



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE SANEAMENTO COM EFLUENTES INDUSTRIAIS DE CONSERVA DE PEIXE EM REGIÃO DE CLIMA QUENTE SEMIÁRIDO

Sistema de saneamento de Lazareto – Ilha de São Vicente, Cabo Verde

Rita, VENTURA MATOS¹; Filipa, FERREIRA²; José, SALDANHA MATOS³

¹ Instituto Superior Técnico (Engenheira do Ambiente, Estudante de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1 1049-001 Lisboa, rita.matos@tecnico.ulisboa.pt, 218418370)

² Instituto Superior Técnico (Professora Auxiliar, PhD, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1 1049-001 Lisboa, filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt, 218418368)

³ Instituto Superior Técnico (Professor Catedrático, PhD, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1 1049-001 Lisboa, jose.saldanha.matos@tecnico.ulisboa.pt, 218418371)

Resumo

O presente artigo pretende apresentar o trabalho de diagnóstico efetuado, com recurso a monitorização e modelação (SWMM e Aerosept+), para avaliação do desempenho hidráulico e de septicidade, de um sistema de saneamento doméstico com contribuição de uma indústria conserveira, em São Vicente, Cabo Verde. Os resultados obtidos permitiram confirmar o deficiente desempenho hidráulico do sistema, em caso de paragem das bombas por períodos superiores a 4h, e a presença de compostos usualmente associados à emissão de odores (H_2S e CH_4) e corrosão de sistemas de drenagem. Foram simulados diversos cenários de operação e recomendadas soluções gerais para resolução ou mitigação dos problemas identificados.

Palavras-chave: Efluentes industriais, Modelação Hidráulica, Saneamento em PALOP, Septicidade.

Tema: 7 - Serviços de abastecimento, drenagem e tratamento de águas



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

As dificuldades inerentes à eficiente operação de sistemas de drenagem e tratamento de efluentes são naturalmente agravadas em países onde a escassez de recursos hídricos, económicos e técnicos é uma realidade com que as entidades gestoras se deparam regularmente. Adicionalmente, em regiões quentes do globo, como é o caso de Cabo Verde, com temperaturas médias elevadas e reduzidas captações, os problemas decorrentes da emissão de odores, corrosão e degradação das infraestruturas são fortemente potenciados. Estas situações são agravadas pela contribuição de efluentes industriais na rede doméstica sem o adequado tratamento, e pela ausência de um enquadramento legal maduro, em matéria de sistemas públicos de drenagem, que potencie a fiscalização e atuação das entidades responsáveis.

Recentemente, diversos problemas no desempenho da rede de drenagem do Lazareto (zona localizada a oeste da cidade do Mindelo, na ilha de São Vicente) têm vindo a ser alvo de forte contestação da população, no que se refere à emissão de odores ofensivos e extravasamentos de caudal pelas tampas das câmaras de visita localizadas na praia, com descarga de efluentes poluídos para o meio recetor.

Há várias décadas que é reconhecido o papel do gás sulfídrico (H_2S) na emissão de odores em sistemas de águas residuais (Thistlethwayte, 1972). Em sistemas de drenagem típicos de meio urbano, os tempos de percurso podem ser de várias horas e dar origem a escoamentos anaeróbios. Nessas condições, o ião sulfato pode ser convertido a sulfuretos pelas bactérias sulfato-redutoras presentes no biofilme e sedimentos. O sulfureto de hidrogénio é o único desses componentes que é volátil, e é libertado para a atmosfera dos coletores sob a forma de gás, sobretudo em locais de elevada turbulência. Este gás, dissolve-se na humidade condensada que reveste a superfície interna dos coletores em contacto com o ar, e origina ácido sulfídrico em solução que, sob ação de bactérias oxidantes forma o ácido sulfúrico (H_2SO_4), responsável pela corrosão materiais e equipamentos.

O H_2S , mesmo em concentrações muito baixas (inferiores a 1 ppmv), ataca diretamente componentes metálicas e elétricas das instalações, tem odor intenso característico a “ovos podres” e é explosivo em concentrações entre 4.3 e 45.5%. A sua toxicidade tem sido comparada à do ácido cianídrico (EPA, 1985), e a sua inalação pelo homem pode provocar desde dores de cabeça e náuseas a lesões oculares e respiratórias, e tem constituído a causa primordial da ocorrência de acidentes mortais em sistemas de saneamento.

Os efeitos dos sulfuretos começam a sentir-se quando a respetiva concentração média, nas 6 horas dos dias dos 4 meses mais quentes do ano (“período adverso”), atinge 1.5 mg/l (Thistlethwayte (1972). Esses efeitos podem começar a manifestar-se para tempos de percurso superiores a 2 horas (Matos, 1992).

