

2.º RELATÓRIO

**PLANO TÁTICO DE GESTÃO PATRIMONIAL DE
INFRAESTRUTURAS
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

**2016
2020**



Monitorização de 2017

FICHA TÉCNICA

| | |
|----------------------------|---|
| Título | 2º Relatório do Plano Tático de Gestão Patrimonial de Infraestruturas – Sistema de Abastecimento de Água |
| Referência | |
| Tipo | Monitorização de 2017 |
| Equipa Técnica | Regina Casimiro Tiago Correia |
| Data de Emissão | Janeiro de 2018 |
| Revisão | |
| Aprovação | |

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| PRESSUPOSTOS DA ANÁLISE | 1 |
| 1. SUMÁRIO EXECUTIVO..... | 4 |
| 2. ATUALIZAÇÃO DO PLANO TÁTICO | 6 |
| 3. MODELO HIDRÁULICO..... | 10 |
| 3.1 Atualização | 10 |
| 3.2 Calibração com traçador | 10 |
| 4. MODELO DA QUALIDADE DA ÁGUA..... | 18 |
| 4.1 Determinação da constante cinética de decaimento no seio da água (Kb) | 18 |
| 4.2 Determinação da constante de decaimento na parede (Kw) | 20 |
| 4.3 Comparação dos resultados simulados com as medições | 20 |
| 4.4 Análise do erro com base no tempo de percurso..... | 25 |
| 4.5 Trabalhos em curso | 26 |
| 5. ANÁLISE DETALHADA DAS MÉTRICAS | 30 |
| 6. ATUALIZAÇÃO DO PLANO DE INVESTIMENTO | 34 |
| 6.1 Monitorização do investimento proposto na monitorização do Plano Tático (2017) | 34 |
| 6.2 Investimento em reabilitação (período 2018-2020) | 34 |
| 6.3 Plano de investimentos para 2018..... | 37 |
| ANEXO I - Plano para estudo de traçador na rede de distribuição de água para consumo humano | 41 |

| | |
|--|----|
| ANEXO II – Dados de decaimento de cloro residual em laboratório | 47 |
| ANEXO III – Correlação entre valores de cloro residual obtidos pela sonda e os correspondentes valores obtidos via fotômetro | 49 |
| ANEXO IV | 51 |
| ANEXO V | 53 |
| ANEXO VI | 55 |
| ANEXO VII | 57 |
| ANEXO VIII | 59 |
| ANEXO IX | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- Localização da injeção do traçador e das estações de monitorização | 11 |
| Figura 2 - Medições de cloro imediatamente após a injeção e nas estações de monitorização..... | 13 |
| Figura 3 - Correlação entre os tempos de percurso observados e os simulados em EPANET: | 14 |
| Figura 4 - Decaimento de cloro no seio da água e respetivo ajustamento de primeira ordem..... | 19 |
| Figura 5 - Relatório de calibração obtido via EPANET, para um Kw de 0m/dia. | 21 |
| Figura 6 - Comparação entre resultados de simulação e resultados observados. | 23 |
| Figura 7 - Intervenções em condutas registadas em no período de 2016 a 2017 | 32 |
| Figura 8 - Localização das intervenções no SAA 2018-2020 | 35 |
| Figura 9 - Evolução do investimento e IVI no período 2016-2020 | 36 |
| Figura 10 - Evolução do material das condutas no período 2016-2020 | 36 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Alinhamento entre objetivos, critérios de avaliação e métricas e respectivos valores de referência..... | 7 |
| Quadro 2 - Valor médio, mínimo e máximo de tempo de percurso | 25 |
| Quadro 3 - Classificação dos pontos de amostragem com base no tempo de percurso..... | 25 |
| Quadro 4 - Monitorização das métricas e Avaliação global da situação de referência para o ano de 2017..... | 31 |
| Quadro 5 – Investimento em reabilitação do SAA em 2017 | 34 |
| Quadro 6 - Investimentos previstos para 2018..... | 37 |

PRESSUPOSTOS DA ANÁLISE

Índice de Valor Infraestrutural

O cálculo do Índice de Valor Infraestrutural (IVI) considerou as seguintes vidas úteis:

- Fibrocimento (FC): 30 anos;
- Ferro Fundido Dúctil (FFD): 60 anos;
- Polietileno de Alta Densidade (PEAD): 45 anos;
- Polivinilo de Vinil (PVC): 45 anos.

Os custos de substituição utilizados no cálculo do IVI tiveram como base o relatório POSEUR ("Custos de referência de infraestruturas do ciclo urbano da água, de valorização de resíduos sólidos urbanos e de proteção costeira").

Previsão de custos de obras

- Custos unitários provenientes de consultas ao mercado, orçamentos, e obras efetuadas pelo departamento de manutenção.

Modelação

- Manual do Modelo Matemático da Rede de Distribuição de Águas" (disponível na Intranet)
- Guia técnico 05 da ERSAR -- "Manual do utilizador do Epanet 2.0 - Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade em sistemas de transporte e distribuição de água" --e disponível no sítio da ERSAR.

Glossário

SGI - Sistema de Gestão Integrado

IST – Instituto superior Técnico

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

AdA – Águas do Algarve

1

SUMÁRIO EXECUTIVO

2016
2020



1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente documento resulta da orientação estratégica de sustentabilidade infraestrutural e ambiental da Infraquinta, conforme **Sistema de Gestão Integrado (SGI)**, e tem como objetivo principal dar seguimento ao processo de implementação do plano tático de Gestão Patrimonial de Infraestruturas da Infraquinta para o sistema de abastecimento de água (Plano Tático) e consolida, pela segunda vez, toda a informação envolvida no seu desenvolvimento e monitorização.

No capítulo 2 é feita uma revisão de métricas e introduzidos valores de referência. Salientam-se neste capítulo os estudos em curso, nomeadamente o estudo e identificação de cenários possíveis, não controlados pela Infraquinta, com potencial para influenciar a sua atividade.

No capítulo 3 são apresentadas as atualizações efetuadas no modelo hidráulico, salientando a calibração com recurso a traçador. Neste âmbito confirma-se a precisão do modelo para cálculos hidráulicos e a importância da inclusão do caudal de perdas para análise do parâmetro “tempo de percurso” ou “idade da água”.

O capítulo 4 detalha os estudos e testes efetuados no modelo de qualidade da água e confirma a importância do modelo na deteção de picos de cloro. Para que o modelo de qualidade da água seja utilizada na identificação de zonas de baixo teor de cloro residual, cloro residual inferior a 2mg/l, dever-se-á repetir os estudos efetuados para a época de inverno.

No capítulo 5 é efetuada a análise detalhada das métricas do plano tático e avaliação global da situação de referência para o ano de 2017 evidenciando as dimensões de desempenho, custo e risco.

Por último, no capítulo 6 são apresentados os desvios à evolução expectável do plano de reabilitação e procede-se ao ajuste no plano de investimentos em conformidade.

