da estação. Assim, os índices de desempenho integram a componente de Avaliação de Desempenho Operacional do PAS_WTP (OpPA).

No Quadro 2 apresentam-se exemplos de índices de desempenho incluídos no PAS_WTP, assim como as correspondentes funções de desempenho. Existem três tipos de índices de desempenho correspondentes aos pontos de vista sob os quais a avaliação de desempenho operacional é feita: *qualidade da água tratada* (PX_{WatQ}), *eficiência de remoção* (PX_{RemEf}) e *funcionamento dos órgãos* (PX_{UOP}).

Quadro 2 – Medidas para Avaliação de Desempenho Operacional de ETA

Componente da avaliação de desempenho operacional	Índices de desempenho	Exemplos de funções de desempenho
Qualidade da água tratada	<p>PX_{WatQ} (calculado individualmente para cada parâmetro de qualidade da água à saída da ETA)</p>	 <p>LQ: Limite de Quantificação VL: Valor-limite</p>
Eficiência de remoção	<p>PX_{RemEf} (calculado individualmente para cada parâmetro a remover e em cada OPU/conjunto de OPU)</p>	 <p>Turvação_{afluente} à C/F/D = 1 UNT</p>
Funcionamento dos órgãos	<p>PX_{UOP} (calculado individualmente para as variáveis relevantes de cada OPU)</p>	

3. INTEGRAÇÃO DA COMPONENTE DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO GLOBAL E DA COMPONENTE DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL

3.1 Metodologia

A avaliação do desempenho de uma ETA deve começar por uma análise global, recorrendo à componente OvPA, para identificação dos domínios e critérios de avaliação problemáticos, ou seja, onde o desempenho é inferior ao desejado face aos objectivos e metas previamente estabelecidos pela entidade gestora. Uma vez identificados, estes critérios de avaliação devem ser analisados em pormenor, sendo prioritários em termos de actuação, e devendo efectuar-se a recolha de informação e o cálculo das medidas de desempenho (indicadores e/ou índices) a eles associadas.

Na primeira fase de identificação dos domínios e critérios problemáticos, a EG utilizadora do PAS_WTP deve começar por estabelecer os seus objectivos específicos para a ETA e identificar as suas maiores preocupações (qualidade da água tratada, consumo de energia, consumo de reagentes, etc.). É expectável que as preocupações da generalidade das EG se relacionem mais com os seguintes domínios da OvPA: *Qualidade da água tratada* (devido à necessidade de cumprimento de requisitos legais), *Utilização de água, energia e materiais e Gestão de subprodutos* (por se relacionarem com aspectos operacionais que oneram significativamente as EG), e *Recursos económico-financeiros* (pela necessidade de garantir a sustentabilidade da EG).

Em seguida, para cada domínio considerado prioritário, a EG deve, de entre o conjunto de PI disponíveis no sistema de indicadores de desempenho do PAS_WTP, seleccionar e calcular aqueles que melhor traduzam o cumprimento dos objectivos previamente estabelecidos. Com base nos resultados da comparação entre os valores calculados e as metas, poderá ser atribuído um nível de desempenho a cada indicador e adoptada uma codificação do “tipo semáforo”. A análise conjunta de todos os PI de cada domínio permitirá definir qualitativamente os níveis de desempenho de cada domínio e de cada critério de avaliação, traduzidos também através de uma codificação de cores.

Após a identificação dos domínios e critérios mais problemáticos, importa analisar em pormenor os aspectos responsáveis pelo menor desempenho e procurar oportunidades para melhoria desse desempenho, recorrendo-se, para tal, à componente OpPA do PAS_WTP. Tal como já referido para a OvPA, o conjunto de medidas de desempenho incluídas na OpPA constitui um *portfolio*, não sendo necessário, em geral, calcular todas. Deve ser dada prioridade aos índices de desempenho apropriados para a discretização (temporal e espacial – por OPU/conjunto de OPU) do desempenho nos domínios e critérios problemáticos. Na Figura 1 apresenta-se, para o exemplo atrás referido, um diagrama que estabelece a correspondência entre os indicadores de desempenho da componente OvPA (que respondem aos objectivos da EG atrás pressupostos) e os índices de desempenho da componente OpPA, para apoio à selecção dos índices de desempenho a determinar e analisar face aos problemas identificados através da OvPA. A base conceptual deste processo de decisão é apresentada nas secções seguintes para a sequência de tratamento convencional constituída por pré-oxidação, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção final.