Devido aos seus impactes negativos, na saúde humana, e degradação de equipamentos e infraestruturas, encontra-se atualmente desenvolvida uma abordagem científica sólida para a

simulação de corrosão do betão e formação de odores (Matos, 1992; Sharma *et al.*, 2008). De facto, num sistema de drenagem de águas residuais, as variações de caudal e de concentrações de compostos são altamente dinâmicas alterando-se em função das afluências, das condições de advecção e difusão de poluentes, da deposição e ressuspensão de sedimentos, e do desenvolvimento ou “erosão” do biofilme das paredes de coletores. A predição sustentada dessas alterações exige, naturalmente, a utilização de modelos de cálculo bastante complexos.

Pretende-se com o presente artigo apresentar o trabalho de diagnóstico e proposta de soluções, realizado com base em modelação matemática, para o sistema de drenagem do Lazareto e estação de tratamento de águas residuais (ETAR) de Ribeira de Vinha.

1.2 Caracterização sumária do sistema de saneamento de São Vicente

A ilha de São Vicente tem cerca de 76.000 habitantes, sendo que a maioria reside na zona urbana do Mindelo. A cidade é servida por uma rede de drenagem, gerida pela Câmara Municipal (CMSV), com uma taxa de cobertura de cerca de 76%. O sistema inclui cinco sistemas elevatórios, que encaminham os efluentes da cidade para tratamento na ETAR da Ribeira da Vinha.

A oeste da cidade desenvolve-se, na zona do Lazareto, um pequeno aglomerado residencial com algumas unidades hoteleiras e uma zona industrial, servida por uma rede de drenagem recente. Das diversas indústrias aí presentes, apenas uma unidade de conservas de peixe descarrega os seus efluentes, precedidos de uma etapa de pré-tratamento deficitária, na rede doméstica. As águas residuais afluem graviticamente, de forma conjunta, a uma estação elevatória local (E.E. do Lazareto), de onde são elevadas para a ETAR, uma instalação com duas linhas de tratamento por lagunagem.

As contribuições de efluentes industriais do setor conserveiro consistem tipicamente em elevadas concentrações de óleos e gorduras (O&G) e matéria orgânica, várias dezenas de vezes superiores aos dos efluentes domésticos, e que carecem de pré-tratamento adequado previamente à sua rejeição para o sistema de drenagem. A título de exemplo refira-se que são expectáveis valores de Carência Química de Oxigénio (CQO) até cerca de 50 000 mg O₂/l nesse tipo de efluentes (Colic *et al.*, 2007).

A primeira linha de tratamento da ETAR data de 1987, e é constituída por duas lagoas anaeróbias, uma lagoa facultativa, três lagoas de maturação e uma lagoa de armazenamento. Atualmente, esta linha recebe o efluente da cidade do Mindelo, (cerca de 1700 m³/dia), que é fornecido para rega agrícola após tratamento. Em 2007 procedeu-se à ampliação da ETAR, com a construção de uma segunda linha de tratamento, constituída por duas lagoas anaeróbias, duas lagoas facultativas e quatro lagoas de maturação, que recebe atualmente os efluentes da zona do Lazareto.

Embora as infraestruturas de saneamento do Lazareto sejam relativamente recentes, o sistema apresenta diversos problemas como coletores de inclinações reduzidas, entrada em carga de coletores, insuficiência de rearejamento da massa líquida, obstruções e assoreamento, ocorrência de sulfuretos e septicidade, libertação de odores ofensivos e descarga de excedentes poluídos.

Esta rede de drenagem apresenta cerca de 5 km de coletores (diâmetro 200 mm), que drena para o sistema elevatório, com 2 grupos submersíveis, de capacidade de 19 l/s cada. A conduta elevatória, com cerca de 1.1 km de extensão, tem diâmetro de 160 mm. Frequentemente, apenas um dos grupos eletrobomba se encontra em operação, devido a avaria do 2º grupo. A EE dispõe de gradagem e gerador de emergência, mas não possui coletor de recurso. A paragem do sistema, como resultado de falta de energia ou de avaria por presença de efluentes fortemente carregados, piora naturalmente as situações de descarga de “excedentes” poluídos para o exterior, que ocorre pelas tampas das camaras de visita, ou por tubos ladrão efetuados como recurso na praia.

