

ÍNDICES DE QUALIDADE DE SERVIÇO EM SISTEMAS DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Célia M.P. GRANJA¹ ; António A.L.S. DUARTE²

RESUMO

O abastecimento de água, o saneamento de águas residuais urbanas e a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos constituem serviços públicos de carácter estrutural, essenciais ao bem-estar geral, à saúde pública e à segurança colectiva das populações, às actividades económicas e à protecção do ambiente. A Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) implementou um sistema de avaliação de desempenho das entidades gestoras (EG) baseado em indicadores de desempenho (ID). Estes indicadores incidem sobre aspectos parcelares do desempenho duma dada EG, tendo por objectivo o aumento dos padrões de eficiência e de eficácia dos serviços prestados.

Este trabalho tem como principal objectivo contribuir para a melhoria do modelo de avaliação de desempenho existente, através da definição e cálculo de índices (sectoriais e global) de qualidade de serviço em sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, com base numa metodologia de análise multicritério. O seu valor resulta duma criteriosa combinação das pontuações normalizadas de cada ID. Além de facilitarem a aplicação de estratégias de *benchmarking*, a integração destes índices em sistemas de suporte à decisão, associados à gestão patrimonial de infra-estruturas de saneamento básico poderá ser um instrumento muito útil para as EG na definição das suas prioridades de investimento e de planos operacionais de reabilitação.

Palavras-chave: águas residuais; análise multicritério; entidades gestoras; gestão patrimonial de infra-estruturas; indicadores de desempenho; índices de qualidade de serviço.

¹ Mestranda em Engenharia Civil da Universidade do Minho, celiampgranja@gmail.com

² Doutor em Eng.ª Civil, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, aduarte@civil.uminho.pt, +351 253 604728.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento de águas residuais é um serviço público que, sendo essencial ao bem-estar e à saúde das populações, tem como principal objectivo a protecção dos interesses dos seus utilizadores, devendo reger-se por princípios de universalidade de acesso, continuidade e qualidade de serviço, eficiência, equidade de preço e sustentabilidade. Para assegurar a salvaguarda destes princípios, houve a necessidade introduzir mecanismos de regulação da prestação deste serviço que, à semelhança do abastecimento público de água, se apresenta como um monopólio natural. Com este intuito a Entidade Reguladora dos Sistemas de Águas e Resíduos (ERSAR) implementou um sistema de avaliação de desempenho das EG (ERSAR, 2004) baseado num conjunto de vinte indicadores, retirados do sistema de avaliação preconizado pela *International Water Association (IWA)*, e que foram agrupados em três categorias (sectores): *defesa do interesse dos utilizadores, sustentabilidade da entidade gestora e sustentabilidade ambiental* (Quadro 1).

Quadro 1. Sistema de indicadores do desempenho relativo a sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas, adoptado pela ERSAR

DEFESA DO INTERESSE DOS UTILIZADORES
Acessibilidade de serviço aos utilizadores
AR01 – Cobertura do serviço (%)
AR02 – Preço médio do serviço (€/m ³)
Qualidade do serviço prestado aos utilizadores
AR03 – Ocorrência de inundações (m ² ou n.º propriedades / 100 km de colector/ano)
AR04 – Resposta a reclamações escritas (%)
SUSTENTABILIDADE DA ENTIDADE GESTORA
Sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora
AR05 – Rácio de cobertura dos custos operacionais (-)
AR06 – Custos operacionais unitários (€/m ³)
AR07 – Rácio de solvabilidade (-)
Sustentabilidade infra-estrutural da entidade gestora
AR08 – Utilização de estações de tratamento (%)
AR09 – Tratamento de águas residuais recolhidas (%)
AR10 – Utilização de bombeamento das águas residuais na rede de drenagem (%)
AR11 – Reabilitação de colectores (%/ano)
AR12 – Reabilitação de ramais de ligação (%/ano) (*)
Sustentabilidade operacional da entidade gestora
AR13 – Obstruções de colectores (n.º/100 km/ano)
AR14 – Falhas em grupos electrobomba (horas/grupo electro-bomba/ano)
AR15 – Colapsos estruturais em colectores (n.º/100 km colector/ano)
Sustentabilidade em recursos humanos da entidade gestora
AR16 – Recursos humanos (n.º/(10 ⁶ m ³ /ano) ou n.º/100 km colector/ano)
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL
AR17 – Análises de águas residuais realizadas (%)
AR18 – Cumprimento dos parâmetros de descarga (%)
AR19 – Utilização dos recursos energéticos (kWh/m ³)
AR20 – Destino final de lamas de tratamento (%)

(*) Não aplicável a entidades gestoras prestadoras de serviços em *Alta*.

Refira-se que os ID apresentados neste Quadro ainda não reflectem as alterações introduzidas pela ERSAR relativas à reformulação dos mesmos, que originará um conjunto de ID designados como da 2ª geração, a implementar num futuro próximo.