2

ATUALIZAÇÃO DO PLANO TÁTICO

2016

2020



2. ATUALIZAÇÃO DO PLANO TÁTICO

No âmbito do processo de gestão dinâmica do Plano Tático, foi realizada, para este 2º Relatório, nova revisão de métricas e introduzidos valores de referência.

Foi inserida uma nova métrica relacionada com as avarias em condutas registadas em plataforma "Navia" (n. ºavarias /100Km /ano) que por ser crucial para a Infraquinta e se encontrar em evolução, não tinha sido possível definir sem pôr em causa o alcance dos próprios objetivos de melhoria. Esta métrica irá adquirir maior relevo à medida que o histórico de registos se acumula.

Foram iniciadas parcerias com entidades externas (LNEC, IST, AdA) para elaboração de estudos complementares de monitorização e modelação do sistema de águas de abastecimento, nomeadamente:

- Com o IST e LNEC que visa o estudo da tipologia de consumo e identificação de cenários possíveis, não controlados pela Infraquinta, com potencial para influenciar a sua atividade, nomeadamente a eventual restrição ao consumo decorrente do efeito de alterações climáticas. À data de conclusão deste relatório os trabalhos não estavam encerrados. A apresentação à administração do estudo está prevista para março 2018.
- Com a empresa AdA que tem como objetivo o reforço no conhecimento da qualidade da água (monitorização, modelação) numa perspetiva integrada dos sistemas (fornecimento em alta e baixa). Pretende-se também o desenvolvimento de uma aplicação móvel para disponibilizar informação, aos consumidores, sobre o consumo de água na sua residência/espço comercial/escritório e usufruir de um serviço de alertas sempre que se verifique um consumo anómalo ou seja necessário comunicar eventuais restrições ao consumo.

Quadro 1 - Alinhamento entre objetivos, critérios de avaliação e métricas e respectivos valores de referência.

| OBJETIVOS | CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO | MÉTRICAS | BIBLIOTECA | VALORES DE REFERÊNCIA | | |
|---|--|--|---------------|----------------------------|---------------------|-----------------|
| | | | | Classe 1 Insatisfatório | Classe 2 Mediano | Classe 3 Bom |
| Garantir o cumprimento dos requisitos de pressão em todos os pontos de consumo + Garantir a quantidade adequada de água nos pontos de consumo em situações normais e de emergência | Adequação das pressões mínimas | Índice da pressão mínima de serviço (%) | - | <95 | [95-99[| [99-100] |
| | Adequação das pressões máximas | Índice da pressão máxima de serviço (%) | - | <60 | [60;70[| [70;100] |
| | Adequação da flutuação de pressão | Índice da flutuação de pressão (%) | - | <50 | [50;70[| [70;100] |
| | Adequação de fornecimento de água em situações de emergência | Hidrantes sem capacidade de fornecimento de caudal de incêndio (%) | - | <5 | [5;3[| [3;0[|
| Assegurar a sustentabilidade e a integridade infraestrutural | Adequação da sustentabilidade infraestrutural | Índice de Valor Infraestrutural (IVI) (-) | IGPI | <0.2 | [0.2;0.4[| >0.4 |
| | | Tubagem em fibrocimento (%) | - | >50 | [50;20[| [20;0] |
| | | Capacidade de reserva de água tratada | Ph3 IWA | <12 | [12;24[| >24 |
| Promover o uso eficiente da água | Adequação dos níveis de perdas reais | Perdas reais por ramal (l/ramal.dia) | AA13b ERSAR | >150 | [150;100[| [100;0] |
| | | Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%) | AA18 ERSAR | >20 | [20;10[| <10 |
| Promover o uso eficiente da energia | Eficiência do uso da energia | Consumo específico de energia nas EE (kWh/m³.100m) | AA15ab ERSAR | <50 | [50;68[| [68;100] |
| | | Energia de bombagem (KWh/ano) | dAA26ab ERSAR | N.A. | N.A. | N.A. |
| | | Índice de desempenho associado à velocidade máxima (%) | - | <60 | [60;70[| [70;100] |
| Garantir o cumprimento das normas em matéria de saúde pública e qualidade da água | Adequação das velocidades mínimas (níveis de cloro residual) | Índice de desempenho associado à velocidade mínima (%) | - | <50 | [50;70[| [70;100] |
| Assegurar a sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora e promover o uso eficiente dos recursos financeiros | Custos de investimento e operação | Custos estimados de energia (€/ano) | - | N.A. | N.A. | N.A. |
| | | Estimativa dos custos de investimento (€) | - | N.A. | N.A. | N.A. |

3

MODELO HIDRÁULICO

Atualização e calibração

2016

2020





3. MODELO HIDRÁULICO

3.1 Atualização

Desde o ano de 2015 que a Infraqinta tem um modelo hidráulico de abastecimento de água desenvolvido em EPANET. O modelo responde de modo bastante acertado a variações de pressão na rede e tem sido usado tanto no apoio à operação como no planeamento.

Para que o modelo hidráulico de simulação continue a ser uma ferramenta robusta e fiável no apoio à decisão, necessita constante atualização para descrever o comportamento da rede de distribuição de água da forma mais precisa possível. As alterações na informação cadastral e na localização de pontos de consumo identificadas em 2017 foram refletidas no modelo. O modelo foi, também, corrigido para melhor refletir a ligação entre reservatório e a estação elevatória dedicada ao hotel "Conrad".

Foi elaborada a primeira versão do "Manual do Modelo Matemático da Rede de Distribuição de Águas" (disponível na Intranet) que constitui o guia de pressupostos e simplificações consideradas no modelo matemático. O manual deverá ser lido em conjunto com o guia técnico n.º 05 da ERSAR -- "Manual do utilizador do Epanet 2.0 - Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade em sistemas de transporte e distribuição de água" --e disponível no sítio da ERSAR.

3.2 Calibração com traçador

A calibração do modelo de simulação hidráulica foi, em 2015 e 2016, efetuada por medição de pressão na rede com recurso a medidores portáteis colocados em marcos de incêndio. Tratou-se de uma calibração iterativa do modelo, por comparação com os resultados de campo, onde foram detetadas incoerências com origem diversas, e.g. erros do próprio modelo, falhas de cadastro e/ou de informação sobre o estado de válvulas (aberta ou fechada).

Em 2017 considerou-se oportuno calibrar o modelo em período alargado para afinar grandezas cujo cálculo depende da integração temporal de valores do modelo, nomeadamente o tempo de percurso da água¹ e a concentração de cloro residual. A calibração do modelo para resposta a estes parâmetros coloca naturalmente maiores desafios pela natureza dinâmica das grandezas envolvidas e justifica um estudo da rede com traçador.

¹ O tempo de percurso é uma grandeza essencial para, por exemplo, o estudo de estratégias de amostragem.

O estudo com traçador decorreu de 1 a 7 de setembro de 2017 e o traçador escolhido foi o Hipoclorito de Sódio². O valor máximo de Cloro após bombagem foi fixado em 3.5 mg/L (80% do valor de referência da OMS³).