2. METODOLOGIA

2.1 Monitorização de parâmetros de qualidade da fase líquida e gasosa

A metodologia geral do trabalho consistiu em duas campanhas de monitorização de parâmetros de qualidade da fase líquida e gasosa, e na modelação sequencial do desempenho hidráulico (com recurso ao EPA SWMM5) e de aerobiose e septicidade do sistema (com recurso ao AEROSEPT+). Estas atividades foram complementadas com análise documental (boletins de análises, estudos de impacte ambiental e projetos das infraestruturas de drenagem doméstica e da unidade industrial), e visitas técnicas aos locais.

A análise de parâmetros de qualidade foi efetuada em pontos críticos da rede (**Error! Reference source not found.**), em dois períodos distintos do ano (em julho e em novembro de 2017), analisando-se:

- Fase líquida: pH; oxigénio dissolvido, OD (mg O₂/l); temperatura, T (°C) e concentração de sulfuretos totais, S_T, expresso em S⁻² (mg/l);
- Fase gasosa: gás sulfídrico, H₂S_g (ppm); metano, CH₄ (%), oxigénio, O₂ (%), temperatura (°C), e humidade relativa (%).

Os equipamentos utilizados para o efeito consistiram em sondas de medição multigases Ventis MX4 (concentração de H₂S, CH₄ e O₂), sonda multiparamétrica Testo 435 (para a humidade relativa, temperatura do ar e velocidade do ar), *kits* portáteis de análise de sulfuretos por azul-de-metileno Merck – Spectroquant, sonda de oxigénio e temperatura YSI Pro ODO, e fitas de pH McolorpHast.



Figura 1. Localização dos pontos de monitorização e exemplos de amostragem e análises (S^{-2} , H_2S)

2.2 Modelação hidráulica em SWMM

Recorreu-se ao SWMM5 (Rossman, 2007) para simulação dinâmica 1D do comportamento hidráulico do sistema do Lazareto, sobretudo no que se refere aos cenários de paragem/avaria dos grupos eletrobomba da estação elevatória, devido ao seu potencial de extravasamento de caudal pelas tampas das câmaras de visita.

A propagação do escoamento em coletores é modelada pelas equações de conservação de massa e de quantidade de movimento (equações de Saint-Venant). A resolução completa das equações permite representar escoamentos em pressão, quando o caudal excede o caudal de secção cheia, e permite representar inundações quando o nível de água num nó excede a sua profundidade máxima. É possível igualmente simular armazenamento de volume e refluxos de caudal. Para escoamentos em superfície livre, a relação do caudal com o nível e inclinação de fundo é obtida através da utilização da fórmula de Manning. É igualmente possível simular as perdas de carga localizadas no escoamento.

Optou-se por simular quatro cenários distintos (Tabela 1), que representam a Estação Elevatória em funcionamento conforme situação normal (Cenários S1 e S3) e em caso de avaria e paragem do grupo eletrobomba (cenários S2 e S4). Os cenários são ainda diferenciados pelas contribuições de caudal afluyente, nomeadamente tendo em conta a afluência dos caudais industriais da unidade industrial (cenário S1 e S2) e a situação hipotética de separação dos mesmos, onde só existe a contribuição da rede doméstica do Lazareto (cenário S3 e S4).

Tabela 1. Cenários de simulação do desempenho hidráulico com recurso ao SWMM

Cenário	Contribuição de caudal	Condição da Estação Elevatória
S1	Doméstica (700 Hab. Eq) + Industrial (10 l/s)	Em funcionamento
S2	Doméstica (700 Hab. Eq) + Industrial (10 l/s)	Em paragem
S3	Doméstica (700 Hab. Eq)	Em funcionamento
S4	Doméstica (700 Hab. Eq)	Em paragem

Devido às características meteorológicas do local, não foi considerada qualquer contribuição pluvial, tendo sido adotado um hidrograma padrão de tempo seco típico de efluentes domésticos. A curva da bomba da E.E. do Lazareto utilizada para a simulação teve em conta a especificação de projeto (**Error! Reference source not found.**). No decorrer da visita técnica estimou-se o caudal elevado pela estação elevatória do Lazareto com base na capacidade de bomba instalada, no número de horas de funcionamento da mesma e no volume útil do poço da E.E., o que originou uma estimativa de cerca de 958 m³/dia (cerca de 55% do caudal médio diário da cidade do Mindelo).