Através da publicação do Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP), a ERSAR torna pública a avaliação do desempenho efectuada às diversas EG reguladas. Esta avaliação é feita através dos dados fornecidos pelas várias EG necessários ao cálculo dos vinte ID e com base em valores de referência fixados pela ERSAR. A pontuação obtida pelas EG, em cada um dos ID, é posteriormente convertida numa classificação qualitativa (*bom*, *mediano* ou *insatisfatório*). Actualmente, esta avaliação da ERSAR não procede à agregação dessas classificações parcelares, impossibilitando o estabelecimento de um *ranking* entre as várias EG, facto que também dificulta a implementação de uma estratégia de *benchmarking* que poderá ser benéfico quer ao incremento da concorrência virtual entre entidades, quer ao aumento do nível da qualidade de serviço prestado em termos globais.

O trabalho de investigação desenvolvido teve como objectivo contribuir para o aperfeiçoamento do actual sistema de avaliação da ERSAR, ao complementá-lo com uma metodologia de agregação (criteriosa) dos diferentes ID, baseada em técnicas de análise multicritério, de modo a possibilitar o estabelecimento de um *ranking* entre as várias EG reguladas (Granja, 2010). O procedimento consiste na normalização das pontuações obtidas pela EG em cada ID e na sua posterior agregação, considerando a importância relativa (peso) criteriosamente atribuída a cada um deles, de acordo com uma estrutura hierárquica que permite obter índices sectoriais (IS) de qualidade de serviço e posteriormente, pela combinação destes, um índice global (IG) de qualidade de serviço.

Neste artigo, descreve-se a metodologia adoptada e apresentam-se os resultados do cálculo dos respectivos índices de qualidade de serviço, considerando as pontuações publicadas pela ERSAR, relativas ao ano de 2008 (ERSAR, 2009), obtidas pelas EG de sistemas em *alta* (sem redes de drenagem). Procede-se também a uma análise de sensibilidade relativa ao efeito dos métodos utilizados para a ponderação dos critérios no posicionamento relativo das EG, nesse ano.

2 METODOLOGIA

A análise multicritério apresenta-se como uma metodologia que dá apoio na resolução de problemas com um ou mais objectivos, onde ocorrem vários critérios que precisam de ser avaliados e combinados (Silva *et al.*, 2008). Neste trabalho recorre-se a esta técnica, adaptando-a, de forma inovadora, à avaliação de desempenho das EG de saneamento de águas residuais, adoptando como critérios a ponderar parte dos ID propostos pela ERSAR.

Efectivamente, optou-se por não incluir nesta análise os indicadores AR10 (*Utilização de bombeamento das águas residuais na rede de drenagem*) e AR19 (*Utilização dos recursos energéticos*) pela dificuldade em adoptar factores de contexto adequados, que considerassem a especificidade de cada sistema (orografia, tipo de povoamento) em termos de necessidades de bombagem. Aliás, verifica-se que estes dois ID (AR10 e AR19) não têm sido avaliados pela ERSAR e que, na 2ª geração do sistema de avaliação; estes ID foram objecto de reformulação/substituição.

No que respeita à ponderação dos critérios, isto é, atribuição de pesos aos vários ID, esta foi efectuada com base no tratamento da informação obtida através da realização de um inquérito (*on-line*) direccionado a um painel de peritos em Hidráulica Urbana, que incluía académicos, administradores e técnicos qualificados de empresas do sector de saneamento de águas residuais. O questionário presente neste inquérito solicitava a atribuição do grau de importância de cada ID, numa escala de 1 (insignificante) a 7 (extremamente importante), na sua categoria, e ainda a importância relativa de cada categoria para a avaliação global da qualidade de serviço das EG de sistemas de saneamento de águas residuais (EGSAR).

Relativamente às pontuações publicadas pela ERSAR, no RASARP 2008, constata-se que nem todas as EG forneceram os dados relativos à totalidade dos ID em avaliação (indicação de “N.R.” = não respondeu) e que também surge a indicação, para algumas EG, de “N.A.” (não aplicável), quando reconhecida a impossibilidade da EG fornecer essa informação. Tal situação origina uma limitação à adequada comparabilidade do desempenho das EG, se considerarmos a totalidade dos ID do sistema de avaliação.

De forma a mitigar esta limitação, procedeu-se à definição de mais dois universos de análise (U2 e U3), caracterizados no Quadro 2, em que as condições de comparação são idênticas para as EG analisadas. Assim, no universo U2 consideram-se todas as EG avaliadas, mas apenas os ID em que todas elas têm pontuação, enquanto o universo U3 integra apenas aquelas EG com pontuação em todos os ID considerados nesta análise.

