

**PRIORIZAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA
MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO
SUBSISTEMA D.S5-EEA3 DA
INFRAMOURA**
Relatório preliminar

Inframoura - Empresa de Infraestruturas de
Vilamoura, E.M.

Lisboa • dezembro 2022

Título

PRIORIZAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SUBSISTEMA D.S5-EEA3 DA INFRAMOURA
Relatório preliminar

Autoria

Dália Loureiro

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Engenharia Sanitária

Catarina Silva

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Engenharia Sanitária

Joana Carneiro

Bolseira de Doutoramento, Núcleo de Engenharia Sanitária

Índice

1	Âmbito e objetivo	1
2	Metodologia	3
2.1	Nota introdutória.....	3
2.2	Metodologia geral.....	3
2.3	Metodologia para seleção de subsistemas prioritários	4
2.3.1	Racional	4
2.3.2	Sistema de avaliação da eficiência energética para os níveis de análise 1 a 3.....	5
2.3.3	Sistema de avaliação da eficiência energética para o nível de análise 4	7
2.4	Metodologia para identificação de cenários	8
2.5	Métricas para diagnóstico aprofundado de um subsistema	9
2.6	Metodologia para seleção de alternativas	16
2.7	Dados necessários.....	19
3	Próximos passos	20
	Referências bibliográficas	21

Índice de figuras

Figura 2.1 - Exemplo de aplicação da metodologia para o caso da Inframoura em 2018 (os gráficos circulares em cada nível representam o consumo de energia e as fatias representam os estágios; em cada fatia, os círculos representam os indicadores de eficiência e os quadrados os indicadores de eficácia desse estágio)	5
Figura 2.2 – Índice de energia fornecida em excesso (PX_Exc)	11
Figura 2.3 – Índice de pressão máxima (PX_Pmax)	11
Figura 2.4 – Índice de velocidade máxima (PX_Vmax)	12
Figura 2.5 – Índice de velocidade mínima (PX_Vmin)	12
Figura 2.6 – Índice da idade da água (PX_id)	13
Figura 2.7 – Índice de flutuação de pressão (PX_ΔH)	13
Figura 2.8 – Índice de pressão mínima (PX_Pmin)	14
Figura 2.9 – Índice de cloro residual mínimo (PX_Clmin)	14
Figura 2.10 – Índice de cloro residual máximo (PX_Clmax)	15
Figura 2.11 – Índice de THM (PX_THM)	15
Figura 2.12 – Índice de parâmetros microbiológicos (PX_micro)	16

Índice de quadros

Quadro 2.1 – Perfil da EG e do sistema de abastecimento de água	6
Quadro 2.2 – Indicadores de desempenho de eficiência energética e eficácia nos serviços de abastecimento de água para os níveis de análise 1 a 3 (adaptado de Loureiro <i>et al.</i> 2020a)	6
Quadro 2.3 – Indicadores de desempenho de eficiência e de eficácia de instalações elevatórias ou equipamento de bombeamento (nível 4) (adaptado de Loureiro <i>et al.</i> 2020a)	8
Quadro 2.4 – Sistema de avaliação para diagnóstico aprofundado ao nível 3 (subsistema)	9
Quadro 2.5 – Indicadores de desempenho considerados para diagnóstico aprofundado ao nível 3 (subsistema)	10
Quadro 2.6 – Aspectos considerados na análise económica de alternativas	18
Quadro 2.7 – Dados para caracterização do sistema de abastecimento de água e da entidade gestora	19
Quadro 2.8 – Dados para avaliação do desempenho do subsistema D.s5	19

1 | Âmbito e objetivo

O diagnóstico de eficiência energética nos sistemas urbanos de águas deve atender a outros aspetos para além de ineficiência nos grupos eletrobomba. Aspetos como as perdas de água nos sistemas de abastecimento de água, as aflúncias indevidas nos sistemas de drenagem de águas residuais e problemas na operação e no traçado da rede podem acarretar consumos de energia relevantes.

Na Inframoura, E.M. a etapa de distribuição de água (82% do consumo de energia da EG, 2018) apresentou desempenho mediano em termos de consumo de energia normalizado em grupos eletrobomba ($dE2 = 0,52 \text{ kWh/m}^3/100 \text{ m}$) e da energia em excesso por volume de consumo autorizado ($dE20 = 0,16 \text{ kWh/m}^3$) (Pisoeiro et al., 2020). O balanço energético indicou que a maior proporção da energia em excesso é devida a energia supérflua nos pontos de consumo e a energia dissipada por perdas de carga na rede. Quanto ao cloro residual, verificaram-se valores acima ($dE7$) e abaixo ($dE6$) da gama recomendada. Os valores máximos de cloro não comprometeram o resultado em termos de valores elevados de trihalometanos ($dE8$). Quanto aos parâmetros microbiológicos ($dE9$), os valores mais elevados dos parâmetros *E. coli*, *Clostridium perfringens*, e *Enterococos* não excederam os valores limite, enquanto os valores mais elevados de bactérias coliformes excederam o valor limite e os valores mais elevados de colónias a 37°C excederam os valores recomendados, associados a cloro baixo. Neste estudo, fez-se também um diagnóstico expedito dos cinco subsistemas de distribuição de água. Os subsistemas D.s3 (R6-H2) e D.s5 (R6-EEA3-H1), com 12,7% e 40% do consumo total de energia da EG, respetivamente, e com potencial de melhoria em termos de eficiência energética, foram considerados os subsistemas prioritários para um diagnóstico mais aprofundado. No subsistema D.s5, objeto de análise neste relatório, o estudo feito no projeto Avaler+ indicou ser importante propor uma setorização da rede que permita tirar maior partido da energia gravítica fornecida ao sistema, reduzindo a energia fornecida por bombeamento e minimizando os problemas de excesso de pressão. Relativamente aos grupos eletrobomba, com potencial de melhoria em eficiência e no final da sua vida útil, será importante a sua substituição por grupos adequadamente dimensionados e operados.

Este trabalho tem como objetivo principal a priorização de alternativas para melhoria da eficiência energética no subsistema D.s5, envolvendo dois aspetos principais face a estudos anteriores (Loureiro et al., 2021):

- Diagnóstico aprofundado do subsistema D.s5, quer espacial quer temporalmente, recorrendo à modelação hidráulica, aos cenários de operação de inverno e verão e cobrindo aspetos como a pressão, velocidade e idade da água na situação de referência e futura.
- Especificação e análise comparativa de alternativas (desempenho, custos, benefícios) para a sua priorização atendendo ao seu impacto a médio e longo-prazo (e.g., 10 anos e 20 anos).

O diagnóstico aprofundado e a priorização de alternativas atenderão à evolução futura do sistema mediante cenários que serão identificados em conjunto com a EG, designadamente, alteração nos padrões de uso da água potável em usos não potáveis, com redução do seu uso para, por exemplo,

rega de espaços públicos verdes, lavagem de ruas, climatização e alterações de contexto interno (e.g., expansão da rede do subsistema D.s5). Este relatório visa apresentar a metodologia e o sistema de avaliação para diagnóstico aprofundado de subsistemas.

2 | Metodologia

2.1 Nota introdutória

Este capítulo descreve a metodologia geral do estudo (secção 2.2) e apresenta resumidamente a metodologia e o sistema de avaliação para seleção de subsistemas propostos em estudos anteriores (Loureiro et al., 2020a, Loureiro et al, 2020b, Loureiro et al. 2021), com o objetivo de validar a prioridade de intervenção do subsistema D.s5 estabelecida por Pisoeiro et al. (2020) (secção 2.3). Seguidamente, descreve-se a metodologia para identificação de cenários (secção 2.4), as métricas propostas neste estudo para diagnóstico aprofundado de um subsistema de abastecimento de água (secção 2.5), a metodologia para priorização de alternativas (secção 2.6) e os dados necessários para a análise (secção 2.7).