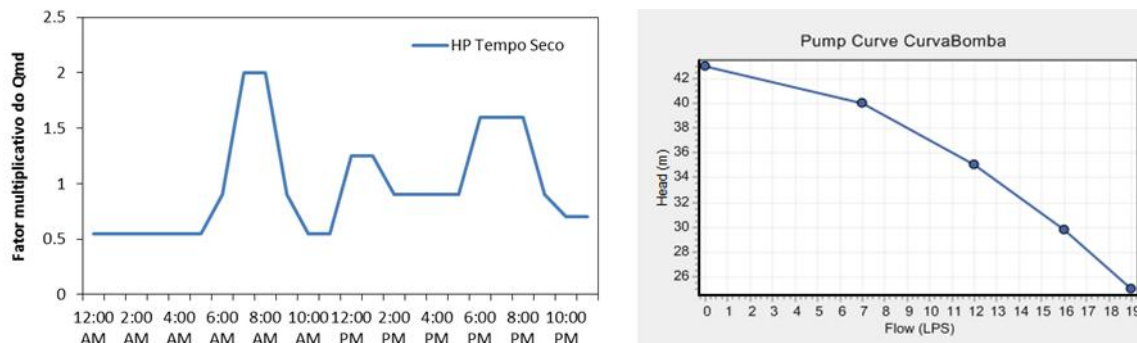


Figura 2 Hidrograma padrão de tempo seco (esq.) e curva da bomba (dir.) utilizados na simulação

2.3 Modelação de septicidade e libertação de odores (Aerosept+)

Para a simulação do comportamento sanitário do sistema foi aplicado um modelo de cálculo, desenvolvido com base no modelo Aerosept+ (Matos, 1992) adaptado à linguagem Visual Basic for Applications (VBA), e que permite a avaliação da evolução da concentração dos parâmetros de oxigénio dissolvido, sulfuretos totais e sulfureto de hidrogénio (massa líquida), bem como a libertação de H₂S para a fase gasosa.

O modelo utilizado permite a simulação da evolução do OD na fase aeróbia, para trechos retilíneos e quedas, seguida da simulação da evolução da concentração de sulfuretos totais (ST) e dissolvidos (SD) na massa líquida. Esta evolução depende sua formação no líquido

(diferenciada para escoamentos em pressão ou em superfície livre), no interior do biofilme e interior de sedimentos, da libertação de gás sulfídrico para o ar, e da reação com o oxigénio introduzido através do rearejamento. O modelo permite ainda a simulação da libertação do gás sulfídrico para o interior dos coletores, e a sua reação com as paredes de betão, permitindo a estimativa da corrosão anual da infraestrutura.

O Aerosept+ trata-se dum modelo estacionário, o que significa que não tem em consideração a variação do sistema ao longo do tempo. Desta forma, optou-se pela simulação sequencial, utilizando os resultados da simulação do desempenho hidráulico (em SWMM), para definição dos cenários de simulação de desempenho sanitário do sistema, sobretudo em caso de paragem dos grupos eletrobomba. Esses resultados foram então utilizados para a simulação utilizando o Aerosept+, através da definição de alguns trechos em sobrecarga.

Uma vez que o modelo não permite a introdução de diferentes contribuições de carga orgânica (expressa em CBO_5), optou-se por simular separadamente a contribuição doméstica (cenários A1 a A3) e industrial dos efluentes de conservas (cenários A4 a A6). Foram variados alguns parâmetros influentes na taxa de formação de sulfuretos e libertação de gás sulfídrico (como a temperatura do efluente, % de OD no afluente ao sistema ou estado de funcionamento da estação elevatória) para averiguar o comportamento sanitário do sistema (**Tabela 2**).

Tabela 2. Cenários simulados com recurso ao modelo Aerosept+

Cenário	Contribuição de caudal	% OD	Temperatura do efluente (°C)	CBO_5 (mg/l)	Condição da Estação Elevatória
A1	Doméstica (700 Hab. Eq.)	30	26	350	Em funcionamento
A2		30	20	350	
A3		50	26	350	
A4	Industrial (10 l/s)	30	30	3600	Em paragem
A5		30	20	3600	
A6		30	30	3600	

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho hidráulico do sistema

Os resultados de simulação em SWMM, para o cenário de funcionamento usual (cenário S1), demonstram que o sistema não entra em carga (desde que a bomba funcione corretamente), e que o número de arranques da bomba e período de funcionamento coincide genericamente com as estimativas efetuadas. Contudo, quando ocorrem avarias e paragens nos grupos eletrobomba, verifica-se que o trecho gravítico junto à praia entra em

carga, ocorrendo extravasamentos de caudal pelas tampas das câmaras de visita. Esta situação corrobora o que tem vindo a ser reportado pela população e CMSV.