Quadro 2. Universos de análise considerados para a análise multicritério

Universo	Entidades gestoras	Indicadores de desempenho
U1	Todas (18)	Todos (17)
U2	Todas (18)	Parte (16)
U3	Parte (17)	Todos (17)

2.1 Definição dos índices de qualidade de serviço

O conjunto de critérios seleccionados foi estruturado de forma hierárquica, de modo a obter uma agregação coerente da pontuação correspondente a cada ID (critério) e de acordo com o organograma representado na Figura 1 (adaptado de Duarte *et al.*, 2009a).

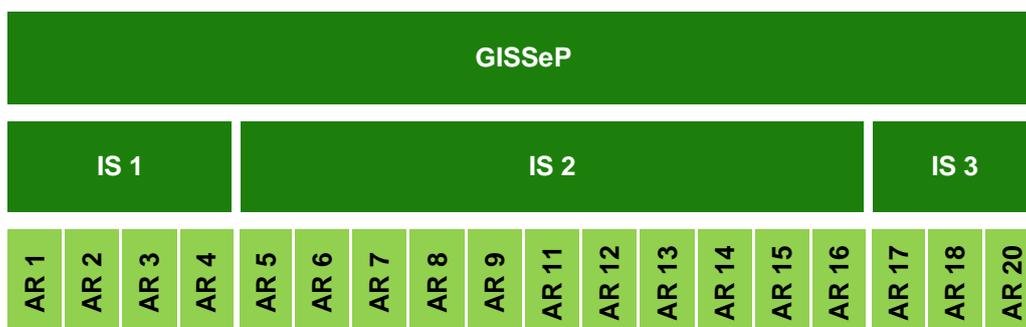


Figura 1. Modelo hierárquico adoptado na definição do índice global de qualidade de serviço

Esta estrutura, ao reflectir as três categorias consideradas no sistema de avaliação da ERSAR, permite avaliar áreas específicas do desempenho de cada EGSAR, através de sub-

índices aqui designados como índices sectoriais (IS), cuja combinação criteriosa permite, por sua vez, a definição de um índice global (IG) de qualidade de serviço, designado por GISSeP (*Global Index of Sanitation Service Performance*).

Os valores de cada um dos três índices sectoriais (IS) resultam duma combinação linear ponderada da pontuação normalizada dos ID que integram a categoria respectivas, que podem ser expressas através das Equações 1, 2 e 3. Por sua vez, o valor do índice global de qualidade de serviço (GISSeP) resulta da combinação linear ponderada dos três índices sectoriais expressa através da Equação 4.

$$IS\ 1_j = \sum_{i=1}^4 AR_{ij} \times W_{AR_i} \quad (1)$$

$$IS\ 2_j = \sum_{i=5}^{16} AR_{ij} \times W_{AR_i} \quad (2)$$

$$IS\ 3_j = \sum_{i=17}^{20} AR_{ij} \times W_{AR_i} \quad (3)$$

$$GISSeP_j = \sum_{k=1}^3 ISk_j \times W_{ISk} \quad (4)$$

em que:

ISk_j – índice sectorial k, da entidade j; (-)

AR_{ij} – pontuação normalizada do indicador de desempenho i, da entidade j; (-)

W_{AR_i} – peso atribuído ao indicador de desempenho i; (-)

$GISSeP_j$ – índice global de desempenho da entidade j; (-)

W_{ISk} – peso atribuído ao índice sectorial k; (-)

Saliente-se que o método adoptado (combinação linear ponderada) permite a compensação total entre critérios. Deste modo, um critério mal classificado, que se traduz num valor baixo da sua contribuição para o índice, pode ser compensado por um conjunto de critérios bem classificados, que representem uma contribuição significativa para valorizar o respectivo índice (Duarte *et al.*, 2009b).

Os ID que apresentavam uma informação de “não aplicável” e de “não respondeu”, apenas existentes no caso do universo U1, foram tratados de forma distinta dos restantes. Assim, no cálculo dos respectivos IS, decidiu-se atribuir uma pontuação normalizada de 0 às situações de não resposta e uma penalização suplementar no valor desse índice de 10% por cada ID com não resposta. Pretendeu-se, desse modo, isso evitar que o infractor fosse favorecido por omitir situações que viessem a prejudicar substancialmente a sua avaliação de desempenho.

já no caso de ID com registo de “não aplicável”, não se aplicou qualquer penalização, retirando-se esse ID do processo de agregação e processando-se a necessária redistribuição dos pesos dos restantes ID. Este processo promove alguma distorção nos resultados obtidos para o universo U1, tornando menos adequada a comparabilidade dos valores dos respectivos índices.

2.2 Ponderação dos indicadores de desempenho

A obtenção dos pesos que determinam a importância relativa de cada ID no cálculo do respectivo IS e a destes no do IG teve origem no tratamento da informação obtida através de um questionário, disponível *on-line* e de resposta anónima, dirigido a um painel de especialistas em Hidráulica Urbana. Foram obtidas vinte e duas respostas, sendo que a maioria delas proveniente de quadros superiores de EGSAR. No Quadro 3 apresenta-se uma síntese das pontuações atribuídas aos ID pelos inquiridos e o tratamento estatístico efectuado. Da análise dos resultados obtidos no inquérito, constata-se que o ID considerado mais importante foi o AR18 (*Cumprimento dos parâmetros de descarga*) e o menos relevante foi o AR11 (*Reabilitação de colectores*).