2.2 Metodologia geral

A metodologia geral de priorização de alternativas para melhoria da eficiência energética no subsistema de abastecimento de água D.s5 da Inframoura é a seguinte:

- i. Identificação do ano de referência, identificação das fronteiras e caracterização do subsistema D.s5.
- ii. Recolha e compilação de dados pela Inframoura e envio ao LNEC.
- iii. Validação do subsistema D.s5 como prioritário em 2021, através da metodologia e sistema de avaliação para seleção de subsistemas proposta no projeto Avaler+ (secção 2.3).
- iv. Identificação dos cenários a considerar para diagnóstico aprofundado e priorização de medidas (secção 2.4).
- v. Diagnóstico aprofundado do subsistema D.s5 para identificação dos problemas específicos, envolvendo:
 - a. Estabelecimento de novas métricas para avaliação da eficiência energética e da eficácia em sistemas de abastecimento de água (secção 2.5).
 - b. Recolha de dados para o diagnóstico aprofundado.
 - c. Planeamento e realização de campanhas de medição de parâmetros hidráulicos e de qualidade da água para o diagnóstico aprofundado.
 - d. Diagnóstico da situação atual e futura (atendendo a alterações de contexto interno e aos cenários identificados).
- vi. Seleção de alternativas, envolvendo:
 - a. Visita técnica para identificação das alternativas e recolha de dados adicionais.
 - b. Análise de desempenho das alternativas (avaliação da situação futura atendendo a alterações de contexto interno e a cenários).
 - c. Análise económica de alternativas atendendo a custos no ciclo de vida.
 - d. Priorização de alternativas e avaliação do seu impacto.

Para a validação da etapa e do subsistema prioritário (iii) foi adotado o sistema de avaliação desenvolvido no âmbito do projeto Avaler+ (Loureiro *et al.*, 2020a, 2020b; Loureiro *et al.*, 2021), enquanto para o diagnóstico aprofundado foram definidas neste trabalho métricas distintas (indicadores e índices de desempenho), que cobrem aspetos adicionais, mas determinantes para o bom desempenho da rede, como a pressão (máxima, mínima, flutuação de pressão), velocidade de escoamento, idade da água, qualidade da água, idade da rede e avarias. Para avaliação de aspetos hidráulicos (*e.g.*, pressão, velocidade, idade da água), quer espacial quer temporalmente, será necessário recorrer à modelação hidráulica.

2.3 Metodologia para seleção de subsistemas prioritários

2.3.1 Racional

No âmbito de estudos anteriores (Loureiro *et al.*, 2020a, 2020b; Loureiro *et al.*, 2021) foi definida uma abordagem para diagnóstico do consumo e eficiência energética em sistemas de abastecimento e em sistemas de águas residuais e pluviais, envolvendo os quatro níveis físicos de análise: sistema (#1), etapa (#2), subsistema ou componente de infraestrutura (#3) e equipamento ou processo de tratamento (#4), como se ilustra na Figura 2.1 para o caso da Inframoura de acordo com Piseiro *et al.* (2020).

O desempenho é avaliado por critérios de eficiência e eficácia (uma infraestrutura eficiente, mas ineficaz não cumpre a sua missão), métricas de desempenho e valores de referência. A priorização (*i.e.*, a identificação do(s) objeto(s) a avaliar no nível de análise seguinte) tem em consideração (i) o consumo de energia, expresso em kWh (para levar em conta a dimensão do problema) e a fração desse consumo que é assegurada por energia produzida na EG, (ii) a eficiência energética (central para avaliar o potencial de melhoria da eficiência no consumo e na produção de energia hidroelétrica ou biogás) e (iii) eficácia das infraestruturas em análise nos aspetos que afetam ou são afetados pelo uso de energia.

As métricas de eficiência energética e eficácia são específicas da etapa, mas são convertidas numa escala de semáforo (bom: "verde", mediano: "amarelo", insatisfatório: "vermelho"), comparando o valor obtido com os valores de referência correspondentes para cada nível de desempenho.

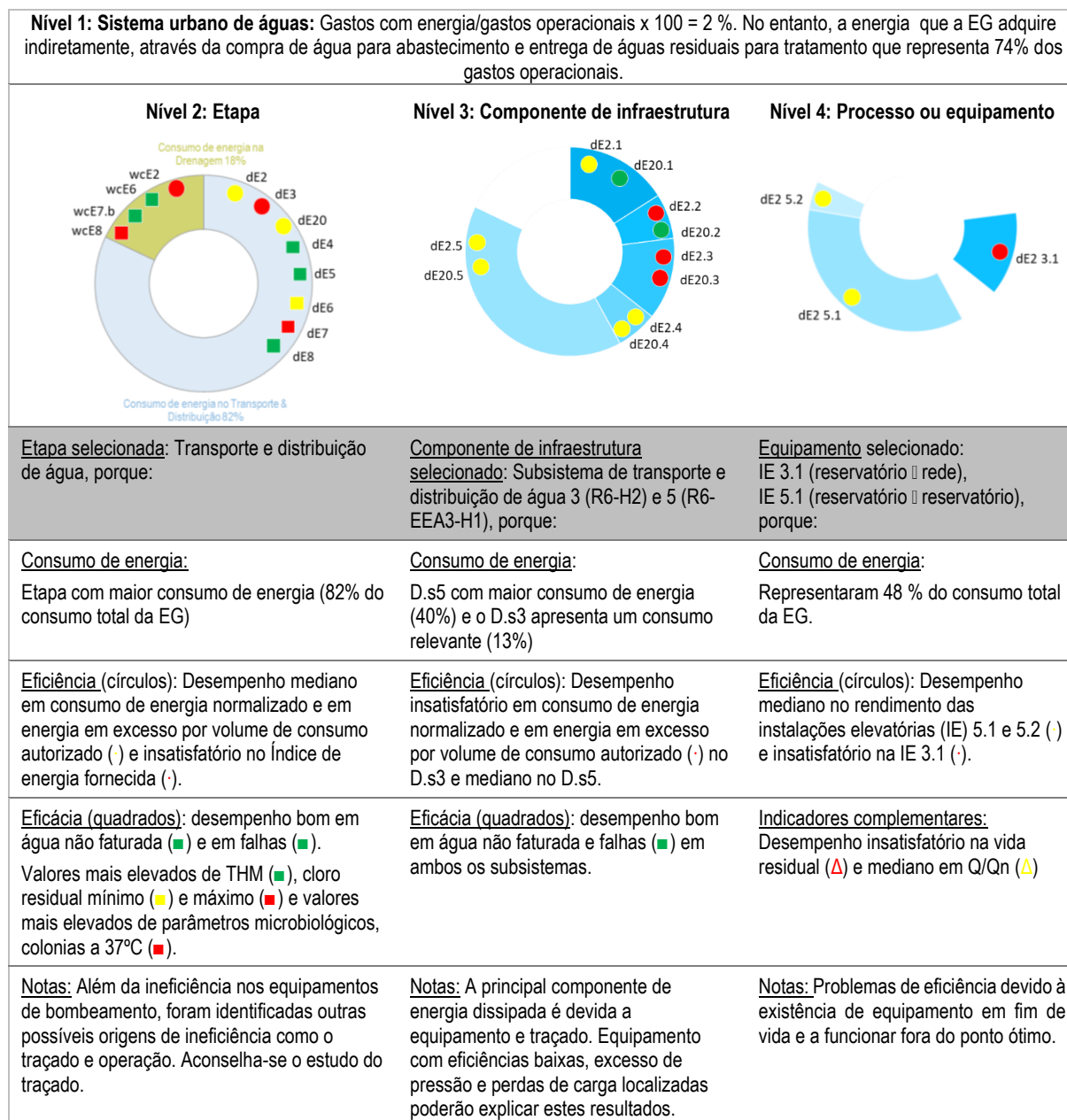


Figura 2.1 - Exemplo de aplicação da metodologia para o caso da Inframoura em 2018 (os gráficos circulares em cada nível representam o consumo de energia e as fatias representam os estágios; em cada fatia, os círculos representam os indicadores de eficiência e os quadrados os indicadores de eficácia desse estágio)

2.3.2 Sistema de avaliação da eficiência energética para os níveis de análise 1 a 3

O sistema de avaliação da eficiência energética nos serviços urbanos de águas nos níveis 1 a 3 foi proposto para as várias etapas do ciclo urbano da água: i) captação e transporte de água, ii) tratamento de água para consumo humano; iii) transporte e distribuição de água, iv) recolha e transporte das águas residuais e pluviais, v) tratamento de águas residuais e descarga e v) reutilização de água tratada. A Inframoura é responsável pelas etapas iii) e iv) e neste estudo o foco será na etapa de transporte e distribuição de água.