Na Figura 3. Representação da entrada em carga do coletor com extravasamento de caudal junto ao mar (cenário SWMM S2, esquerda) e **Error! Reference source not found.** (cenário S2) representa-se o caudal extravasado na câmara de visita junto ao campo de jogos/lazer da praia (nó a azul claro), e a entrada em carga do coletor numa situação de ausência de bombagem (trecho a vermelho). Refira-se que, devido ao elevado caudal industrial afluente, os resultados do modelo indicam que basta que ocorra um período de 4h a 6h sem bombagem para que esta situação se possa verificar, sendo no entanto função do hidrograma de descarga da conserveira, e dependente do horário de funcionamento dessa unidade.

Embora não ocorram extravasamentos, o trecho gravítico entre a caixa de visita da conserveira e a E.E. também passa a funcionar parcialmente em carga (trecho esverdeado). É visível nas fotos da Figura 3 (direita), a colocação de bloqueios na câmara de visita R46 (junto ao mar) por parte da população, presumivelmente numa tentativa de impedir a saída de efluentes domésticos pela tampa.

Os resultados de simulação dos cenários S3 e S4 (apenas contribuição doméstica) indicam que não é expectável que ocorram extravasamentos de efluentes domésticos na praia devido ao reduzido caudal produzido, mesmo com longos períodos de paragem dos grupos eletrobomba. No entanto há que ter em conta que maiores tempos de retenção do efluente no poço da EE podem potenciar maior libertação de H_2S no seu interior.



Figura 3. Representação da entrada em carga do coletor com extravasamento de caudal junto ao mar (cenário SWMM S2, esquerda) e exemplos de extravasamentos pelas tampas (direita)

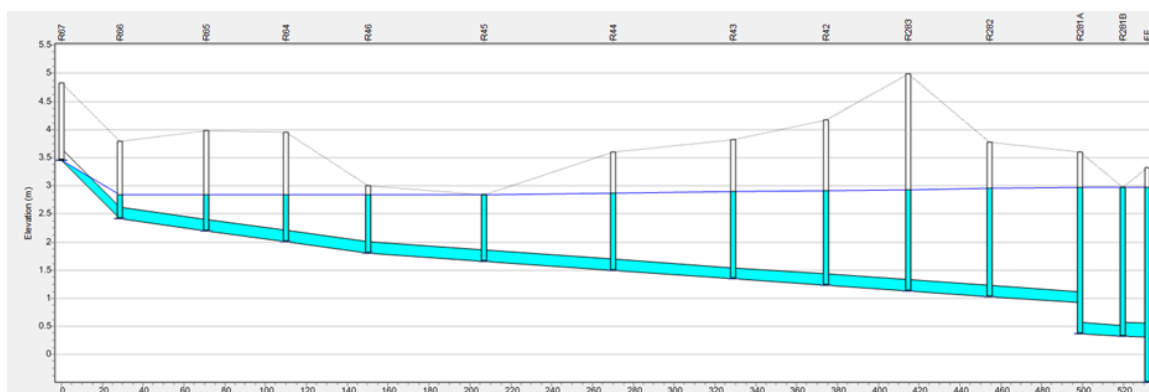


Figura 4. Perfil do coletor junto à praia, em carga com paragem da bombagem na EE do Lazareto (cenário SWMM S2)

3.2 Potencial de libertação de odores e corrosão de equipamentos

De um modo geral, verificaram-se condições de septicidade, com concentrações de sulfuretos na massa líquida na ordem de 1 a 2 mg S⁻²/l no trecho afluente da conserveira e no interior do poço da estação elevatória. Esta situação origina a emissão de gás sulfídrico para a atmosfera, e sua libertação para o exterior, causando odores indesejados e fenómenos corrosivos. Verificaram-se também visualmente elevadas concentrações de gorduras no interior do poço da E.E. do Lazareto, dificultando naturalmente o arejamento da massa líquida.

É de frisar que foi necessário agitar vigorosamente o afluente no interior do poço da E.E. para remoção da camada superficial de gordura e recolha de amostra da massa líquida, o que terá promovido algum rearejamento da mesma. Na realidade, com concentrações tão baixas de OD, é expectável que o efluente no poço se encontrasse em total anaerobiose, e os baixos valores medidos (0.30-0.37 mg O₂/l) resultem exclusivamente da operação de recolha. A temperatura do efluente, medida a jusante da descarga industrial e na EE, variou entre os 29°C e os 37°C, e o pH entre 6.5 e 7.