Quadro 3. Resultados do inquérito realizado ao painel de especialistas em Hidráulica Urbana

AR01	AR02	AR03	AR04	AR05	AR06	AR07	AR08	AR09	AR10	AR11	AR12	AR13	AR14	AR15	AR16	AR17	AR18	AR19	AR20	Média	Desvio Padrão
6	5	4	6	5	5	3	5	6	5	5	5	4	5	5	4	4	6	4	6	4,8	0,85
2	7	3	2	2	6	1	1	5	5	4	4	4	4	3	5	6	7	7	5	4,1	1,93
6	4	5	7	4	6	4	7	7	6	7	5	7	6	7	5	7	7	6	7	5,9	1,12
5	3	2	4	2	3	4	2	2	4	2	2	2	5	1	1	2	5	7	7	3,1	1,8
7	7	5	7	6	6	4	4	6	4	3	1	5	7	5	4	7	7	5	7	5,3	1,66
6	3	6	6	6	5	3	5	7	3	4	3	5	6	6	4	6	7	4	7	5,0	1,41
6	6	5	6	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4,7	0,79
7	7	5	6	6	6	5	5	5	4	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	5,8	0,85
3	6	3	3	5	5	4	4	6	6	3	3	3	3	6	4	7	7	7	7	4,6	1,62
7	7	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,7	0,44
6	5	5	7	7	7	7	7	7	6	4	4	4	5	5	6	7	7	7	7	5,9	1,17
6	6	3	3	6	6	2	2	4	5	3	3	2	3	4	5	4	6	6	2	4,2	1,57
6	7	4	7	5	5	5	4	6	6	3	6	5	5	5	4	7	7	7	7	5,5	1,23
4	3	5	6	5	4	3	6	7	6	6	5	4	4	4	4	7	7	7	7	5,1	1,40
4	5	3	6	4	6	5	4	5	5	3	3	4	2	2	3	5	5	6	6	4,2	1,30
7	7	7	6	6	5	5	5	6	6	4	4	4	5	6	5	7	7	7	7	5,7	1,11
5	7	7	4	6	5	4	2	4	6	2	6	4	5	7	4	6	7	5	7	5,1	1,57
6	3	4	7	5	6	4	3	7	6	4	3	4	4	5	4	7	6	7	7	5,0	1,48
6	6	5	4	6	5	5	4	6	5	3	4	5	7	6	5	7	7	6	7	5,4	1,15
7	4	6	5	3	6	3	5	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	6	7	5,2	1,30
7	4	6	5	3	6	3	5	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	6	7	5,2	1,30
6	5	6	4	4	5	4	6	5	3	3	6	4	7	7	6	6	6	5	6	5,2	1,20
5,68	5,32	4,77	5,32	4,91	5,41	4	4,41	5,45	5,00	3,95	4,27	4,41	5,09	5,14	4,68	6,09	6,55	6,09	6,45	Média	
1,36	1,52	1,38	1,49	1,41	0,85	1,31	1,68	1,37	1,11	1,36	1,49	1,26	1,41	1,61	1,29	1,34	0,74	1,02	1,18	Desvio Padrão	

Na ponderação dos ID de cada categoria foram utilizados dois métodos de análise multicritério (Quadro 4), que integram abordagens inovadoras aos métodos habitualmente utilizados na ponderação de critérios, com o propósito de se efectuar uma análise de

sensibilidade da variação do posicionamento relativo das EGSAR com o método de ponderação utilizado.

Quadro 4. Métodos utilizados na ponderação de indicadores e índices sectoriais

Métodos	
A	Escala de pontos <i>modificada</i> (complementada com <i>ranking</i>)
B	Comparação par a par (com transformação de escala)

O método da escala de pontos consiste na atribuição de pesos em função das médias dos valores atribuídos pelos inquiridos à importância de cada indicador. O método A (*escala de pontos modificada*) consiste na atribuição de pontuação decrescente aos pesos atribuídos numa primeira fase pelo método anterior (que serviu de base a este), originando assim um *ranking* de preferências (Duarte *et al.*, 2010).

O método B é uma abordagem inovadora na ponderação de critérios em análise multicritério, facultado pela formulação “estratégica” das questões enunciadas no inquérito, a qual permite transformar as pontuações atribuídas por cada inquirido num processo de comparação par a par, conhecido por *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1977).