Foi efetuado o seguimento do traçador em sete estações de monitorização de Cloro (cinco estações automáticas e duas manuais) ao longo da rede de distribuição (Figura 1) para determinação do tempo de percurso e sua posterior comparação com os valores estimados pelo modelo.

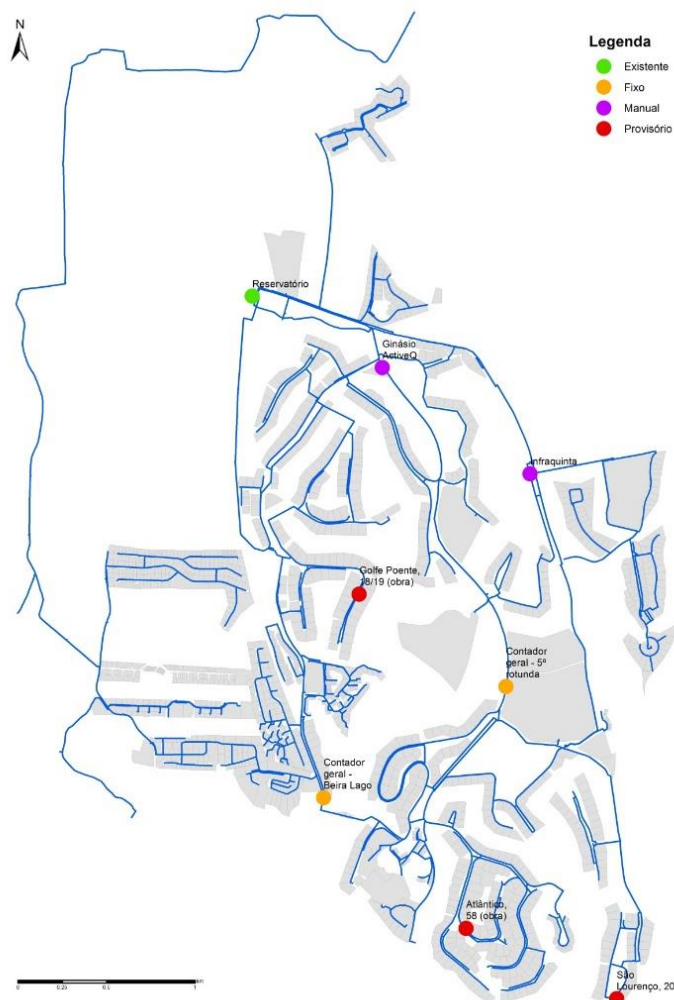


Figura 1- Localização da injeção do traçador e das estações de monitorização

² O hipoclorito de sódio é um composto inócuo para a saúde pública frequentemente adicionado à água, de monitorização rotineira (através da medição de cloro residual), indetetável pelo consumidor e pode servir o propósito de traçador [Guia técnico n.º 8 publicado pela ERSAR].

³ O valor de referência da Organização Mundial de Saúde (OMS) para água destinada ao consumo humano (*Guideline value*) é de 5 mg/l (5000 µg/l).

As cinco injeções de cloro à entrada do sistema originaram cinco picos de concentração que foram detetados em todas as estações de monitorização instaladas (Figura 2).

Os resultados da Figura 2 mostram que os picos de cloro são detetados nas estações de monitorização mais distantes do local de injeção, apesar das concentrações máximas serem muito inferiores às injetadas (e.g. 1,4 mg/L em PB2 e em SL). Por outro lado, verifica-se que as concentrações de cloro residual típicas são praticamente constantes nos locais mais próximos da injeção, mas tendem a ter maior variabilidade nos locais mais distantes.

Os resultados evidenciaram que as leituras obtidas na primeira estação de monitorização após injeção, *i.e.* leituras obtidas à saída do reservatório pelo sistema de telegestão, estavam truncadas para valores de cloro residual superiores a 3mg/l. Esta limitação, não conhecida *a priori*, teve como consequência a obtenção de valores superiores de cloro livre na primeira estação de monitorização quando comparado com os valores obtidos à saída do reservatório (assinalados na Figura 2 como “injeção” e “5R”). Para correção desta limitação, foi efetuada a correspondência entre os valores registados pela telegestão e os valores reais obtidos em fotómetro portátil (anexo III).

É de salientar que nas estações de monitorização Atl, GP e SL, é difícil identificar quais os picos de cloro que correspondem às três últimas injeções. Esta dificuldade advém, por um lado, dos baixos consumos de água que se verificam nestes pontos e que propiciam a difusão do cloro na água estagnada, originando picos de cloro pouco expressivos. Por outro lado, o facto de as três últimas injeções terem tido cerca de três horas de intervalo torna os picos muito próximos e dificulta a identificação de cada um.

Para verificação do modelo hidráulico, foi comparada a idade da água estimada pelo modelo (simulando a concentração do cloro residual, com o mesmo padrão de injeção) com os tempos de percurso observados nos testes com traçador. No modelo hidráulico foram introduzidas as condições físicas da rede no período de teste (cadastro e estado das válvulas) e os caudais registados pelo sistema de telemetria em cada contador individual. Foram realizados três ensaios com o modelo, diferindo entre si no parâmetro “Quality Time Step” e da inclusão ou não do caudal de perdas, como apresentado na Figura 3 a) b) e c).