Apresentam-se, na Figura 5 os resultados das medições de H₂S e CH₄ na câmara de visita R280B, da rede de drenagem da unidade conserveira, no poço de bombagem da E.E. do Lazareto e na obra de entrada da ETAR. Os mesmos parâmetros de qualidade foram medidos nas câmaras de visita na rede de saneamento a montante, mas não foram detetadas quaisquer concentrações desses gases naqueles locais. Como se observa, as concentrações de H₂S registadas (na estação elevatória, ETAR e caixa de saída da indústria) são suficientes não só para provocar odores indesejáveis, mas nalguns casos para provocar irritações oculares (de facto, foram medidas concentrações da ordem de 20 ppm na caixa R280B). Foi ainda referido verbalmente que a unidade industrial não opera ao domingo, pelo que as reclamações de odores costumam ser mais frequentes no final da semana. Dado que esta campanha ocorreu a uma 2ª e 3ª feira, é possível que as concentrações deste gás sejam mais elevadas noutras alturas, consoante o calendário de operação da fábrica e condições climáticas.

Note-se que a concentração de metano no interior do poço, provavelmente decorrente da acumulação de gorduras no seu interior, e que atingiu valores máximos de cerca de 0.1% não contribuirá de forma significativa para o risco de incidentes. A situação pode ser diversa, no caso de interrupção de bombagem, porque nessas circunstâncias os tempos de retenção da massa líquida agravam de forma significativa os riscos, em termos de formação de sulfuretos e de metano. De notar que o metano é um gás inflamável, com limites de deflagração entre 4 e 20%.

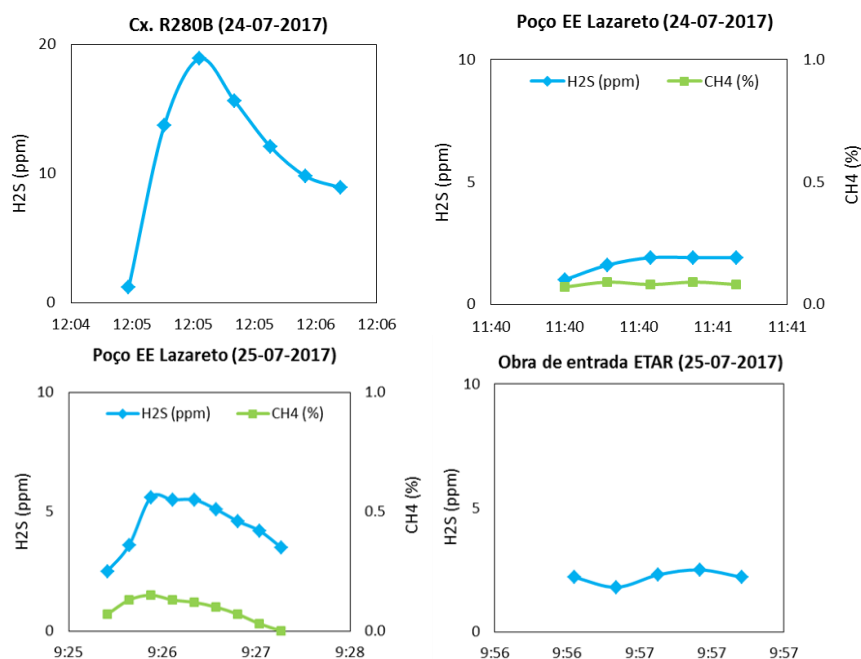


Figura 5. Resultados de medição de H₂S e CH₄ em julho de 2017

Os resultados de simulação Aerosept+ dos cenários relativos à fração doméstica dos efluentes (sem contribuição da conserveira), não demonstraram problemas de S e de H₂S nos trechos gravíticos dos coletores, pois o escoamento é efetuado em condições de aerobiose. Contudo, devido à presença da conduta elevatória, é expectável que possam ocorrer condições de anaerobiose no seu interior, dando lugar à libertação de algum H₂S na obra de entrada da ETAR (concentrações reduzidas, na ordem dos 2.5 ppm), Figura 6. Esta figura respeita ao cenário de simulação A1, que representa as condições mais desfavoráveis de desempenho, em termos de temperaturas mais elevadas e menor % de OD no efluente.

No entanto, quando se analisam os resultados de simulação tendo em conta a contribuição dos efluentes industriais, é possível observar a produção de sulfuretos e libertação de H₂S na rede de drenagem, originando odores indesejados naquele local. Representam-se na Figura 7 (cima) os principais resultados de simulação do cenário A4, no que respeita à evolução da concentração de OD e das espécies de sulfuretos na massa líquida, e de H₂S na fase gasosa. Para as condições simuladas, com temperaturas do efluente de 30°C, é expectável uma libertação até cerca de 42 ppm de H₂Sg nas caixas imediatamente a jusante da ligação à indústria (Caixas R280B, R280A e R280), devido também à presença de quedas nestes locais, potenciando a volatilização do gás. Os efluentes desta unidade são

rejeitados a temperaturas elevadas, por vezes superiores a 30°C. Contudo, os resultados de simulação para temperaturas mais reduzidas do efluente (20°C no cenário A5) demonstram uma grande redução no potencial de libertação de H_2S , aproximando-se do nulo nos trechos gravíticos, atingindo 3 ppm à entrada da ETAR (não representado na figura).