No primeiro nível de análise avalia-se o peso dos gastos com energia nos gastos operacionais para perceber se aqueles gastos são um *driver* na sustentabilidade económica do sistema como um todo. O sistema de avaliação da eficiência energética integra também indicadores para caracterização do perfil da EG (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 – Perfil da EG e do sistema de abastecimento de água

Global (EG)	Sistema de abastecimento de água (SAA)
Gastos com energia (%)	Gastos com energia no SAA (%)
-	Alojamentos com serviço efetivo de abastecimento de água (%)
Consumo de energia <i>per capita</i> , [kWh/(hab.ano)]	Consumo de energia por alojamento com serviço efetivo de abastecimento de água [kWh/(alojamento.ano)]
	Consumo de energia por consumo autorizado (kWh/m ³)
Produção própria de energia a partir da água (%)	Produção própria de energia a partir do abastecimento de água (%)
Emissões indiretas de GEE provenientes de energia adquirida ao exterior [kg CO ₂ eq/(hab.ano)]	Emissões indiretas de GEE provenientes de energia adquirida ao exterior para funcionamento do SAA [kg CO ₂ eq/(pop. servida.ano)]
-	Tipo de tratamento para abastecimento de água (volume por tipo) (%)
-	Captações (superficiais, subterrâneas), estações de tratamento, comprimento de rede e ramais, n.º de estações elevatórias e reservatórios

Os indicadores de eficiência energética e de eficácia (e variáveis, a formulação e os valores de referência) estão apresentados no Quadro 2.2. Os valores de referência permitem o julgamento do desempenho, traduzindo o resultado dos indicadores em desempenho bom, mediano ou insatisfatório, e foram obtidos a partir de valores da legislação (e.g., cumprimento dos requisitos de qualidade da água), recomendações de boas práticas propostas pelo regulador dos serviços, valores da bibliografia ou dados históricos das EG.

Quadro 2.2 – Indicadores de desempenho de eficiência energética e eficácia nos serviços de abastecimento de água para os níveis de análise 1 a 3 (adaptado de Loureiro *et al.* 2020a)

Critério	Indicador de desempenho	Formulação	Valores de referência Bom (●), mediano (●) e insatisfatório (●)
Eficiência	[dE2] Consumo de energia normalizado das instalações elevatórias [kWh/(m ³ .100m)]	Consumo de energia para bombeamento/ Soma do volume elevado multiplicado pela altura de elevação / 100	ERSAR 3G ● [0,27; 0,40]; ●]0,40; 0,54]; ●]0,54; 5]
			ERSAR 4G ● [0,27; 0,43]; ●]0,43; 0,60]; ●]0,60; 5]
	[dE20] Energia fornecida em excesso (kWh/m ³)	Energia fornecida em excesso / volume de consumo autorizado	● [0; 0,15]; ●]0,15; 0,30]; ●]0,30; +∞[

Quadro 2.2 – Indicadores de desempenho de eficiência energética e eficácia nos serviços de abastecimento de água para os níveis de análise 1 a 3 (adaptado de Loureiro *et al.* 2020a) (cont.)

Critério	Indicador de desempenho	Formulação	Valores de referência
			Bom (●), mediano (●) e insatisfatório (●)
Eficácia	[dE4.1] Falhas na rede [n.º/(1000 ramais.ano)]	Falhas/Ramal de ligação no transporte e distribuição x 1000	ERSAR 3G ⁽¹⁾ ● [0,0; 1,0]; ●]1,0; 2,5]; ●]2,5; +∞[
	[dE4.2] Ocorrência de falhas no abastecimento [n.º/(1000 ramais.ano)]	Ramais afetados pro falhas/Ramal de ligação no transporte e distribuição x 1000	ERSAR 4G ⁽²⁾ ● [0,0; 15]; ●]15; 50]; ●]50; +∞[
	[dE5] Água não faturada (%)	Água não faturada / Água entrada no sistema	ERSAR 3G e 4G ^{(1), (2)} ● [0; 20]; ●]20; 30]; ●]30; 100]
	[dE6] Cloro residual mínimo nos pontos de entrega ou consumo (%)	Média dos 10% de valores mais baixos em cloro residual nos pontos de entrega ou consumo / Valor mínimo recomendado de cloro residual livre x 100	● [150; 250]; ⁽³⁾ ● [100; 150[or]250; 300]; ● < 100 or > 300
	[dE7] Cloro residual máximo nos pontos de consumo (%)	Média dos 10% de valores mais elevados em cloro residual nos pontos de consumo / Valor máximo recomendado de cloro residual livre x 100	● [50; 80]; ⁽³⁾ ● [33; 50[or]80; 100]; ● > 100 or < 33
	[dE8] Valores mais elevados em THM nos pontos de entrega ou consumo (%)	Média dos 10% de valores mais elevados em THM nos pontos de entrega ou consumo / Valor paramétrico de THM x 100	● ≤ 50; ●]50; 100]; ● > 100 ⁽³⁾
	[dE9] Valores mais elevados em parâmetros microbiológicos nos pontos de entrega ou consumo	Média dos 10% de valores mais elevados do parâmetro microbiológico nos pontos de entrega ou consumo	dE9.0a a dE9.0d: ● 0; ● > 0
	dE9.0a <i>E. coli</i> (n.º/100 mL) dE9.0b <i>Enterococos</i> (n.º/100 mL) dE9.0c Bactérias coliformes (n.º/100 mL) dE9.0d <i>C. perfringens</i> (n.º/100 mL) dE9.0e Colónias a 22 °C (%) dE9.0f Colónias a 36 °C (%)	dE9.0e e dE9.0f: Média dos 10% de valores mais elevados do parâmetro microbiológico nos pontos de entrega ou consumo / Valor máximo recomendado do parâmetro microbiológico x 100	dE9.0e e dE9.0f: ● ≤ 50; ●]50; 100]; ● > 100 ⁽³⁾

⁽¹⁾ ERSAR e LNEC (2017), ⁽²⁾ ERSAR, LNEC e NOVA (2021), ⁽³⁾ Loureiro *et al.* (2020a)

2.3.3 Sistema de avaliação da eficiência energética para o nível de análise 4

Ao nível das instalações elevatórias ou de conjuntos de grupos com características idênticas, em termos de potência do motor, caudal e altura de elevação, Loureiro *et al.* (2020b) propôs um indicador principal e quatro complementares para avaliação da eficiência energética e de aspetos que podem condicionar a eficiência ou a eficácia do serviço (Quadro 2.3).

No indicador “Rendimento de instalações elevatórias” foram considerados os valores de referência recomendados por ERSAR (2017) e no indicador “Vida residual” consideraram-se como base os valores de boas práticas recomendados por Alegre e Covas (2010) para o cálculo do Índice de valor da rede. Estudos existentes (Myles 2002, LBNL 2006) recomendam como boa prática que os grupos eletrobomba operem próximo do ponto de máxima eficiência; caso tal não seja possível, recomendam

70-80% quando for inferior ao caudal nominal, e 110-120% quando for superior ao caudal nominal. A operação fora destas gamas pode trazer vários problemas, como o excesso de vibração no equipamento e a cavitação, que podem comprometer o bom funcionamento destes equipamentos e levar a uma maior degradação do rendimento ao longo do tempo, ocorrência de avarias e consequente diminuição da vida útil.