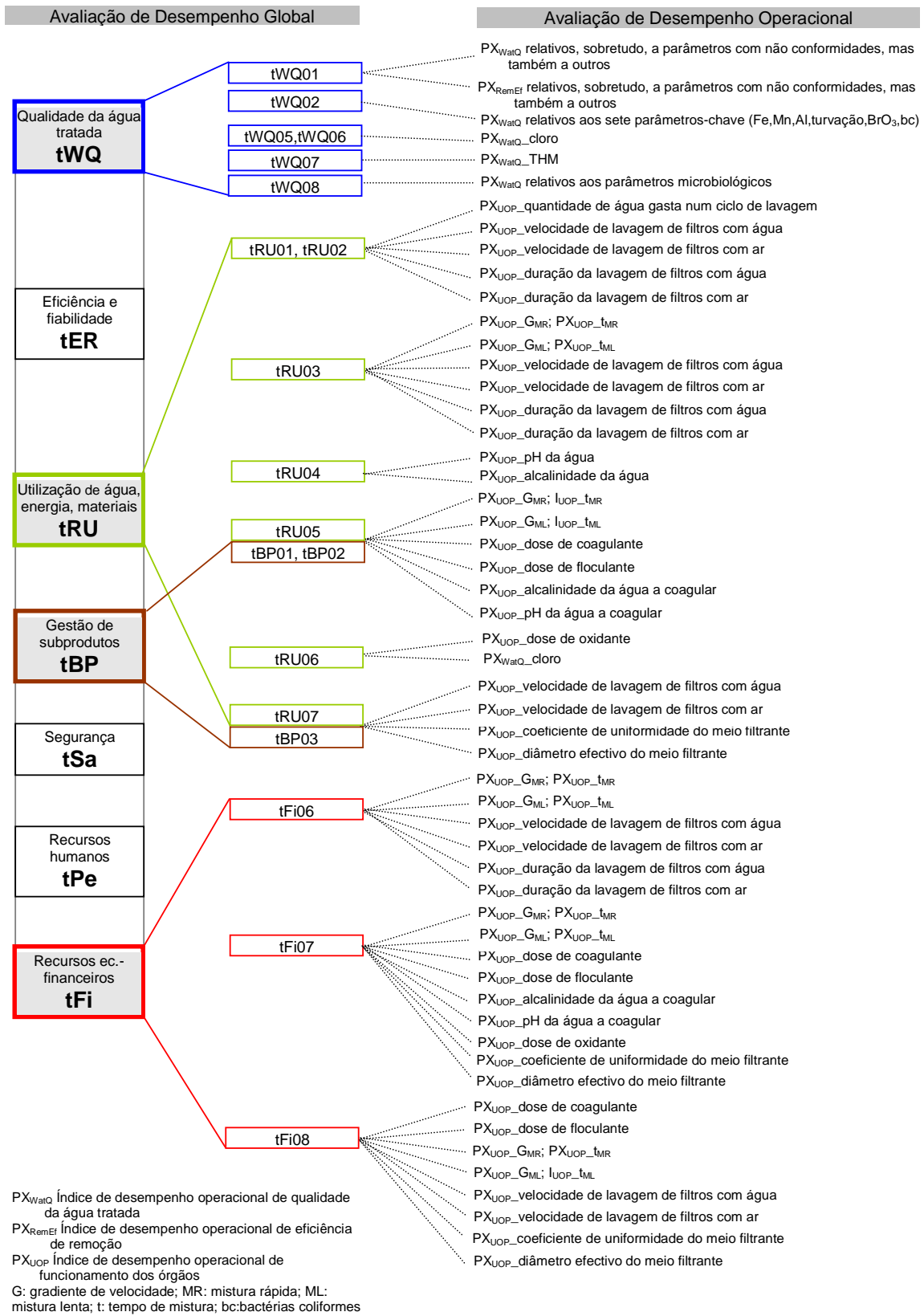


Figura 1 – Relação entre medidas de avaliação de desempenho global e operacional de ETA