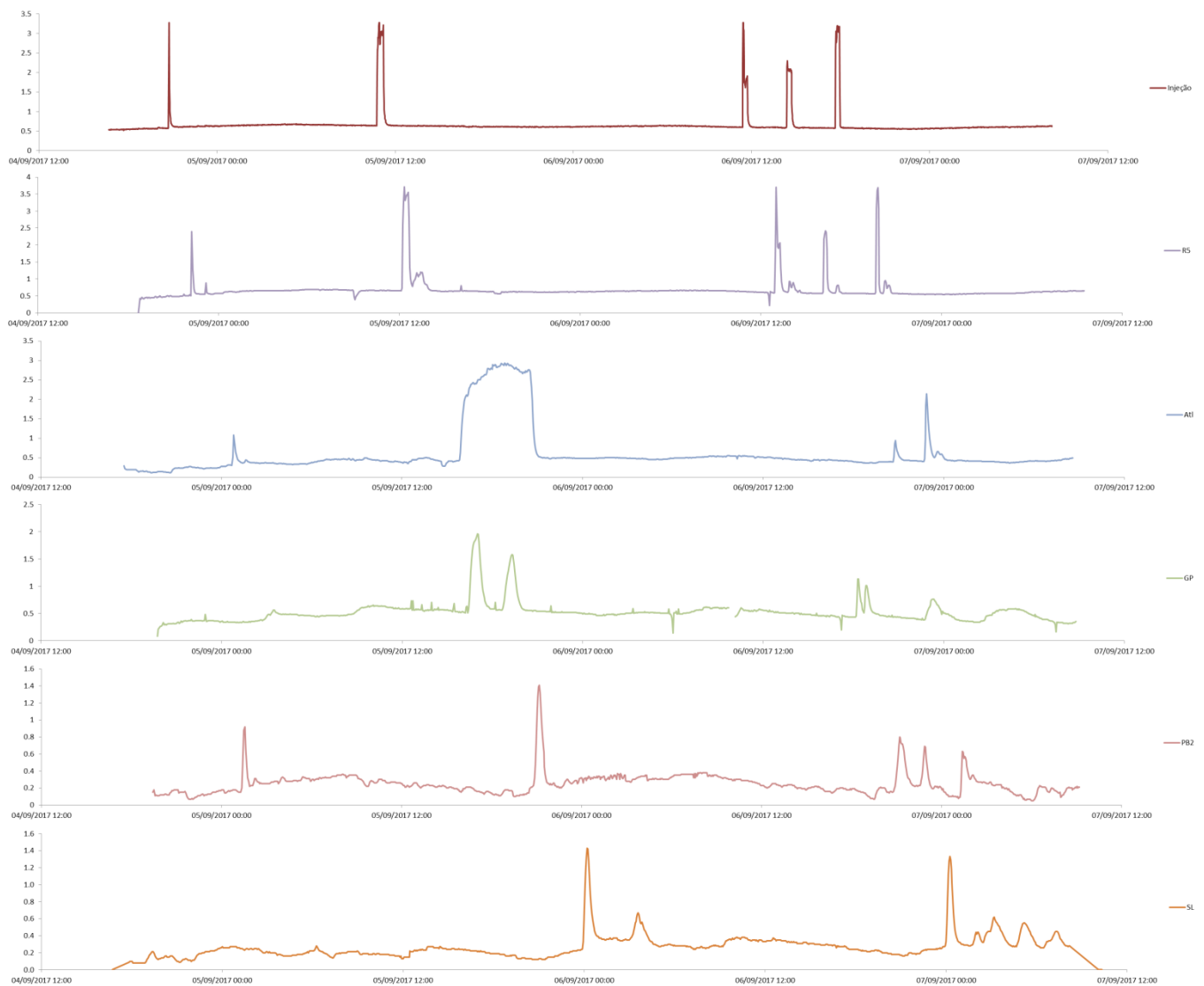


Figura 2 - Medições de cloro imediatamente após a injeção e nas estações de monitorização



ANÁLISE DA RESILIÊNCIA DA SITUAÇÃO STATU QUO

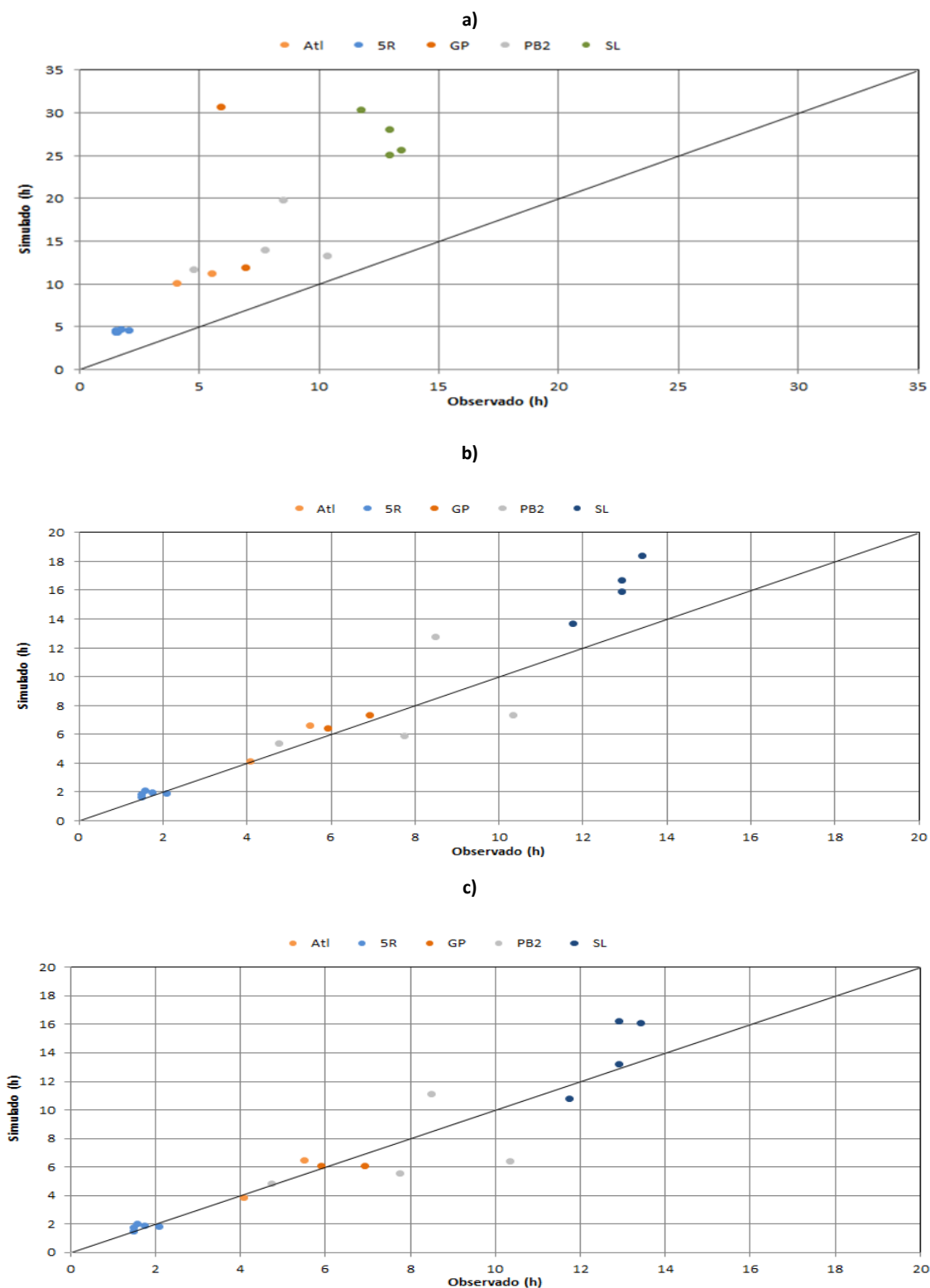


Figura 3 - Correlação entre os tempos de percurso observados e os simulados em EPANET: a) sem inclusão do caudal de perdas e "Quality time Step" de 5 minutos b) sem inclusão do caudal de perdas e "Quality time Step" de 1 segundo; c) após inserção do caudal de perdas e "Quality time Step" de 1 segundo.

A Figura 3 a), b) e c) revela que os picos de concentração simulados ocorrem mais tarde relativamente aos valores medidos. De forma geral, as estações de



monitorização mais afastadas apresentam maior discrepância no tempo de percurso.