Através da comparação indirecta realizada por cada inquirido é possível estabelecer um grau de relação entre cada par de indicadores, de onde resulta uma matriz $n \times n$, recíproca. Para esta matriz calculam-se os seguintes parâmetros preconizados no método AHP para determinação de pesos: o vector próprio principal (*eigenvector*), o máximo valor próprio (*eigenvalue*), o índice de consistência (CI), o índice de aleatoriedade (RI) e o grau de consistência (CR). Se este último parâmetro atinge valores superiores a 0,10 é necessário proceder à reformulação da matriz para eliminar inconsistências na comparação cruzada do valor relativo atribuído aos vários indicadores. Saaty demonstrou que o vector próprio proveniente do maior valor próprio da matriz de comparação par a par representa a prioridade dos critérios e resguarda a preferência ordinal entre alternativas. Os valores do vector próprio podem ser obtidos através da Equação 5.

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} / \sum_{k=1}^n \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \quad (5)$$

em que:

W_i - vector de pesos (solicitado para a ponderação dos critérios);

a_{ij} - matriz de comparação para a par.

A informação retirada da pontuação atribuída por cada um dos vários inquiridos permite estabelecer uma matriz, para cada um dos índices calculados, que servirá de base à aquisição dos respectivos vectores com os pesos utilizados nesse cálculo. No Quadro 5 apresenta-se uma síntese da informação relativa ao cálculo matricial associado à determinação dos pesos de cada critério, através da aplicação do método B.

Face à escala de pontuação utilizada no formulário do inquérito (1 a 7), diferente da usada no método AHP, que varia entre 1 e 9, foi necessário estabelecer, um processo de conversão de escalas (Duarte *et al.*, 2010) que se encontra sistematizado no Quadro 6. Esse processo baseia-se no cálculo da diferença de pontuações do indicador da linha *i* em relação à do indicador da coluna *j* e na sua correspondência com a “nova” pontuação a introduzir na respectiva matriz de comparação par a par.

Quadro 5. Síntese das matrizes de comparação par a par utilizadas no método B

N.º matrizes	Dimensão (<i>n</i> x <i>n</i>)	Índice calculado	Indicadores/Índices ponderados
22	4x4	IS1	AR01 a AR04
22	11x11	IS2	AR05 a AR16 ^(*) ^(**)
22	3x3	IS3	AR17 a AR20 ^(**)
22	3x3	GIP	IS1 a IS3

(*) Para entidades gestoras de sistemas em *alta* não é considerado o AR12.

(**) Os indicadores AR10 e AR19 não são incluídos, como referido anteriormente.

Quadro 6. Metodologia de conversão de escalas aplicada no método B

Inquérito	Escala	Diferença de pontuação do indicador da linha <i>i</i> em relação à do indicador da coluna <i>j</i>												
	1 a 7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
Nova pontuação	1 a 9	1/9	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	3	4	5	6	7	9

2.3 Normalização de critérios

Devido ao facto de os indicadores/critérios apresentarem pontuações expressas em unidades heterogéneas e para que seja exequível o cálculo dos diferentes índices é necessário converter essas pontuações para uma mesma escala, processo esse denominado de *normalização*.

Na análise multicritério é frequente o uso de funções *fuzzy* (Jiang e Eastman, 2000) do tipo linear, sigmoidal (*S-shaped*), *J-shaped* e complexa, convertendo, indicador a indicador, as respectivas pontuações numa escala contínua de 0 (muito mau) a 1 (muito bom), realizando assim a normalização das pontuações.

Com base nas funções e critérios de normalização adoptados por Granja (2010), apresenta-se neste trabalho (Figura 2), a título de exemplo, a informação sistematizada relativa à aplicação da função linear e dos respectivos critérios de normalização das pontuações a nove dos dezassete ID considerados. Os intervalos de referência são representados por x_a e x_b no caso de a função ser crescente, e por x_c e x_d no caso de a função ser decrescente.

A adopção da função linear na normalização destes indicadores deve-se ao facto de se considerar que a diferença de 1% nas pontuações destes ID representa uma variação significativa na qualidade de desempenho da EGSAR.

No caso dos indicadores AR01, AR09 e AR20 foram mantidos os intervalos de referência estabelecidos pela ERSAR, que têm em consideração as metas estabelecidas no PEAASAR II (2007 - 2013).

No caso dos indicadores AR14 e AR15 foram mantidos os intervalos de referência fixados pela ERSAR, pelo facto de esta entidade dispor já de um histórico que permite validar tais limites.