Uma vez que a OvPA pode não evidenciar todos os potenciais de melhoria (*i.e.*, um PI pode traduzir um bom desempenho global, mas pode estar a mascarar situações pontuais de mau desempenho), é aconselhável que a EG, após cálculo dos índices associados a PI com resultados insatisfatórios (cálculo prioritário), determine os índices correspondentes aos critérios não diagnosticados como problemáticos pelos PI, mas críticos em face dos objectivos definidos pela EG para o período de referência.

3.2 Domínio *Qualidade da água tratada*

Se os indicadores tWQ01 (assim como o seu cálculo individualizado para cada parâmetro de qualidade da água) e tWQ02 (Quadro 1) evidenciarem problemas de desempenho em termos de não conformidade com os requisitos à saída da ETA, devem ser analisados os índices de desempenho da componente de qualidade da água tratada (PX_{WatQ}) relativos aos parâmetros que apresentam não conformidades.

Para os restantes pode haver interesse na sua determinação, uma vez que pode haver potencial de melhoria do desempenho em termos do cumprimento dos valores-limite (VL). Para se avaliar se as causas do menor desempenho se devem a questões de eficiência de remoção, devem também ser analisados os índices de desempenho PX_{RemEf} . Caso a turvação seja um dos parâmetros problemáticos, os índices relativos ao funcionamento dos órgãos $PX_{UOP_turvação\ da\ água\ decantada}$ e $PX_{UOP_turvação\ da\ água\ filtrada}$ podem também ser analisados, no sentido de se identificar a precedência do problema na linha de tratamento.

Apesar de os indicadores tWQ05, tWQ06, tWQ07 e tWQ08 (Quadro 1) se referirem especificamente à qualidade da água nos pontos de consumo, caso evidenciem problemas, além das questões associadas ao sistema de distribuição a jusante da ETA, devem ser analisados os índices PX_{WatQ} relativos aos parâmetros cloro, THM e microbiológicos, respectivamente, de modo a avaliar se as causas de menor desempenho se localizam logo à saída da ETA.

3.3 Domínio *Utilização de água, energia e materiais*

Quando os indicadores tRU01 e tRU02 (Quadro 1) evidenciarem problemas de consumo excessivo de água na ETA, e tendo em consideração que, em sequências de tratamento convencional, a filtração é, em geral, a principal causa desse consumo, devem ser analisados os índices de desempenho de funcionamento dos órgãos (PX_{UOP}) relativos aos parâmetros de operação da filtração associados a aspectos que traduzem e/ou que podem contribuir para o consumo de água, nomeadamente a *quantidade de água gasta num ciclo de lavagem*, a *duração do ciclo de filtração* e a *velocidade e duração das fases de lavagem com ar e com água*.

Gradientes de velocidade e tempos (*i.e.*, números de Camp) de mistura rápida e de mistura lenta superiores aos óptimos conduzem a um consumo excessivo de energia. Também quando as velocidades de lavagem dos filtros e a duração das várias fases dessa lavagem são superiores ao necessário, existe potencial para poupança de energia. Assim, um desempenho insatisfatório nesta área, evidenciado pelo indicador tRU03 (Quadro 1), deve ser analisado tendo em consideração os índices de desempenho da componente funcionamento dos órgãos (PX_{UOP}) relativos aos parâmetros acima referidos.