A análise direta dos resultados da Figura 3 a) e b) deixa-nos perceber a importância do parâmetro "Quality Time Step" na modelação do tempo de percurso. A diminuição deste parâmetro de 5 minutos para 1 segundo tem implicações positivas, no tempo de percurso estimado pelo modelo, resultando na diminuição no tempo de percurso. Esta parametrização revelou-se de extrema importância, provavelmente, pelo facto de o modelo hidráulico estar bastante completo e com bastantes elementos de cadastro.

O facto de os picos de concentração simulados ocorrerem mais tarde relativamente aos valores medidos pode dever-se a velocidades de escoamento subavaliadas e, portanto, a caudais mais baixos do que a realidade o que poderá justificar a inclusão do padrão de perdas na modelação.

Para verificação da sensibilidade do modelo hidráulico ao caudal de perdas os caudais inseridos no modelo foram corrigidos, tendo como base o padrão de perdas específico de cada ZMC. A cada consumo individual, registado numa ZMC específica, foi incrementado um valor percentual correspondente às perdas registadas (diferença entre a medição do contador geral e o somatório dos contadores individuais). A inserção do caudal de perdas resulta numa melhoria na correlação entre tempos de percurso, aproximando o tempo de percurso simulado do observado, em particular, para maiores tempos de percurso (Figura 3c).

Os trabalhos em curso incluem o tratamento detalhado dos dados de consumo, incluindo a deteção de dados anómalos e preenchimento de falhas de leitura do sistema de telemetria. A inserção do caudal de perdas, em cada ZMC, em função da pressão poderá, também, contribuir para uma maior exatidão na estimativa do tempo de percurso decorrente do modelo hidráulico.

4

MODELO DA QUALIDADE DA ÁGUA

2016

2020



4. MODELO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Em agosto de 2016 e setembro 2017 foram realizadas campanhas de monitorização de cloro, em vários pontos da rede, para refletir o decaimento de cloro a diferentes tempos de percurso e temperaturas da água. O mesmo local de monitorização foi sujeito a amostragem a horas distintas para refletir a variação do tempo de percurso, ao longo do dia, consoante o padrão de consumo.

Enquanto decorriam as campanhas de monitorização foi recolhida uma amostra de água à saída do reservatório e enviada para laboratório externo. Esta amostra foi mantida à mesma temperatura e analisada ao longo dos vários dias

A campanha de monitorização e os testes laboratoriais tiveram como objetivo a determinação dos coeficientes das reações químicas que ocorrem no seio do escoamento (*bulk phase*) e junto à parede das condutas (*wall phase*).

4.1 Determinação da constante cinética de decaimento no seio da água (K_b)

Os testes laboratoriais realizados permitem estimar os parâmetros de decaimento no seio da água (*bulk phase*, K_b).

O EPANET modela o decaimento de cloro através de uma cinética de 1ª ordem, segundo a equação 1 e permite o cálculo da concentração de cloro na água, C , após decorrido o tempo de transporte, t , e conhecida a concentração no início do transporte, C_0 .

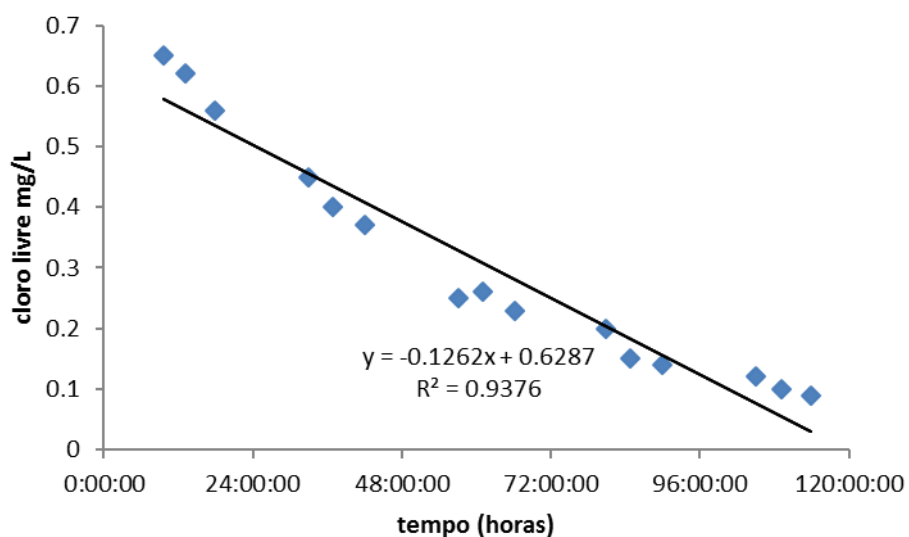
$$C = C_0 \cdot \exp(-K_b \cdot t) \quad \text{Equação 1}$$

O Valor do coeficiente K_b pode ser extraído pelo ajuste da curva de concentração de cloro ao longo do tempo à equação 1 através do método de regressão linear (Figura 4).

Para o período de verão o valor estimado de K_b é de **-0.1262 hora⁻¹** (i.e. **-3.0288 dia⁻¹**) e para o período de inverno o coeficiente de decaimento é menor

(como seria de esperar pelo efeito da temperatura) e estima-se um valor de K_b de **-0.0636 hora⁻¹** (i.e. **-1.5264 dia⁻¹**).

a) Verão (agosto 2016)



b) Inverno (fevereiro 2017)

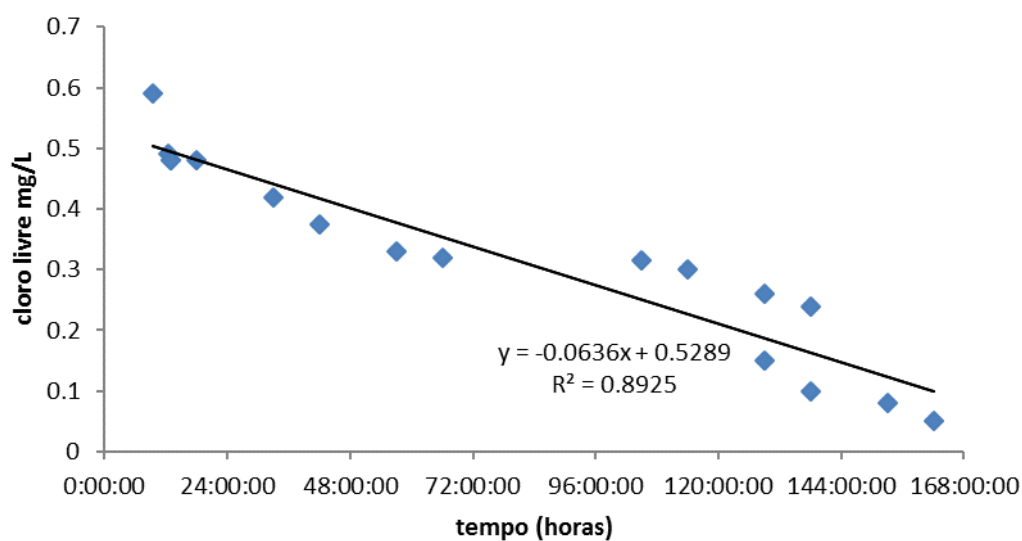


Figura 4 - Decaimento de cloro no seio da água e respetivo ajustamento de primeira ordem.