Para apoiar a interpretação dos indicadores, estimou-se também, por consulta dos catálogos dos fabricantes, o rendimento ótimo e o rendimento esperado para as condições médias de funcionamento em termos de caudal e de altura de elevação.

Quadro 2.3 – Indicadores de desempenho de eficiência e de eficácia de instalações elevatórias ou equipamento de bombeamento (nível 4) (adaptado de Loureiro *et al.* 2020a)

Indicador	Formulação	Valores de referência para desempenho (●) bom, (●) mediano, (●) insatisfatório
Consumo de energia normalizado das instalações elevatórias [kWh/(m ³ .100 m)]	Consumo de energia para bombeamento/Fator de uniformização	ERSAR 3G ⁽¹⁾ ● [0,27; 0,40]; ● [0,40; 0,54]; ● [0,54; 5] ERSAR 4G ⁽²⁾ ● [0,27; 0,43]; ● [0,43; 0,60]; ● [0,60; 5]
Indicadores complementares		
Rendimento de instalações elevatórias, η calculado (%)	Energia útil do escoamento/ Energia elétrica \times 100	ERSAR 3G ⁽¹⁾ ● [68; 100]; ● [50; 68]; ● [0; 50[ERSAR 4G ⁽²⁾ ● [63; 100]; ● [45; 63]; ● [0; 45[
Rácio entre o caudal bombeado e o caudal nominal (%)	Caudal médio bombeado/ Caudal nominal da bomba \times 100	● [90; 105]; ● [70; 90[ou]105; 120]; ● [0; 70[ou]120; 150] ⁽³⁾
Vida residual (-)*	(Vida útil – idade)/Vida útil	● [0,4; 1,0]; ● [0,2; 0,4[● [0; 0,2[⁽³⁾
Rácio entre o desnível geométrico e a altura de elevação (%)	(Carga hidráulica a montante - carga hidráulica a jusante)/altura de elevação \times 100	-
Taxa de degradação (%/ano)	(Rendimento esperado-rendimento calculado)/idade \times 100	-

* caso os grupos sejam diferentes entre si, utilizar a potência instalada como critério de ponderação

⁽¹⁾ ERSAR e LNEC (2017), ⁽²⁾ ERSAR, LNEC e NOVA (2021), ⁽³⁾ Loureiro *et al.* (2020b)

2.4 Metodologia para identificação de cenários

Previamente à identificação dos cenários, estabelece-se o horizonte de análise, que deve ser suficientemente longo para se poder analisar o impacto dos cenários na evolução do desempenho do subsistema (20 anos). Para o prognóstico e avaliação do desempenho ao longo do horizonte de análise consideraram-se também passos de análise de 5 anos.

Os cenários correspondem a fatores externos à entidade gestora que são prováveis de ocorrer e com impacto no desempenho do serviço prestado, tendo-se considerado três etapas para a sua construção:

- Caracterização do contexto externo, para identificação de oportunidades e ameaças, e do contexto interno para identificação dos pontos fortes e fracos da entidade gestora,
- Identificação dos principais vetores da análise de cenários e caracterização da sua evolução,
- Construção dos cenários de análise com a especificação da sua evolução temporal, espacial, identificação das variáveis que influenciam e pressupostos da análise.

Para além dos cenários, devem considerar-se também as alterações internas na EG que estão previstas (e.g., expansão da rede, construção de rede de distribuição de água não potável).

Para cada cenário provável e atendendo às alterações internas previstas, faz-se uma projeção da evolução futura (espacial e temporal) do desempenho, quer em termos de diagnóstico (secção 2.5), quer em termos da implementação de alternativas de melhoria de eficiência (secção 0).

2.5 Métricas para diagnóstico aprofundado de um subsistema

Em complemento aos indicadores de desempenho (Quadro 2.2), que analisam o desempenho do sistema ou subsistema recorrendo a dados históricos anuais, é possível aprofundar a análise recorrendo a índices de desempenho que atendem às características operacionais do sistema, não estudados anteriormente. Estes índices permitem avaliar o desempenho em cada elemento da rede (e.g., troço de conduta, nó de consumo) e ao longo do tempo (e.g., 24 horas). Os índices propostos para o diagnóstico aprofundado também permitem avaliar o desempenho global do sistema ou subsistema, através de uma função de generalização.

Para o diagnóstico aprofundado foram definidos indicadores (PI) e índices de desempenho (PX) em quatro critérios: eficiência no uso dos recursos, sustentabilidade infraestrutural e desempenho operacional na dimensão da eficiência e qualidade do serviço na dimensão da eficácia (Quadro 2.4).

Quadro 2.4 – Sistema de avaliação para diagnóstico aprofundado ao nível 3 (subsistema)

Dimensões	Crítérios	Indicadores (PI) e índices (PX)
Eficiência	Eficiência no uso dos recursos	PX - Energia fornecida em excesso (-) PI - Perdas reais [L/(ramal.dia)]
	Sustentabilidade infraestrutural	PI - Índice de valor da infraestrutura (-) PX - Pressão máxima (-) PX - Velocidade máxima (-) PI - Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km.ano)]
	Desempenho operacional	PX - Velocidade mínima (-) PX - Idade da água (-)
Eficácia	Qualidade do serviço	PX - Flutuação de pressão (-) PX - Pressão mínima (-) PX - Cloro residual mínimo (-) PX - Cloro residual máximo (-) PX - THM (-) PX - Microbiologia (-) (<i>E. Coli</i> , Enterococos, Bactérias coliformes, <i>Clostridium Perfringens</i> , Colónias a 22°C e a 37°C)

Os indicadores de desempenho de perdas reais, índice de valor da infraestrutura e de avarias em condutas, formulados com valores de referência de acordo com ERSAR e LNEC (2017) e ERSAR, LNEC e NOVA (2021) (Quadro 2.5), foram selecionados para o diagnóstico aprofundado por avaliarem problemas específicos que podem impactar no consumo de energia (e.g., perdas por fugas em condutas e reservatórios e extravasamentos em reservatórios, envelhecimento da rede, condição

infraestrutural inadequada da rede) não incluídos no sistema de avaliação para seleção de subsistemas prioritários (Quadro 2.2).

Quadro 2.5 – Indicadores de desempenho considerados para diagnóstico aprofundado ao nível 3 (subsistema)

Critério	Indicador de desempenho	Formulação	Valores de referência
			Bom (●), mediano (●) e insatisfatório (●)
Eficiência no uso dos recursos	PI – Perdas reais [L/(ramal.dia)]	Volume de perdas reais/ ramais de ligação x 1000/365	ERSAR 3G e 4G ^{(1), (2)} ● [0; 100]; ●]100; 150]; ●]150; +∞[
Sustentabilidade infraestrutural	PI - Índice de valor da infraestrutura (-)	Valor atual da rede / valor de substituição	● [0,4; 0,6]; ● [0,2; 0,4[ou]0,6; 1,0]; ●]0; 0,2[⁽³⁾
	PI - Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km.ano)]	Avarias em condutas / comprimento total de condutas x 100	ERSAR 3G e 4G ^{(1), (2)} ● [0; 30]; ●]30; 60]; ●]60; +∞[

⁽¹⁾ ERSAR e LNEC (2017), ⁽²⁾ ERSAR, LNEC e NOVA (2021), ⁽³⁾ baseado em Alegre e Covas (2010)

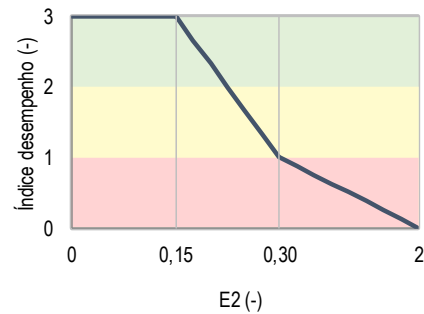
Relativamente aos índices de desempenho propostos para o diagnóstico aprofundado (Quadro 2.4), estes foram selecionados por poderem identificar locais da rede e períodos do dia ou do ano mais problemáticos em termos de pressão, flutuação de pressão, velocidade, idade da água e de parâmetros de qualidade da água e com impacto no consumo e na eficiência energética. Os índices de desempenho de pressão, flutuação de pressão, velocidade e idade da água foram baseados em Coelho (1997).