O consumo excessivo de reagentes de ajuste de pH (indicador tRU04, Quadro 1) deve ser analisado tendo em consideração o pH e a alcalinidade da água ($PX_{UOP_pH\ da\ água}$; $PX_{UOP_alcalinidade\ da\ água}$). O consumo excessivo de coagulantes e de floculantes pode

dever-se a uma não otimização das doses adicionadas, a más condições de mistura ou a um acerto incorrecto do pH/alcalinidade da água a coagular. Assim, o indicador tRU05 (Quadro 1) relaciona-se com os seguintes índices de desempenho de funcionamento dos órgãos: PX_{UOP_GMR} , PX_{UOP_tMR} , PX_{UOP_GML} , PX_{UOP_tML} , $PX_{UOP_dose\ coagulante}$, $PX_{UOP_dose\ floculante}$, $PX_{UOP_pH\ da\ água\ a\ coagular}$ e $PX_{UOP_alcalinidade\ da\ água\ a\ coagular}$. Analogamente, o consumo excessivo de oxidantes (evidenciado pelo indicador tRU06, Quadro 1) pode dever-se a um ajuste e/ou doseamento incorrecto das doses de oxidantes às características da água a oxidar, pelo que deve ser analisado o índice $PX_{UOP_dose\ oxidante}$. A análise do índice PX_{WatQ_cloro} ajuda também a otimizar a adição do oxidante final (desinfectante), podendo eventualmente conseguir-se uma diminuição do seu consumo.

A utilização de velocidades excessivas na lavagem dos filtros pode provocar um arrastamento significativo de meio de enchimento, originando uma necessidade elevada de reposição desse meio. A adequação das características do meio de enchimento é também importante para que não ocorra esse arrastamento durante a lavagem. Como tal, na sequência de valores elevados do indicador tRU07 (Quadro 1), devem ser analisados os índices de desempenho da componente funcionamento dos órgãos $PX_{UOP_velocidade\ lavagem\ filtros\ com\ água}$, $PX_{UOP_velocidade\ lavagem\ filtros\ com\ ar}$, $PX_{UOP_coeficiente\ de\ uniformidade\ do\ meio\ filtrante}$ e $PX_{UOP_diâmetro\ efectivo\ do\ meio\ filtrante}$.

3.4 Domínio Gestão de subprodutos

Um excesso de lamas (evidenciado pelo indicador tBP01, Quadro 1) e lamas com elevado teor de humidade (evidenciado pelo indicador tBP02, Quadro 1) têm associadas as causas referidas para o indicador tRU05 (Quadro 1), pelo que devem ser analisados os mesmos índices de funcionamento dos órgãos. De forma análoga, os índices associados ao indicador tRU07 (Quadro 1) devem também ser analisados caso sejam gerados meios de enchimento em excesso (evidenciado pelo indicador tBP03, Quadro 1). Relativamente às lamas, devem também ser considerados índices relativos à linha de tratamento da fase sólida, que não são apresentados nesta comunicação por se encontrarem ainda em desenvolvimento.

3.5 Domínio Recursos económico-financeiros

Um menor desempenho em termos de custos energéticos, evidenciado pelo indicador tFi06, tem associadas as mesmas causas que o indicador tRU03 (Quadro 1), pelo que devem ser analisados os mesmos índices de desempenho já referidos para este indicador.

Um menor desempenho em termos de custos de aquisição de reagentes, evidenciado pelo indicador tFi07, tem origem nos aspectos referidos para os indicadores tRU04, tRU05 e tRU06 (Quadro 1), pelo que devem ser analisados todos os índices referidos para estes PI.

Custos excessivos com transporte e eliminação de subprodutos (indicador tFi08, Quadro 1) podem estar relacionados com todos os aspectos que possam originar uma produção excessiva de lamas (não otimização de doses adicionadas de reagentes para coagulação/floculação e condições de mistura rápida e lenta não adequadas) e de meios de enchimento (arrastamento de meio de enchimento na lavagem de filtros), pelo que devem, neste caso, ser analisados os índices PX_{UOP_tMR} , PX_{UOP_GML} , PX_{UOP_tML} , $PX_{UOP_dose\ coagulante}$, $PX_{UOP_dose\ floculante}$, $PX_{UOP_velocidade\ lavagem\ filtros\ com\ água}$, $PX_{UOP_velocidade\ lavagem\ filtros\ com\ ar}$, $PX_{UOP_coeficiente\ de\ uniformidade\ do\ meio\ filtrante}$ e $PX_{UOP_diâmetro\ efectivo\ do\ meio\ filtrante}$. Este tipo de custos pode estar também relacionado com as características dos subprodutos, devendo também ser analisados índices