A simulação do cenário de avaria/paragem dos grupos eletrobomba (cenário A6) resulta na consideração do trecho gravítico junto ao mar em carga com escoamento sob pressão, como demonstrado pela simulação hidráulica em SWMM. Nestas condições, os resultados do modelo indicam a libertação de gás sulfídrico nos trechos gravíticos, onde o escoamento se faz em secção parcialmente livre, nomeadamente na estrada do Lazareto junto à conserveira, como representado na Figura 7 (baixo).

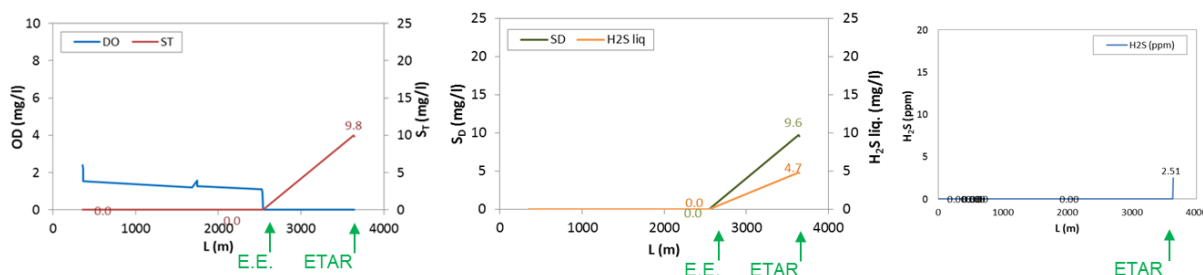


Figura 6. Simulação em Aerosept+ de S_T , S_D , H_2S_L e H_2S_G da estrada do Lazareto e até à ETAR – cenário A1

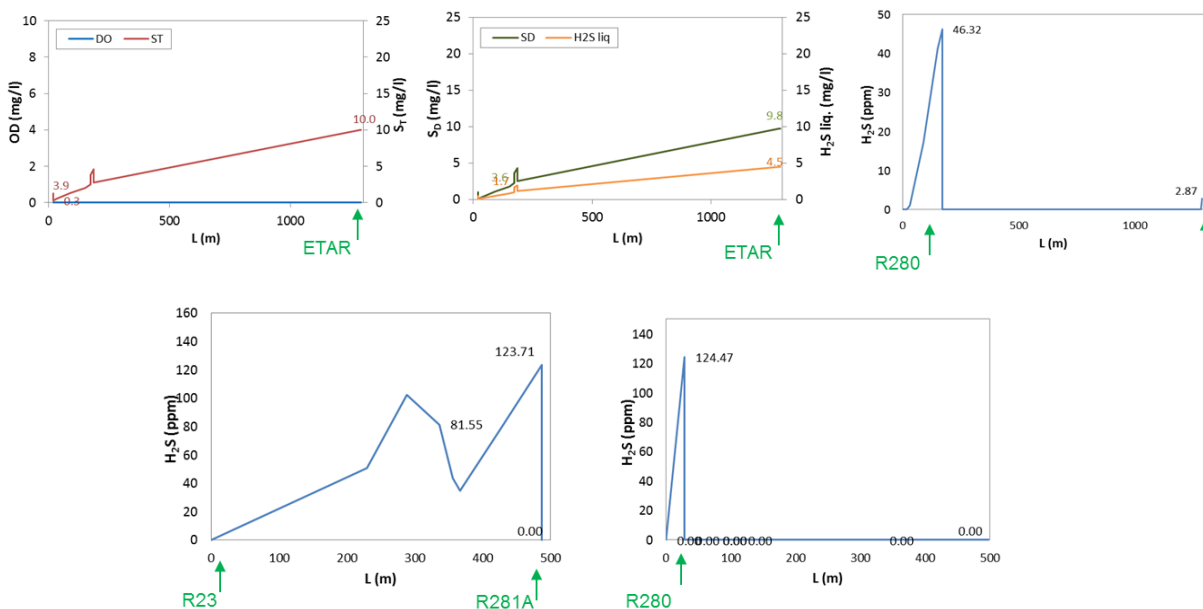


Figura 7. Simulação em Aerosept+ de S_T , S_D , H_2S_L e H_2S_G (cima) – cenário A4. Evolução de H_2S_G em caso de paragem da bomba na estrada do parque industrial (baixo, esquerda) e entre a câmara da conserveira e a EE do Lazareto (baixo, direita)

Este cenário pode ser conservativo, na medida em que, durante os períodos de avaria da bomba, embora o sistema se encontre sob pressão, não se verifica a turbulência de escoamento inerente aos períodos de bombagem. Assim, embora seja previsível uma maior formação de gás sulfídrico durante esses períodos de avaria da bomba (que se traduz num aumento dos odores ofensivos), os valores obtidos com a simulação sobrestimarão as concentrações que se verificarão na realidade.