A avaliação do desempenho através de índices de desempenho (PX) pressupõe os seguintes aspetos (Coelho, 1997, Cardoso, 2007): i) identificação da variável de estado da rede, representativa do aspeto em apreciação em função dos critérios estabelecidos; ii) definição de uma função de desempenho que traça a relação entre os valores da variável e uma escala de classificação do desempenho para obtenção do índice de desempenho; iii) definição de uma função de generalização que permite a agregação espacial dos índices referentes a cada elemento para um dado subsistema ou sistema.

Relativamente à função de desempenho, esta converte cada valor da variável num índice de desempenho, que assume valores entre zero e 3: o valor 3 corresponde a uma situação em que o desempenho é “excelente”; valores entre 3 e 2 traduzem desempenhos “bons”; valores entre 2 e 1 são “aceitáveis”; o valor 1 corresponde ao desempenho “mínimo aceitável”; valores inferiores a 1 traduzem um desempenho “insatisfatório” e um índice zero significa que há “ausência” ou interrupção da função (Silva *et al.* 2014). Os valores de referência (para estabelecimento dos níveis) dependem da variável de estado e do(s) objetivo(s) do utilizador.

Para cada índice, apresenta-se a variável de estado, a escala de aplicação, a origem dos dados, a função de desempenho, a justificação dos valores de referência e a função de generalização (Figura 2.2 - Figura 2.12).

- **Variável de estado:** Energia em excesso / volume de consumo autorizado (kWh/m³)
- **Escala de aplicação:** nó da rede
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno)
- **Função de desempenho:**
 - Desempenho excelente $\leq 0,15$ kWh/m³
 - Desempenho insatisfatório $> 0,30$ kWh/m³
 - Falha de serviço > 2 kWh/m³



• **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

Os valores da função de desempenho tiveram por base os valores de referência do indicador de energia fornecida em excesso (Quadro 2.2).

• **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de energia fornecida em excesso, equação (1), corresponde a uma média ponderada do desempenho do índice de energia em excesso em cada nó i (PX_{Exc_i}), pelo peso de cada nó (w_i), adimensional, obtido de acordo com (2).

$$PX_{Exc} = \sum_{i=1}^N w_i \cdot PX_{Exc_i} \quad (1)$$

Sendo PX_{Exc} o índice de energia fornecida em excesso do sistema ou subsistema (-).

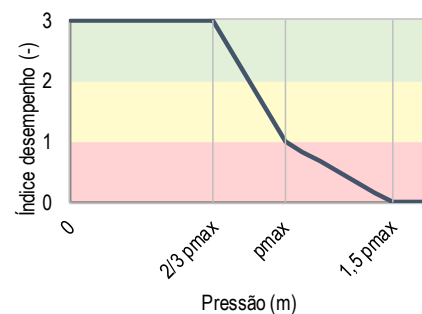
O peso de cada nó (w_i) é dado pela seguinte equação:

$$w_i = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i} \quad (2)$$

Sendo Q_i o consumo em cada nó da rede (m³/h).

Figura 2.2 – Índice de energia fornecida em excesso (PX_Exc)

- **Variável de estado:** pressão (m c.a.)
- **Escala de aplicação:** nó da rede
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno)
- **Função de desempenho:**
 - Desempenho Excelente $\leq \frac{2}{3} p_{max}$ m c.a.
 - Desempenho insatisfatório $> p_{max}$ m c.a.
 - Falha de serviço $> 1,5 \cdot p_{max}$ m c.a.



• **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

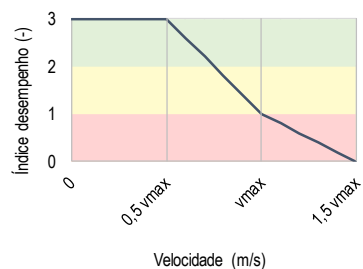
Neste trabalho, uma vez que se trata de uma rede envelhecida, considerou-se que até $\frac{2}{3} p_{max}$ o desempenho é excelente, sendo p_{max} a pressão máxima regulamentar (m c.a.). Para valores entre $\frac{2}{3} p_{max}$ e p_{max} o desempenho diminui, pois pode agravar a condição da rede e levar a uma maior ocorrência de roturas. Para valores superiores à pressão máxima, 60 m c.a. (DL 23/95), o desempenho é insatisfatório por incumprimento do valor regulamentar.

• **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de pressão máxima apresenta uma formulação idêntica à proposta para o índice de energia em excesso, tal como se descreve nas equações (1) e (2).

Figura 2.3 – Índice de pressão máxima (PX_Pmax)

- **Variável de estado:** velocidade do escoamento (m/s)
- **Escala de aplicação:** troços da rede
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno)
- **Função de desempenho:**
 - Desempenho excelente $< 0,5 \cdot v_{\max}$ m/s
 - Desempenho insatisfatório $> v_{\max}$ m/s
 - Falha de serviço $> 1,5 \cdot v_{\max}$ m/s



• **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

A função de desempenho teve por base a velocidade máxima regulamentar, v_{\max} (m/s), descrita na equação (3), valor que corresponde ao desempenho mínimo aceitável (PX 1). Para valores superiores ocorre o incumprimento dos valores máximos regulamentares. Acresce que para velocidades mais elevadas podem ocorrer problemas infraestruturais em condutas e acessórios e regime de escoamento transitórios desfavoráveis, pelo que para velocidade acima de 50% da velocidade máxima se considera ocorrer falha de serviço.

$$v_{\max} = 0,1274 \cdot D^{0,4} \tag{3}$$

onde D o diâmetro interno da conduta (mm).

• **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de velocidade máxima corresponde a uma média ponderada do desempenho da velocidade máxima para os troços da rede (PX_Vmax_j) , pelo peso de cada troço (w_j) , obtido de acordo com (5).

$$PX_Vmax = \sum_{j=1}^{NL} w_j \cdot PX_Vmax_j \tag{4}$$

Sendo PX_Vmax o índice de velocidade máxima do sistema ou subsistema (-).

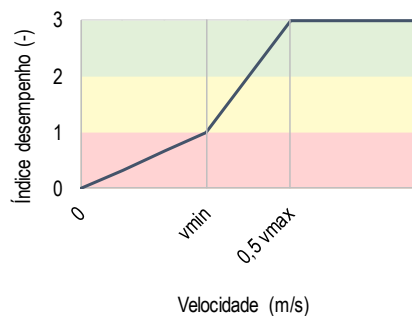
O peso de cada troço (w_j) é dado pela seguinte equação:

$$w_j = L_j \pi \frac{D_j^2}{4} \tag{5}$$

Sendo L_j o comprimento de cada troço de rede (m) e D_j o diâmetro interno de cada troço de rede (m).