4.2 Determinação da constante de decaimento na parede (K_w)

Deduzido a parcela de decaimento no seio da água, obtida por intermédio de cinética determinada laboratorialmente para condições semelhantes, obtém-se uma indicação da importância relativa do decaimento de cloro decorrente das reações junto à parede das condutas (*wall phase*).

O processo para estimativa da constante de decaimento na parede (K_w) decorreu de forma iterativa. O coeficiente de decaimento foi ajustado para que o modelo construído fosse capaz de prever o decaimento de cloro observado durante as campanhas de campo de medição de cloro residual.

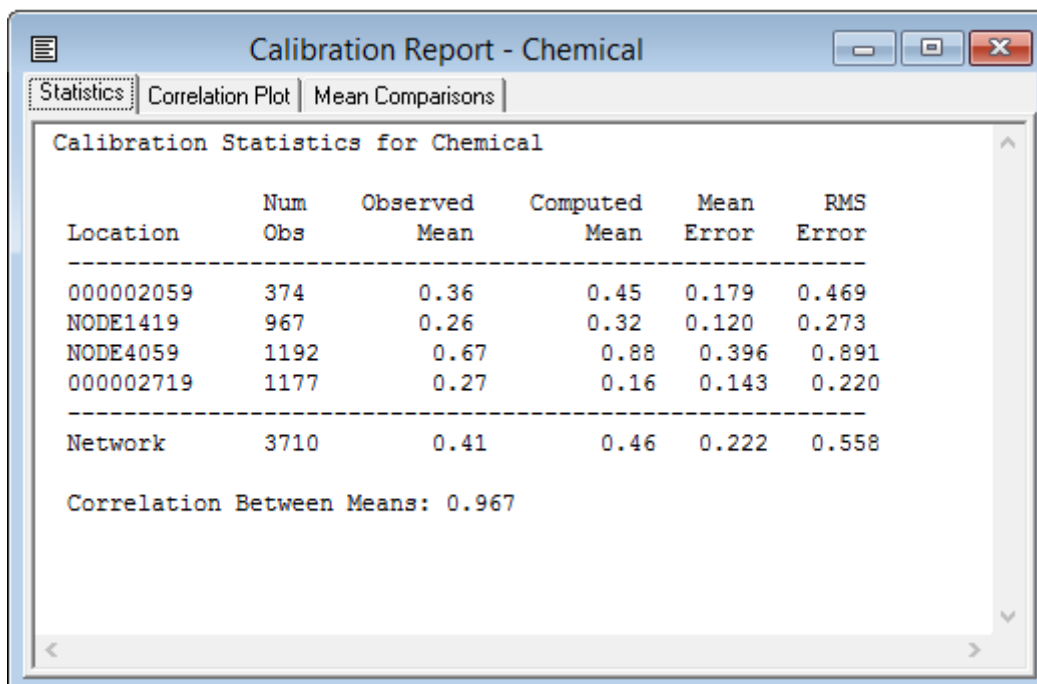
Foi assumido para K_w^4 um valor inicial de **-1 m/dia** valor que foi corrigido, por tentativa-erro, para se ajustar o modelo com as concentrações de cloro observadas a diferentes pontos de medição. Para diferentes valores de K_w (**-4, -1, 0 m/dia**) foi simulada a concentração de cloro, em cada ponto de amostragem, e calculado o desvio entre observado e simulado.

4.3 Comparação dos resultados simulados com as medições

O relatório de calibração obtido diretamente via EPANET apresenta o desvio, entre observado e modelado, dado pelo erro absoluto médio (MAE) e erro quadrático médio (RMSE). O melhor resultado foi obtido para uma constante de decaimento K_w de **0m/dia** com um erro global associado (RMSE- erro quadrático médio) da ordem de 0.2 a 0.4 mg/L de cloro livre.

A Figura 5 apresenta o resultado do relatório de calibração obtido via EPANET para um K_w de **0m/dia**. O ponto de monitorização com maior erro corresponde ao NODE 4059.

4 O manual do EPANET (EPANET 2 Users Manual by Lewis A. Rossman) refere que, para primeira ordem, são expectáveis valores de 0 a -1.5 m/dia.



Calibration Report - Chemical

Statistics | Correlation Plot | Mean Comparisons

Calibration Statistics for Chemical

| Location | Num Obs | Observed Mean | Computed Mean | Mean Error | RMS Error |
|-----------|---------|---------------|---------------|------------|-----------|
| 000002059 | 374 | 0.36 | 0.45 | 0.179 | 0.469 |
| NODE1419 | 967 | 0.26 | 0.32 | 0.120 | 0.273 |
| NODE4059 | 1192 | 0.67 | 0.88 | 0.396 | 0.891 |
| 000002719 | 1177 | 0.27 | 0.16 | 0.143 | 0.220 |
| Network | 3710 | 0.41 | 0.46 | 0.222 | 0.558 |

Correlation Between Means: 0.967

Figura 5 - Relatório de calibração obtido via EPANET, para um Kw de 0m/dia.

A Figura 6 a), b) c) e d) apresentam os gráficos resultantes da modelação EPANET e comparam resultados observados (a verde) com resultados modelados (a vermelho). O gráfico respeitante à estação de monitorização 0000002719 (topo superior) apresenta, de forma geral, maior discrepância entre os valores modelados e observados ao longo do tempo. Esta observação não está de acordo com o erro apresentado na Figura 5, o que poderá ser justificado pela compensação de erros em sentidos opostos.