Os efluentes industriais, com concentrações médias de CQO de 4000 mg O₂/l, de O&G na ordem dos 2200 mg/l e rejeitados a uma temperatura por vezes de 90°C (causando a dissolução das gorduras, que por arrefecimento no sistema de drenagem a jusante, podem causar obstruções ou acumular-se no interior do poço da EE) contribuem para o agravamento da situação.

De acordo com o exposto, as recomendações de atuação elegíveis têm diferentes âmbitos, nomeadamente de cariz técnico, regulamentar e de repartição de responsabilidades e modelo de gestão do sistema. A abordagem técnica passa pela separação dos efluentes por origem (industrial e doméstico), através da instalação de novo sistema elevatório, tendo em atenção que menores caudais originam maiores tempos de retenção no poço da E.E., propícios a que se estabeleçam condições de anaerobiose. Não obstante, o pré-tratamento adequado do efluente industrial tem de ser garantido, pelo que deve haver uma clara repartição de responsabilidades (entre a unidade industrial e a entidade gestora) no que se refere ao tratamento dos efluentes e gestão das infraestruturas. Recomendou-se assim a instalação de uma etapa de tratamento preliminar na ETAR (desarenação/desengorduramento seguida de coagulação/floculação), sob a gestão e responsabilidade da CMSV. Recomendou-se igualmente que a linha nova da ETAR seja dedicada exclusivamente aos efluentes industriais, mediante o correspondente incentivo financeiro.

Adicionalmente, revela-se fundamental a adoção de um regulamento com definições claras dos limites de descarga no sistema público, bem como os parâmetros, métodos e frequência de amostragem, e respetivas responsabilidades de fiscalização e controlo.

4. CONCLUSÕES

Foram identificados diversos constrangimentos de conceção e operação da rede de drenagem do Lazareto, com potencial risco em termos de libertação de odores ofensivos, criação de ambientes tóxicos, ocorrência de corrosão do betão e perturbação do desempenho da ETAR (precipitação de elementos como sulfuretos insolúveis). A presença de óleos e gorduras de origem industrial, e a não satisfação de condições de autolimpeza no sistema, aumenta muito significativamente os riscos identificados.

Estes resultados foram corroborados pela simulação sequencial do desempenho hidráulico e sanitário do sistema, com recurso ao SWMM e Aerosept+. A simulação matemática do sistema, em caso de interrupção/avaría do sistema elevatório permitiu confirmar a entrada em carga do sistema, e o potencial extravasamento de caudal pelas tampas das câmaras de visita, junto ao mar. Esta situação resulta em escoamentos a céu aberto de efluentes com potenciais impactes na saúde pública, meio ambiente e desenvolvimento económico.

Verificou-se que a situação é bastante agravada pela magnitude e concentração dos caudais industriais rejeitados, pelo que foram propostas soluções técnicas e regulamentares para o apoio à entidade gestora. Estas soluções naturalmente têm em conta a realidade local, as ações já implementadas e problemas adicionais identificados no desempenho da ETAR (não abordados diretamente no presente estudo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Colic, M., Morse, W., Hicks, J., Lechter, A., Miller, J. D. (2007). A Case Study of Fish Processing Plant Wastewater Treatment, Water Practice, 2, Water Environment Federation.
- Environmental Protection Agency (EPA). (1985). Design Manual: Odor and Corrosion Control in Sanitary Sewerage Systems and Treatment Plants (Vol. EPA/625/1-85/018): Center for Environmental Research Information, Office of Research and Development.
- Matos, J. (1992). Aerobiose e septicidade em sistemas de drenagem de águas residuais. Dissertação de doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Rossman, L. (2007). Storm water management model: User's manual. Version 5.0. U.S. EPA
- Sharma, K. R., Yuan, Z., de Haas, D., Hamilton, G., Corrie, S., and Keller, J. (2008). Dynamics and dynamic modelling of H₂S production in sewer systems. Water Res., 42(10-11), 2527-2538
- Thistlethwayte, D. (1972). The Control of Sulphides in Sewerage Systems. Sydney, Butterworths, 1, 8-86