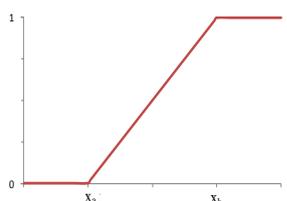
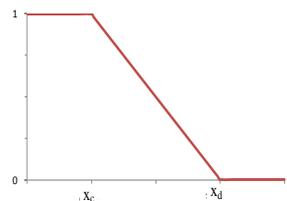
Função linear		Indicador / Parâmetros de normalização	
<u>Crescente</u>	<u>Decrescente</u>	AR01	Crescente: $x_a=85\%$ e $x_b=100\%$
		AR08	Crescente: $x_a=50\%$ e $x_b=70\%$ Decrescente: $x_c=90\%$ e $x_d=100\%$
$y = 0$ se $x \leq x_a$	$y = 1$ se $x \leq x_c$	AR09	Crescente: $x_a=80\%$ e $x_b=100\%$
$y = \frac{x - x_a}{x_b - x_a}$ se	$y = \frac{(x - x_d)}{x_c - x_d}$ se	AR14	Decrescente: $x_c=48$ e $x_d=55$
$x > x_a$ e $x < x_b$	$x > x_c$ e $x < x_d$	AR15	Decrescente: $x_c=0$ e $x_d=2$
$y = 1$ se $x \geq x_b$	$y = 0$ se $x \geq x_d$	AR17	Crescente: $x_a=98\%$ e $x_b=100\%$
		AR18	Crescente: $x_a=98\%$ e $x_b=100\%$
		AR20	Crescente: $x_a=90\%$ e $x_b=95\%$

Figura 2. Parâmetros utilizados na normalização de pontuações dos ID através de uma função linear

Relativamente ao indicador AR08, uma boa qualidade de serviço situa-se entre 90 e 70%, para uma qualidade de serviço avaliada como mediana os valores de referência situam-se entre 100 e 90% e entre 70 e 50%, desta forma e mantendo os limites fixados pela ERSAR, para valores no intervalo entre 90 e 70% atribui-se o valor de 1, para valores entre 50 – 70% e 90 – 100% recorreu-se a funções lineares crescente e decrescente, respectivamente.

No caso do indicador AR17, a ERSAR define um serviço que se situa entre 95 e 100% como mediano. Contudo, considera-se que, actualmente, as EGSAR já deveriam dispor dos meios laboratoriais e dos recursos financeiros necessários para efectuar as análises requeridas por lei. Admitiu-se, porém, uma margem de 2% para eventuais imprevistos, adoptando-se um intervalo de referência entre 98 e 100%. Para valores abaixo deste intervalo é atribuída uma pontuação de 0. Para valores entre 98 e 100% recorre-se à função linear crescente fazendo variar a pontuação normalizada entre 0,5 e 0,9, visto que actualmente, várias entidades gestoras já realizam um número de análises superior ao número mínimo imposto por lei. Entendeu-se premiar esse esforço de monitorização adicional até ao limite de 10%.

Relativamente ao indicador AR18, a ERSAR considera o intervalo entre 95 e 100% como relativo a uma qualidade de serviço mediana. Contudo, o cumprimento integral dos requisitos regulamentares de descarga é um factor muito valorizado no que diz respeito à saúde pública e à qualidade ambiental dos meios hídricos, o que implica uma exigência crescente em relação a este indicador. Assim, entendeu-se ser pertinente diminuir o intervalo de referência para valores entre 98 e 100%, admitindo uma margem de 2% para situações consideradas acidentais e esporádicas.

A função sigmoïdal na normalização da pontuação de cinco critérios (ID): AR03, AR04, AR05, AR13 e AR16, tendo-se alterado alguns dos intervalos de referência definidos pela ERSAR.

A função *J-shaped* foi aplicada na normalização da pontuação de três critérios (ID) – AR02, AR06 e AR07 – atendo a que essa função permite penalizar de forma mais gravosa as pontuações próximas de um dos extremos do intervalo de referência (p.ex., preços mais elevados) e permitir que o outro extremo nunca assuma o valor zero.

Para o indicador AR11, a qualidade de serviço é considerada *mediana* quando os valores se encontram entre 1 e 0,8%/ano, sendo que abaixo deste intervalo a qualidade de serviço é considerada *insatisfatória*. Dado que este indicadores diz respeito à reabilitação de colectores, não podemos avaliar da mesma forma sistemas recentes e sistemas já consolidados. Assim procedeu-se à normalização das pontuações deste ID através de uma função complexa integrando funções lineares (constante, crescente e decrescente) e uma função sigmoïdal decrescente.

2.4 Cenários de análise de resultados

Os cenários de análise dos resultados obtidos para os valores dos índices de qualidade de serviço para sistemas de saneamento em *alta* (Quadro 7) foram definidos em função dos anos aos quais se referiam os dados utilizados, neste caso 2007 e 2008, dos universos definidos em função dos ID e das EGSAR considerados (U1, U2 e U3), e dos métodos de ponderação adoptados (A e B). Combinando estes factores obtemos um conjunto de doze cenários de análise possíveis (Granja, 2010).

Quadro 7. Cenários de análise dos valores dos índices de qualidade de serviço

Relativo a EGSAR em alta												
Ano de Avaliação	2007						2008					
Universo	U1		U2		U3		U1		U2		U3	
Método	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Realizando a comparação dos resultados obtidos nos cenários 1 e 2, bem como dos cenários 7 e 8, conseguimos avaliar, para o mesmo universo (U1), a sensibilidade do posicionamento das EGSAR ao método de ponderação dos critérios (A ou B), num dado ano (2007 ou 2008). Seria ainda possível analisar a evolução, em anos consecutivos, do desempenho das EGSAR e o seu posicionamento relativo (Granja, 2010).