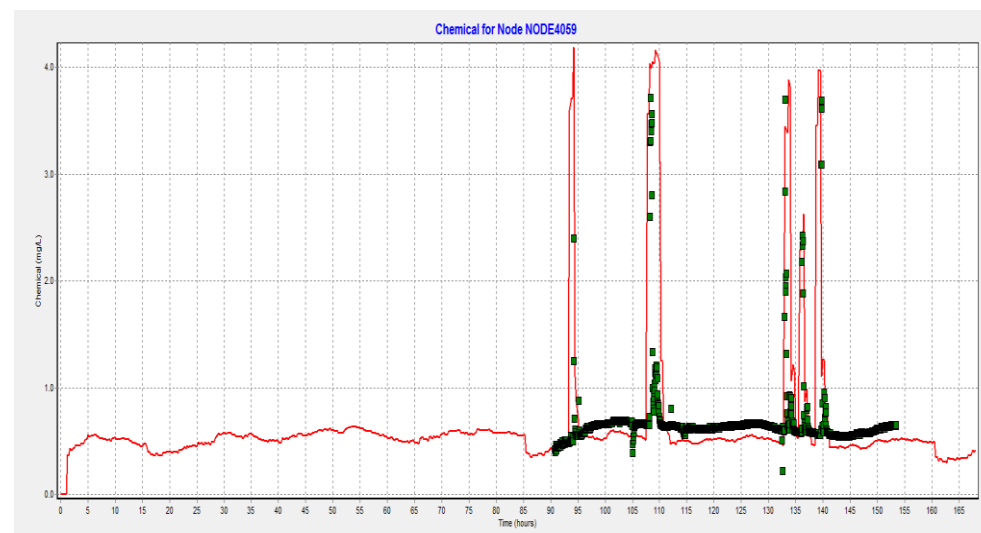
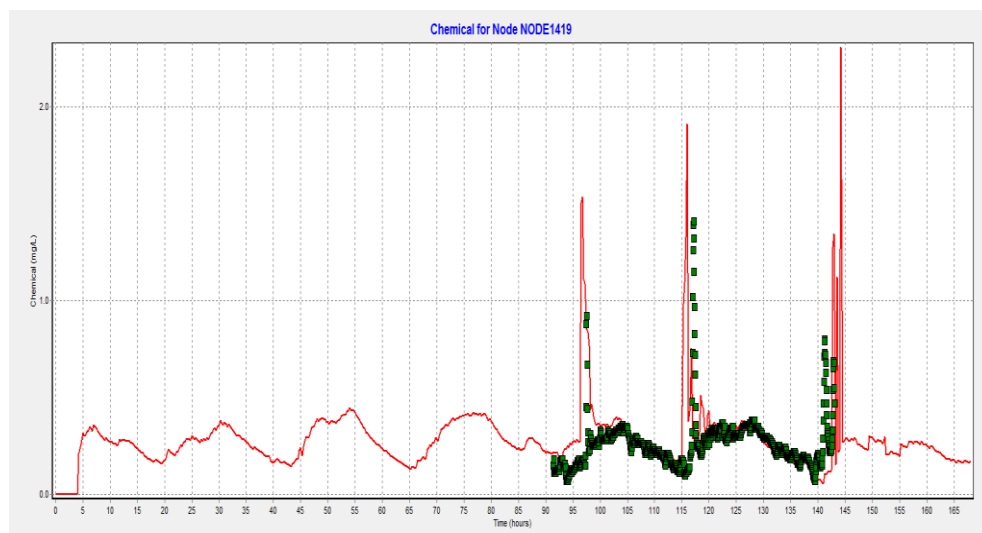
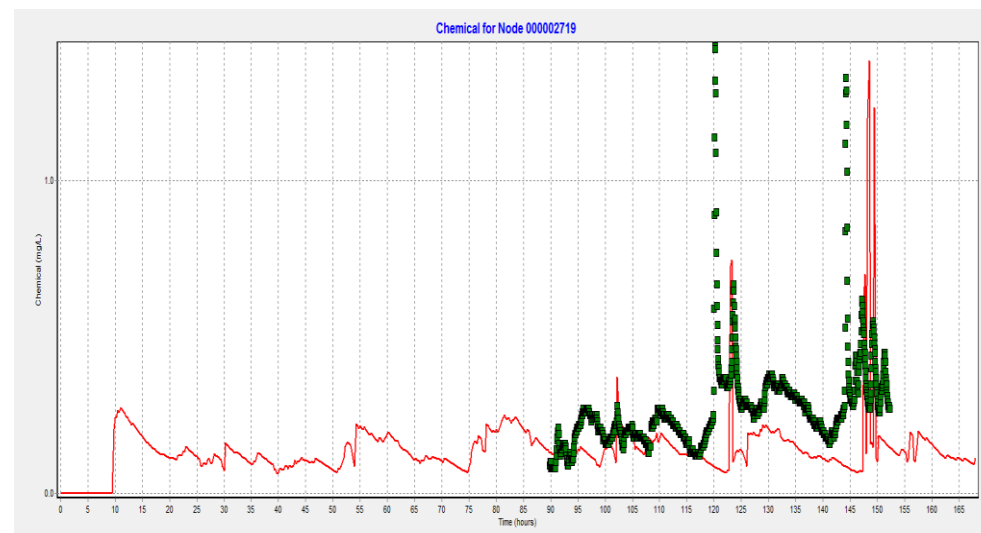
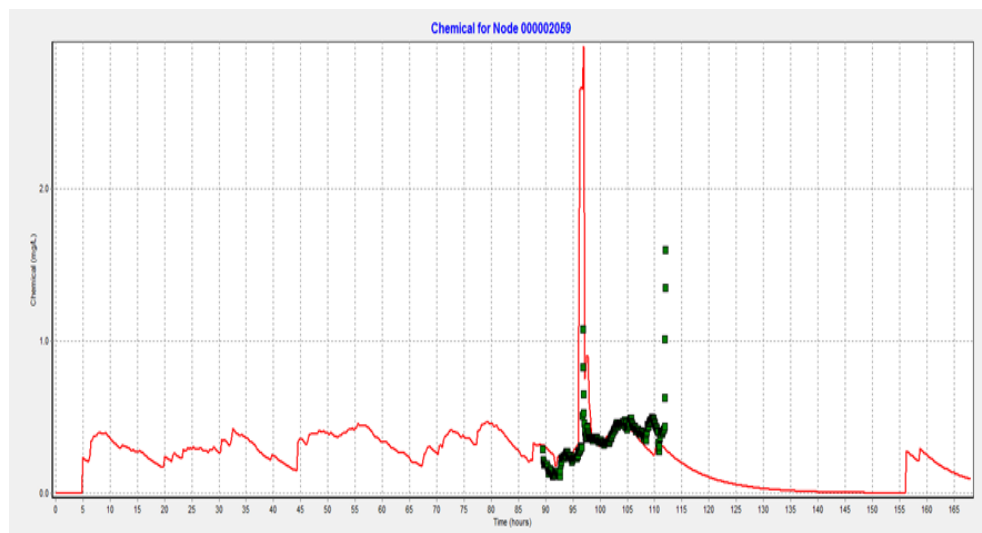


Figura 6 - Comparação entre resultados de simulação e resultados observados.
No sentido do ponteiro do relógio: 000002059, 000002719, NODE4059 e NODE 1419



4.4 Análise do erro com base no tempo de percurso

O decaimento de cloro é um fenómeno baseado no tempo que, sem negligenciar outras contribuições, depende fundamentalmente do tempo disponível para que as reações químicas de decaimento ocorram, *i.e.* para maior tempo de percurso da água é expectável maiores decaimento de cloro.