Figura 2.4 – Índice de velocidade máxima (PX_Vmax)

- **Variável de estado:** velocidade do escoamento (m/s)
- **Escala de aplicação:** troços da rede
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno)
- **Função de desempenho:**
 - Desempenho excelente $\geq 0,5 \cdot v_{\max}$ m/s
 - Desempenho insatisfatório $< v_{\min}$ m/s
 - Falha de serviço = 0 m/s



• **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

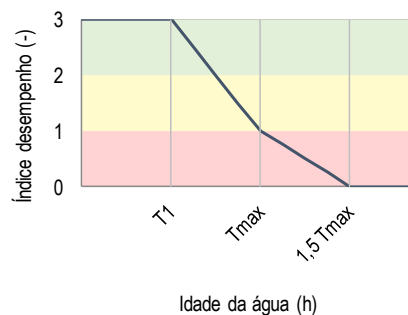
A função de desempenho teve por base a velocidade mínima regulamentar, $v_{\min} = 0,3$ m/s, para o desempenho mínimo aceitável e 50% do valor máximo regulamentar para o desempenho excelente.

• **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de velocidade mínima apresenta uma formulação idêntica à proposta para a velocidade máxima, equações (4) e (5).

Figura 2.5 – Índice de velocidade mínima (PX_Vmin)

- **Variável de estado:** idade da água (h)
- **Escala de aplicação:** trecho da rede
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno)
- **Função de desempenho**
 - Desempenho excelente $\leq T1$ h
 - Desempenho insatisfatório $\geq T_{max}$ h
 - Falha de serviço $\geq 1,5 \cdot T_{max}$ h



• **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

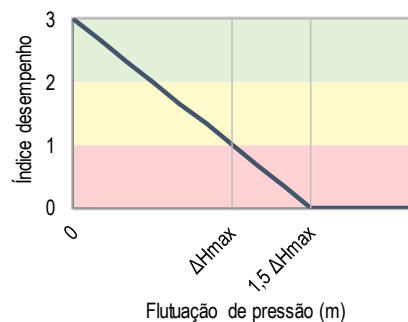
A função de desempenho teve por base a idade da água máxima nos trechos da rede, T_{max} , valor que corresponde ao limite do desempenho mínimo aceitável. A idade da água depende das características do sistema e os valores-limite $T1$ e T_{max} serão definidos neste estudo.

• **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos da idade da água apresenta uma formulação idêntica à proposta para a velocidade máxima, equações (4) e (5).

Figura 2.6 – Índice da idade da água (PX_id)

- **Variável de estado:** flutuação de pressão (m c.a.)
- **Escala de aplicação:** nós da rede
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno)
- **Função de desempenho**
 - Desempenho excelente: 0 m c.a.
 - Desempenho insatisfatório $> \Delta H_{max}$ m c.a.
 - Falha de serviço $\geq 1,5 \cdot \Delta H_{max}$ m c.a.



• **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

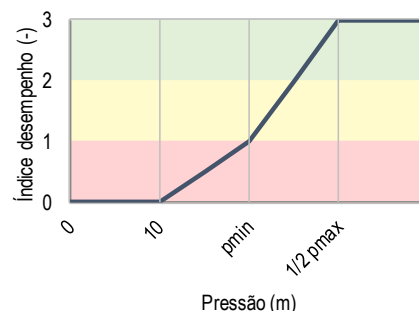
Variações significativas de pressão são indesejáveis por indicarem que a rede é sensível a variações de consumo ou de operação, e poderem existir problemas no fornecimento de água com pressão adequada. Neste trabalho adotou-se uma flutuação máxima de 30 m c.a., em conformidade com o DL 23/95. Deste modo, acima deste valor o desempenho é insatisfatório e quando a flutuação é superior a 50% do valor máximo considera-se que ocorre falha de serviço.

• **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos da flutuação de pressão apresenta uma formulação idêntica à proposta para a energia em excesso, equações (1) e (2).

Figura 2.7 – Índice de flutuação de pressão (PX_ΔH)

- **Variável de estado:** pressão mínima (m c.a.)
- **Escala de aplicação:** nós da rede
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno)
- **Função de desempenho**
 - Desempenho excelente $> \frac{1}{2} p_{\max}$ m c.a.
 - Desempenho insatisfatório $< p_{\min}$ m c.a.
 - Falha de serviço: 10 m c.a.



• **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

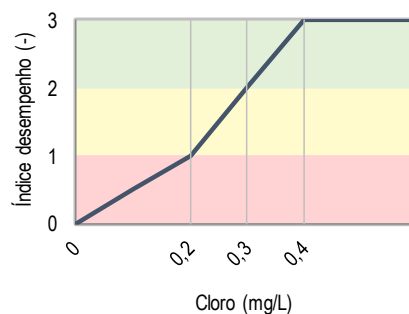
Considera-se que abaixo da pressão mínima requerida estabelecida pela EG (20 m c.a.) o desempenho é insatisfatório e que há falha de serviço quando a pressão é inferior a 10 m c.a., em conformidade com o DL 23/95.

• **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de pressão mínima apresenta uma formulação idêntica à proposta para a energia em excesso, equações (1) e (2).

Figura 2.8 – Índice de pressão mínima (PX_Pmin)

- **Variável de estado:** cloro residual (mg/L)
- **Escala de aplicação:** pontos de consumo
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno) ou dados históricos
- **Função de desempenho**
 - Desempenho excelente $\geq 0,4$ mg/L
 - Desempenho bom $\geq 0,3$ mg/L
 - Desempenho insatisfatório $< 0,2$ mg/L
 - Falha de serviço = 0,0 mg/L



• **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

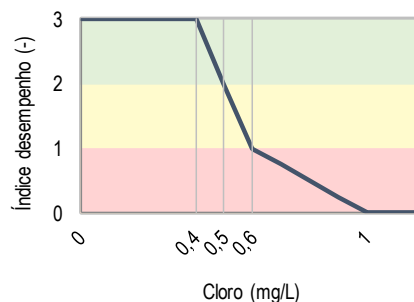
Os valores de referência foram definidos com base nas diretivas europeias 98/83/CE e 2015/1787 e no Decreto-Lei 152/2017, que estabelecem que a gama recomendada de cloro residual no ponto de consumo é de 0,2–0,6 mg/L. Para cada nível de desempenho os valores estão em concordância com o definido no indicador de cloro residual mínimo.

• **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de pressão mínima apresenta uma formulação idêntica à proposta para a energia em excesso, equações (1) e (2).

Figura 2.9 – Índice de cloro residual mínimo (PX_Clmin)

- **Variável de estado:** cloro residual (mg/L)
- **Escala de aplicação:** pontos de consumo
- **Origem dos dados:** modelo hidráulico da rede (cenário de verão e de inverno) ou dados históricos
- **Função de desempenho**
 - Desempenho excelente ≤ 0.4 mg/L
 - Desempenho bom ≤ 0.5 mg/L
 - Desempenho insatisfatório > 0.6 mg/L
 - Falha de serviço > 1 mg/L



- **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

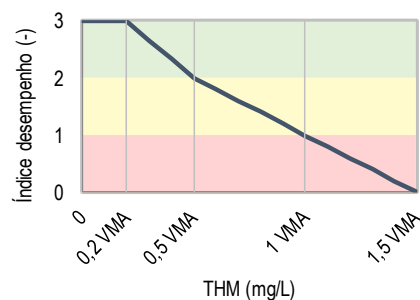
Os valores de referência foram definidos com base nas diretivas europeias 98/83/CE e 2015/1787 e no Decreto-Lei 152/2017, que estabelecem que a gama recomendada de cloro residual no ponto de consumo é de 0,2–0,6 mg/L. Para cada nível de desempenho os valores estão em concordância com o definido no indicador de cloro residual máximo.

- **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de pressão mínima apresenta uma formulação idêntica à proposta para a energia em excesso, equações (1) e (2).