relativos à linha de tratamento da fase sólida, que não são apresentados nesta comunicação por se encontrarem ainda em desenvolvimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia apresentada nesta comunicação permite efectuar uma avaliação do desempenho de ETA integrando dois níveis de avaliação que contemplam, respectivamente, aspectos de desempenho global e aspectos de desempenho operacional.

O procedimento descrito permite procurar, de entre os factores operacionais que estão sob o controlo da EG, aqueles que conduzem a situações de menor desempenho. No entanto, podem existir outros factores não controláveis pela EG (e.g., preços de venda de energia) e que são explicativos de resultados insatisfatórios. Assim, quando se encontram indicadores que traduzem desempenhos insatisfatórios, previamente à análise da relação indicadores – índices, devem identificar-se eventuais especificidades não cobertas pelos índices.

A adopção integral da metodologia, por uma EG, deixa de ser necessária quando existe já um conhecimento profundo do funcionamento da ETA, incluindo os seus aspectos mais problemáticos. Neste caso, a avaliação de desempenho deve incidir essencialmente na componente operacional relacionada com esses aspectos. De qualquer forma, existirão sempre PI-chave de suporte à gestão estratégica. Em estudos ocasionais de avaliação de desempenho com objectivos muito específicos (e.g., avaliação da filtração), podem ser utilizadas apenas algumas das subcomponentes da avaliação de desempenho operacional ou, mesmo, apenas alguns dos índices de desempenho. Também quando a EG pretende fazer uma análise a uma escala temporal menor do que o período de referência adoptado para a componente global (que, em geral, é um ano), a componente operacional é a ferramenta mais adequada para efectuar a avaliação de desempenho.

Em termos de trabalho futuro, está actualmente em curso o projecto de investigação e desenvolvimento tecnológico *PAS21 – Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas* (LNEC, várias EG) no âmbito do qual a metodologia de integração será aplicada a 10 ETA (diferentes tipologias e capacidades de tratamento) e complementada por exemplo em termos dos tipos de tratamento abrangidos.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (projecto POCI/ECM/57909/2004 – *Avaliação de desempenho de Estações de Tratamento de Água e de Estações de Tratamento de Águas Residuais*; 2004-2009) e pela Águas do Algarve, S.A. (projecto *ETA21 – Estudos de avaliação de desempenho e de optimização das estações de tratamento de água*; 2007-2009).

BIBLIOGRAFIA

Alegre H., Hirner W., Melo Baptista J., Parena R. (2000). *Performance Indicators for Water Supply Services*. 1st ed. IWA Publishing. London.

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*. 2nd ed. IWA Publishing. London.

Alegre H. (2007). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais*. Programa de investigação e programa de pós-

graduação apresentados a provas de habilitação para o exercício de funções de coordenação científica. LNEC. Lisboa.

DWA (2008). *Corporate benchmarking - Metric benchmarking as component of the modernisation strategy - Performance indicators and evaluation principles*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Hennef.

Matos R., Cardoso A., Ashley R., Duarte P., Molinari A. J., Schulz A. (2003). *Performance indicators for wastewater services*. IWA Publishing. London.

OfWat (2005). *Levels of service for the water industry in England & Wales. 2004-2005 report*. Office of Water Services. UK.

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, pp 4-17.

Vieira P. (2009). *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água para consumo humano*. Tese de Doutoramento em Ciências e Tecnologias do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade do Algarve. Faro.

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. In *Proceedings of IWA World Water Congress*. Montréal.

Sjøvold F., Conroy P., Algaard E. (Eds.) (2008). *COST C18. Performance assessment of urban infrastructure services: the case of water supply, wastewater and solid waste*. COST Office. Bruxelas.

WorldBank (2006). *IBNET indicator definitions*. WorldBank. Washington.