Em relação à análise dos cenários 4 e 10 é possível observar a variação, em anos consecutivos (2007 e 2008), do valor dos índices (sectoriais e global), considerando o mesmo método de ponderação (B) e o mesmo universo de análise (U2).

3 RESULTADOS

Na Figura 3 apresenta-se, graficamente, os valores obtidos para os pesos dos ID e dos IS, através da aplicação dos dois métodos de ponderação utilizados (A e B). Da sua análise, verifica-se que existem diferenças significativas nos resultados dos pesos resultantes da aplicação de cada um dos métodos.

Neste trabalho optou-se por apresentar, a título de exemplo, uma síntese comparativa dos resultados referentes aos cenários de análise 8 e 10 (Quadro 8 e Figura 4), que evidencia, para o ano de 2008 e utilizando o mesmo método B de ponderação dos critérios, os valores dos índices IS e GISSeP e a posição relativa da totalidade das EGSAR reguladas, considerando dois universos de análise distintos.



Figura 3. Pesos atribuídos aos índices sectoriais (IS 1, IS 2 e IS 3) e aos indicadores de desempenho (AR01 a AR20), em função do método de ponderação utilizado

Quadro 8. Valores dos índices (sectoriais e global) de qualidade de serviço e posicionamento relativo das EGSAR reguladas (cenários 8 e 10)

EGSAR	Cenário 8					Cenário 10				
	IS 1	IS 2	IS 3	GISSep	Ranking	IS 1	IS 2	IS 3	GISSeP	Ranking
AA	2,09	1,51	1,88	5,48	11	2,31	1,66	1,88	5,84	7
AB	2,92	1,60	1,11	5,64	10	2,43	1,66	1,11	5,20	11
AC	3,58	2,08	1,88	7,55	2	3,32	2,15	1,88	7,35	2
AD	1,35	1,78	1,54	4,67	14	1,84	1,82	1,54	5,19	13
AE	2,61	1,54	1,87	6,02	8	2,01	1,55	1,87	5,43	9
AF	1,88	1,43	1,11	4,42	16	2,54	1,47	1,11	5,13	14
AG	3,01	1,55	1,11	5,67	9	2,54	1,56	1,11	5,22	10
AH	1,00	1,67	1,88	4,55	15	1,36	1,79	1,88	5,02	15
AI	1,68	1,64	1,88	5,19	12	1,68	1,64	1,88	5,19	12
AJ	1,03	1,88	0,76	3,68	18	1,40	2,00	0,76	4,16	17
AK	1,38	1,62	1,11	4,10	17	1,86	1,63	1,11	4,61	16
AL	1,75	1,93	2,99	6,66	5	2,37	1,95	2,99	7,30	3
AM	4,32	1,63	0,69	6,64	6	4,32	1,64	0,69	6,64	6
AN	1,85	1,17	1,88	4,89	13	0,97	1,17	1,88	4,02	18
AO	3,14	1,87	2,99	8,00	1	2,72	1,89	2,99	7,59	1
AP	3,53	1,34	2,43	7,30	3	3,25	1,37	2,43	7,05	4
AQ	2,96	1,24	1,88	6,07	7	2,48	1,24	1,88	5,60	8
AR	4,03	1,20	1,87	7,11	4	3,93	1,21	1,87	7,01	5