Figura 2.10 – Índice de cloro residual máximo (PX_Clmax)

- **Variável de estado:** THM (mg/L)
- **Escala de aplicação:** pontos de consumo
- **Origem dos dados:** dados históricos
- **Função de desempenho**
 - Desempenho excelente $\leq 0,2 \cdot VMA$
 - Desempenho bom $\leq 0,5 \cdot VMA$
 - Desempenho insatisfatório $> VMA$
 - Falha de serviço $> 1,5 \cdot VMA$



- **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

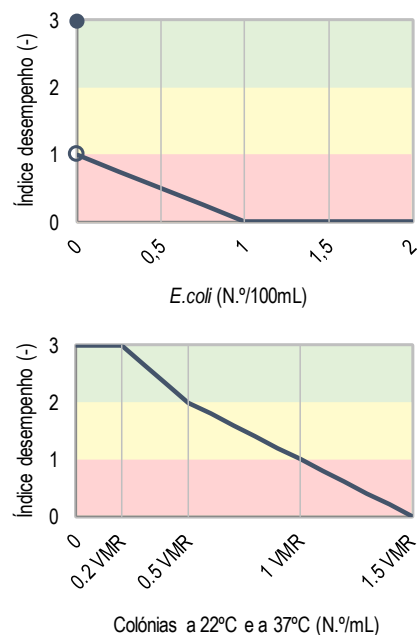
Os valores de referência foram definidos com base nas diretivas europeias 98/83/CE e 2015/1787 e no Decreto-Lei 152/2017, que estabelecem o valor máximo admissível (VMA) para THM é 100 ug/L no ponto de consumo, sendo este o valor considerado para o desempenho mínimo aceitável.

- **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de THM apresenta uma formulação idêntica à proposta para a energia em excesso, equações (1) e (2).

Figura 2.11 – Índice de THM (PX_THM)

- **Variável de estado:** *E. Coli* (N.º/100 mL), Enterococos (N.º/100 mL), Bactérias coliformes (N.º/100 mL), *Clostridium Perfringens* (N.º/100 mL), Colónias a 22°C (N.º/mL), Colónias a 37°C (N.º/mL)
- **Escala de aplicação:** pontos de consumo
- **Origem dos dados:** dados históricos
- **Função de desempenho para parâmetros com VMA**
E. Coli (N.º/100 mL), Enterococos (N.º/100 mL), bactérias coliformes (N.º/100 mL), *Clostridium Perfringens* (N.º/100 mL)
 - Desempenho excelente \leq VMA N.º/100 mL
 - Desempenho insatisfatório $> VMA$ N.º/100 mL
 - Falha de serviço > 1 N.º/100 mL
- **Função de desempenho para parâmetros com VMR**
Colónias a 22°C (N.º/mL), colónias a 37°C (N.º/mL)
 - Desempenho excelente $\leq 0,2 \cdot VMR$ N.º/mL
 - Desempenho bom $\leq 0,5 \cdot VMR$ N.º/mL
 - Desempenho insatisfatório $> VMR$ N.º/mL
 - Falha de serviço $> 1,5 \cdot VMR$ N.º/mL



- **Justificação dos valores de referência da função de desempenho**

Os valores de referência foram definidos com base nas diretivas europeias 98/83/CE e 2015/1787 e no Decreto-Lei 152/2017, que estabelecem o valor máximo admissível (VMA) para *Escherichia coli*, *Enterococcus*, bactérias coliformes e *Clostridium perfringens* de 0/100 mL, e os valores máximos recomendados (VMR) para o número de colónias a 22 C e 37 C de 100/mL e 20/mL, respetivamente.

- **Função de generalização**

A função de generalização do desempenho em termos de THM apresenta uma formulação idêntica à proposta para a energia em excesso, equações (1) e (2).

Figura 2.12 – Índice de parâmetros microbiológicos (PX_micro)

2.6 Metodologia para seleção de alternativas

A metodologia proposta para comparação e priorização de alternativas integra as seguintes etapas principais:

- i) especificação e análise comparativa de alternativas em termos de desempenho;
- ii) análise económica de alternativas atendendo a custos no ciclo de vida;
- iii) priorização de alternativas.

- **Análise comparativa de alternativas em termos de desempenho**

Com base em Alegre e Covas (2010), estabeleceu-se a seguinte metodologia para estudo de alternativas em cada nível de análise:

- i. Estudo e especificação de ações ou medidas de melhoria da eficiência energética para os problemas identificados no diagnóstico (Loureiro *et al.* 2020b). As alternativas podem corresponder exclusivamente a obras de reabilitação, de operação e manutenção ou a uma

combinação de obra e de alterações ao modo de operação e manutenção. Nalguns casos, por não envolverem investimento ou pela sua elevada pertinência, as ações ou medidas podem dispensar uma análise comparativa.

- ii. Seleção de indicadores de desempenho para análise comparativa de alternativas.

Com base no sistema de avaliação proposto para a priorização de subsistemas (nível de análise 3 descrito em 2.3.2) e no sistema de avaliação para diagnóstico aprofundado (2.5), selecionou-se um conjunto de indicadores que permita diferenciar alternativas em termos de desempenho.

- iii. Especificação dos passos de tempo para análise.

Estes devem incluir o horizonte do plano, *i.e.*, o horizonte temporal de intervenção do plano, e o horizonte de análise, *i.e.*, um horizonte temporal mais alargado, que é particularmente importante para análise do impacto de medidas infraestruturais.

- iv. Cálculo das métricas selecionadas em cada passo de tempo.

- v. Julgamento das métricas de acordo com os valores de referência estabelecidos e sua normalização para análise conjunta.

- vi. Análise comparativa de alternativas tendo por base a situação *statu quo* (*i.e.*, não serem realizadas intervenções de reabilitação e manterem-se as práticas de manutenção da infraestrutura).

- **Análise económica de alternativas**

A análise económica de alternativas é realizada tendo em conta os principais custos durante o ciclo de vida dos ativos que integram as infraestruturas urbanas de águas, *i.e.*, construção, operação e manutenção, e reabilitação.

Relativamente aos custos de construção, utilizam-se os valores de referência propostos por Covas *et al.* (2018). Os custos de reabilitação e de manutenção têm por base o trabalho desenvolvido no projeto Avaler+ (Cabral *et al.* 2021).

Para a análise económica de alternativas (*i.e.*, análise comparativa da rentabilidade entre os vários investimentos), considera-se que o período de análise é o período de vida útil do investimento. Por exemplo, no caso da substituição de um grupo eletrobomba em abastecimento de água considera-se que a vida útil deste ativo é de 20 anos (Alegre e Covas 2010). Os principais aspetos para a análise económica de alternativas encontram-se sintetizados no Quadro 2.6.

Quadro 2.6 – Aspetos considerados na análise económica de alternativas

Aspetos da análise económica	Descrição
Período de análise	Período de vida útil do investimento (n)
Sistema de preços	Preços constantes referenciados ao ano 0 da análise (os <i>cash-flows</i> , CF, são atualizados no tempo considerando a taxa de atualização, r)
Valor dado ao fator capital	Valor do investimento inicial e valor residual (amortizações lineares)
Tratamento dado ao fator tempo	Valores atualizados ao ano inicial
Rubrica de gastos e de proveitos	<ul style="list-style-type: none"> • Consideram-se apenas as rúbricas que sofrem alteração face à situação de <i>statu quo</i> • Na rúbrica proveitos considera-se que não há alteração de proveitos quando as alternativas não envolvam alterações como o número de consumidores ou o valor pago pela água
Indicadores de análise	<ul style="list-style-type: none"> • Valor atual líquido (VAL), <i>Net present Value</i> (NPV) • Taxa interna de rentabilidade (TIR), <i>Internal rate of return</i> (IRR) • Período de retorno do investimento (PRI), <i>Payback period</i> (PBP)
Crítérios de avaliação	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Valor atual líquido (VAL)</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ VAL < 0, os CF gerados são insuficientes para pagar o investimento feito e o retorno exigido ○ VAL = 0, os CF gerados correspondem exatamente ao investimento feito mais o retorno exigido ○ VAL > 0, os CF gerados são superiores ao exigido • <u>Taxa interna de rentabilidade (TIR)</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ TIR < r, os CF gerados são insuficientes para pagar o investimento feito e o retorno exigido. ○ TIR = r, os CF gerados correspondem exatamente ao investimento feito mais o retorno exigido ○ TIR > r, os CF gerados são superiores ao exigido • <u>Período de retorno do investimento (PRI)</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ PRI ≤ n, alternativa rentável ○ PRI > n alternativa não rentável

• Priorização de alternativas

Uma vez realizada a análise económica, a priorização deve atender aos resultados da análise comparativa de alternativas em termos económicos e de desempenho, pois podem existir alternativas que, não sendo viáveis de acordo com os critérios de análise económica, apresentam benefícios significativos ao nível da eficiência e da eficácia. Por outro lado, podem existir alternativas viáveis economicamente, mas que exigem sucessivos investimentos ao longo do tempo e com benefícios mais limitados em termos de eficiência e da eficácia ao longo do tempo.

A priorização deve atender, portanto, à análise custo (económico) vs. benefício (em desempenho) e aos recursos disponíveis na EG (financeiros, humanos e tecnológicos).

2.7 Dados necessários

Os dados necessários para a aplicação das metodologias propostas constam nos Quadro 2.7 e Quadro 2.8.

Quadro 2.7 – Dados para caracterização do sistema de abastecimento de água e da entidade gestora

Etapa	Dado	Unidades
Entidade gestora	População residente	n.º
	Fator de emissão de energia elétrica	KgCO _{2e} /kWh
	Fator de emissão de outras fontes	KgCO _{2e} /kWh
	Fator de emissão de energia fóssil	KgCO _{2e} /kWh
Sistema de abastecimento de água	Gastos com energia em SAA	euros (€)
	Gastos operacionais ajustados em SAA	euros (€)
	Alojamentos com serviço efetivo de AA	nº
	Consumo autorizado	m ³ /ano
Sistema de águas residuais e pluviais	Energia consumida em AA	kWh/ano
	Gastos com energia em SARP	euros (€)
	Gastos operacionais ajustados em SARP	euros (€)
	Energia consumida em ARP	kWh/ano

Quadro 2.8 – Dados para avaliação do desempenho do subsistema D.s5

Dado
Falhas e avarias na rede de transporte e de distribuição de água
Dados para o cálculo do balanço energético de acordo com folha de cálculo modelo fornecida pelo LNEC
Características dos grupos eletrobomba (e.g., marca, modelo, idade, número de grupos, regras de operação)
Consumo autorizado (faturado e não faturado) por área de análise e subsistema
Cloro residual nos pontos de consumo
THM nos pontos de consumo
Parâmetros microbiológicos nos pontos de consumo <i>E. coli</i> (n.º/100 mL)
<i>Enterococos</i> (n.º/100 mL)
Bactérias coliformes (n.º/100 mL)
<i>C. perfringens</i> (n.º/100 mL)
Colónias a 22 °C (n.º/mL)
Colónias a 36 °C (n.º/mL)

Informação adicional:

- Mapas do sistema de abastecimento de água em planta e esquemas altimétricos
- Sistema de informação geográfica com dados referentes a: ramais de ligação, condutas, grandes consumidores, áreas de análise e zonas medição em que se divide a rede, consumidores que vão deixar de ser abastecidos com água potável, locais com medição de pressão em permanência.
- Modelo hidráulico atualizado para o cenário de inverno e de verão (*i.e.*, cadastro da rede, distribuição espacial de consumos e padrões de consumo).

3 | Próximos passos

Uma vez estabelecido o sistema de avaliação para diagnóstico aprofundado, será realizado o diagnóstico da situação atual e futura do subsistema D.s5, atendendo a alterações de contexto interno e aos cenários identificados. Posteriormente, serão identificadas as alternativas para melhoria da eficiência energética neste subsistema e estas serão comparadas em termos de desempenho técnico e económico para avaliação do seu impacto e priorização.

Referências bibliográficas

- ALEGRE, H.; COVAS, D., 2010 – **Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água: uma abordagem centrada na reabilitação**. Guia Técnico n.º 16, ERSAR, LNEC, IST, Lisboa, Portugal. 472 p., ISBN: 978-989-8360-04-5.
- CABRAL, M.; COVAS, D.; VIEGAS, R.; ROSA, M. J.; D., LOUREIRO, D.; SANTOS, P., 2021 – **Custos de Investimento e de Operação & Manutenção de Ativos Associados ao Ciclo Urbano de Água**, *Deliverable D2.1* do projeto AVALER+, Tarefa 2, 90 pp.
- CARDOSO, M. A., 2007 – **Avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana**, Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- COELHO, S. T., 1997 – **Performance in water distribution – a system approach**. Research Studies Press Ltd, John Wiley & Sons Inc., Nova York, EUA, ISBN 0-86380-219-2.
- COELHO, S. T.; VITORINO, D.; ALEGRE, H., 2013 – **AWARE-P: a system-based software for urban water IAM planning**, IWA 4th Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, LESAM 2013, Sydney, Austrália, 10-12 setembro.
- COVAS, D.; CABRAL, M.; PINHEIRO, A.; MARCHIONNI, V.; ANTUNES, S.; LOPES, N.; MAMOUROS, L.; BRÔCO, N., 2018 – **Custos de construção de infraestruturas associadas ao ciclo urbano da água**. Guia Técnico N.º 23, Instituto Superior Técnico (IST), Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). ISBN: 978-972-98996-4-5.
- ERSAR; LNEC; NOVA, 2021 – **Guia da avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores. 4ª geração do sistema de avaliação**. Guia técnico n.º 27, ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa.
- ERSAR; LNEC, 2017 – **Guia da avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores. 3ª geração do sistema de avaliação**. Guia técnico n.º 22, ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa.
- LBL, 2006 – **Improving Pumping System Performance: A Sourcebook for Industry**, 2.ª ed. Lawrence Berkeley National Laboratory, acedido em janeiro de 2020 em <https://www.nrel.gov/docs/fy06osti/37637.pdf>.
- LOUREIRO, D.; SILVA, C.; CARDOSO, M.A.; ALEGRE, H.; CABRAL, M.; COVAS, D.; ROSA, M. J., 2021 – **Avaliação da eficiência energética nos serviços urbanos de águas. Guia para diagnóstico, priorização de alternativas, monitorização e revisão do plano de ação**, Guia desenvolvido no projeto Avaler+, Lisboa, 99p, disponível em: <http://avaler.lnec.pt/index.php/noticias/>.
- LOUREIRO, D.; SILVA, C.; CARDOSO, M.A.; MAMADE, A.; ALEGRE, H.; ROSA, M.J., 2020a – **The development of a framework for assessing the energy efficiency in urban water systems and its demonstration in the Portuguese water sector**. *Water* 12, 134. doi:10.3390/w12010134.

- LOUREIRO, D.; SILVA, C.; PISOEIRO, J.; CARDOSO, M. A.; ALEGRE, H.; ROSA, M. J., 2020b – **Metodologia e resultados do diagnóstico de eficiência energética nos serviços urbanos de águas**, *Deliverable* D3.2 do projeto Avaler+, Tarefa 3, 35 p.
- MYLES, K., 2002 – **Pumps: Principles and Practice**, 3.^a ed. ISBN: 978-0620284509.
- PISOEIRO, J.; LOUREIRO, D.; SILVA, C.; ROSA, M. J., 2020 – **Plano de ação – Parte I: Diagnóstico de eficiência energética na EG D: Inframoura participante no projeto Avaler+**, *Deliverable* D3.3 do projeto Avaler+, Tarefa 3, 10 p. (versão revista em 2021).
- SILVA, C.; QUADROS, S.; RAMALHO, P.; ROSA, M. J., 2014 – **A tool for a comprehensive assessment of treated wastewater quality**. *Journal of Environmental Management* 146, 400 – 406.