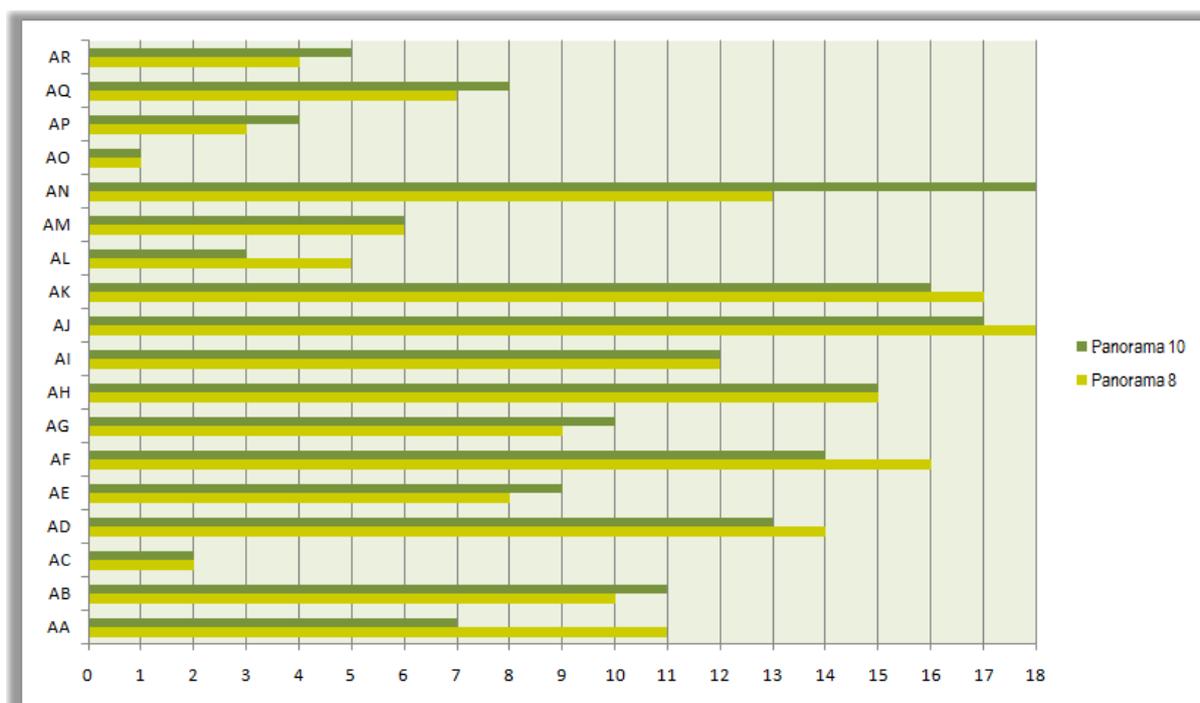


Figura 4. Comparação dos resultados obtidos nos cenários 8 e 10

4 CONCLUSÕES

A metodologia proposta para a definição de índices sectoriais e global de qualidade de serviço em sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais baseia-se no actual sistema de indicadores de desempenho adoptado pela ERSAR e na integração de métodos de análise multicritério para agregar de forma criteriosa as pontuações normalizadas obtidas por uma EGSAR nos vários ID que constituem aquele sistema.

A ponderação dos critérios foi efectuada com base em dois métodos inovadores distintos, tendo-se concluído que o método B é mais conservativo que o método A, o qual agrava as amplitudes entre o critério mais valorizado com o menos valorizado. Desta forma, o método A influencia de forma mais significativa que o método B o resultado final do *ranking* das EG.

A parametrização das funções *fuzzy* é uma questão indutora de alguma subjectividade neste processo de análise multicritério e a adopção de critérios gerais implicará sempre a necessidade de obter um consenso generalizado entre as EGSAR, que deve, intervir activamente nesse processo, de modo a serem considerados os indispensáveis factores de contexto que reflectam as especificidades e condicionalismos de cada EG. Actualmente, a informação de contexto é apenas usada para fundamentar alguns dos valores de ID apresentados pelas EG (ERSAR), sendo importante incorporar esses factores no cálculo dos índices de qualidade de serviço.

Com este contributo pretende-se complementar e aperfeiçoar o actual sistema de avaliação de desempenho das EGSAR, ao promover uma estratégia de *benchmarking* adequada às exigências deste serviço público e apoiar os processos de decisão inerentes à gestão patrimonial de infra-estruturas de saneamento básico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Duarte, A.A.L.S.; Rodrigues, G.M.C.; Ramos, R.A.R.; Bentes, I. (2010). Definição de índices de qualidade de serviço em sistemas de abastecimento de água. In *Comunicações do 10º Congresso da Água* (CD-Rom) (ISBN: 978-972-99991-9-2), Ed. APRH – Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, 21-24 de Março, Alvor, Portugal.
- Duarte, A.A.L.S.; Rodrigues, G.M.C.; Ramos, R.A.R. (2009a). Effect of criteria weighting methods on the ranking of water suppliers' performance. In *Proceedings of Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development*, WSEAS Press, Atenas, Grécia, 28-30 Setembro de 2009, pp. 350-355.
- Duarte, A.A.L.S.; Rodrigues, G.M.C.; Ramos, R.A.R. (2009b). A global service quality index to evaluate the performance and sustainability in water supply utilities. *WSEAS Transactions on Environment and Development* (ISSN: 1790-5079), **5** (12), WSEAS Press, pp. 759-769.
- ERSAR (2004). *Guia Técnico 2: Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais*. Ed. Entidade Reguladora de Serviços de Águas e Resíduos Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- ERSAR (2009). *Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal (2008) - Volume 3 - Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores*. Ed. Entidade Reguladora de Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa, 2009.

- Granja, C.M.P. (2010). *Índices de qualidade de serviço em sistemas de tratamento e drenagem de águas residuais*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga, 2010.
- Jiang, H.; Eastman, J.R. (2000). Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, **14** (2), pp. 173-184.
- Saaty, T. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, **15**, pp. 234-281.
- Silva, A.N.R.; Ramos, R.A.R.; Sousa, L.C.L.; Rodrigues, D.S.; Mendes, J.F.G.(2008). *SIG: Uma plataforma para a introdução de técnicas emergentes no planeamento urbano regional e de transportes: uma ferramenta 3 D para a análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais*. Edição da EdUFSCar, São Carlos, SP, Brasil.