Para cada dia de amostragem foi calculado o tempo de percurso horário em cada estação de monitorização, à medida que as velocidades nos troços da rede de distribuição se alteram em função do padrão de consumo horário. O valor médio, máximo e mínimo do tempo de percurso é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Valor médio, mínimo e máximo de tempo de percurso

| Estação de monitorização | | Tempo de percurso | | |
|--------------------------|--------------|-------------------|--------|-------|
| ID | Local | Máximo | Mínimo | Média |
| 000002059 | Atlântico | 11.99 | 2.86 | 5.81 |
| 000002719 | São Lourenço | 18.86 | 8.23 | 12.79 |
| NODE1419 | PB2 | 19.06 | 3.96 | 7.42 |
| NODE4059 | 5ª Rotunda | 2.50 | 0.97 | 1.67 |
| αTU4142150205 | Golfe Poente | 14.96 | 3.05 | 7.08 |

Os pontos de amostragem foram classificados de acordo com o tempo médio de percurso, Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação dos pontos de amostragem com base no tempo de percurso

| Classificação ponto de amostragem | Próximo | Intermédio | Longínquo |
|-----------------------------------|----------|--|-----------|
| Ponto de amostragem | NODE4059 | 000002059 αTU4142150205 NODE1419 | 000002719 |

Seria expectável que para os pontos de amostragem localizados “perto” do reservatório os erros resultantes fossem, de forma geral, menores que os erros dos pontos de amostragem mais afastados. Contrariamente ao que seria expectável, a estação de monitorização situada mais próximo do reservatório (NODE4059) apresenta simultaneamente um maior erro (Figura 5). Vários fatores contribuem para essa situação:

- A sonda de cloro, instalada à saída do reservatório está calibrada para uma gama de valores de cloro inferior a 0.8mg/l. Aquando da realização do teste com traçador atingiram-se valores superiores a 0.8 mg/l e as leituras de cloro da sonda foram ajustadas conforme anexo III (e.g. valores registados pela sonda de 3mg/l correspondem a valores da ordem de 5 mg/l);
- Os valores de cloro introduzidos no modelo são valores horários (em conformidade com os valores de caudal) e, como tal, será difícil reproduzir as alterações introduzidas no sistema por picos de cloro de duração inferiores a 30 minutos.

Em suma, o estudo de traçador foi ferramenta importante para validar o tempo de percurso (eixo das abcissas na Figura 6) permitindo identificar, de modo geral, o período em que os picos ocorrem. No entanto, ao nível da concentração de cloro (eixo das ordenadas na Figura 6) o modelo carece de maior afinação que poderá ser conseguida com a informação obtida, de forma rotineira, no âmbito do controlo de qualidade da água.

4.5 Trabalhos em curso

A identificação de zonas com baixo teor de cloro (cloro residual inferior a 0.2 mg/l), permite a perceção dos locais em que poderá ser mais significativo colher amostras para controlo de qualidade da água e seleccionar os hipotéticos pontos de descarga como recomendado no guia técnico da ERSAR (Guia técnico n.º 8).

Durante a época de verão o cloro residual na rede de distribuição não atinge valores inferiores a 0.2 mg/l. Baixos teores de cloro são registados, tipicamente, em período de inverno causado pelo baixo consumo e consequente estagnação de água nas tubagens.

Os trabalhos em curso englobam as seguintes tarefas:

1. Tratamento preliminar dos dados de caudal obtidos pelo sistema de telemetria, incluindo preenchimento das falhas de leitura e deteção de dados anómalos;
2. Identificação e inserção dos padrões de perdas por ZMC;



3. Identificação do estado das válvulas (aberta ou fechada);
4. Validação do modelo hidráulico;
5. Criação de ficheiro de calibração com valores de cloro residual;
6. Validação do modelo de qualidade.

5

Análise Detalhada das Métricas

2016

2020





5. ANÁLISE DETALHADA DAS MÉTRICAS

No plano tático em vigor (sessão 6.2 “Discretização em áreas de análise”) a rede de distribuição de água da InfraQuinta foi subdividida em áreas funcionais hidraulicamente independentes consoante a proveniência da água seja do reservatório principal (sob a gestão da Infraquinta) ou do reservatório do Cerro do Galo (sob a gestão da Câmara Municipal de Loulé).

No Quadro 4 é efetuada a síntese da monitorização das métricas e avaliação global da situação de referência para o ano de 2017, evidenciando as dimensões de desempenho, custo e risco para a área funcional dependente do reservatório principal. A área funcional dependente do reservatório do Cerro do Galo será estudada, quando apropriado, de forma independente.

Para a nova métrica “Avarias em condutas (n. ° avarias /100Km /ano) é apresentado, na Figura 7, a georreferenciação das intervenções ocorridas e registadas no período de 2016 a 2017. Esta métrica irá adquirir mais relevância à medida que o histórico de registos se acumula.

Quadro 4 - Monitorização das métricas e Avaliação global da situação de referência para o ano de 2017.

| OBJECTIVOS TÁCTICOS | CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO | DIMENSÃO ⁽¹⁾ | MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO | 2017 | ESTADO |
|---|--|-------------------------|---|--------------------------|--------|
| Garantir o cumprimento dos requisitos de pressão em todos os pontos de consumo + Garantir a quantidade adequada de água nos pontos de consumo em situações normais e de emergência | Adequação das pressões mínimas | D + R | Índice da pressão mínima de serviço [%] | 99.99 [99.96; 100.00] | |
| | Adequação das pressões máximas | D | Índice da pressão máxima de serviço [%] | 75.55 [70.21; 82.59] | |
| | Adequação da flutuação de pressão | D | Índice da flutuação de pressão [%] | 90.39 [72.39; 92.43] | |
| | Adequação do fornecimento de água em situações de emergência | R | % de hidrantes sem capacidade de fornecimento de caudal de incêndio | 2.6 [Mínimo, Máximo] | |
| Assegurar a sustentabilidade e a integridade infraestrutural | Adequação da sustentabilidade infraestrutural | R | Índice de valor da infraestrutura (IVI) [-] | 0.357 | |
| | | | Avarias em condutas (n.º avarias /100Km /ano) | 19.4 | |
| | | | Percentagem de tubagem em fibrocimento [%/ano] | 43.6 | |
| | | | Capacidade de reserva de água tratada [horas] ⁽⁴⁾ | 29 | |
| Promover o uso eficiente da água | Adequação dos níveis de perdas reais | D + C | Perdas reais por ramal [l/ramal/dia] | 66.56 | |
| | | | Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%) | 5.01 | |
| | | | Eficiência energética de instalações elevatórias (kWh/m³.100m) | 0.5 | |
| | | | Energia de bombagem (kWh/ano) | 229 218 | N.A. |
| | | | Índice de desempenho associado à velocidade máxima [%] | 99.74 [98.96; 99.97] | |
| Garantir o cumprimento das normas em matéria de saúde pública e qualidade da água | Adequação das velocidades mínimas (níveis de cloro residual) | R | Índice de desempenho associado à velocidade mínima [%] | 46.87 [38.79; 63.51] | |
| Assegurar a sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora e Promover o uso eficiente dos recursos financeiros | Custos de investimento e operação | C | Custos estimados de energia [€/ano] | 32 423.16 | N.A. |
| | | C | Estimativa dos custos de investimento [€] | 150 000 | N.A. |

Na Figura 7 estão referenciadas as intervenções em condutas e serve de suporte ao cálculo da nova métrica: “Avarias em condutas (n.º avarias/100kn/ano)”

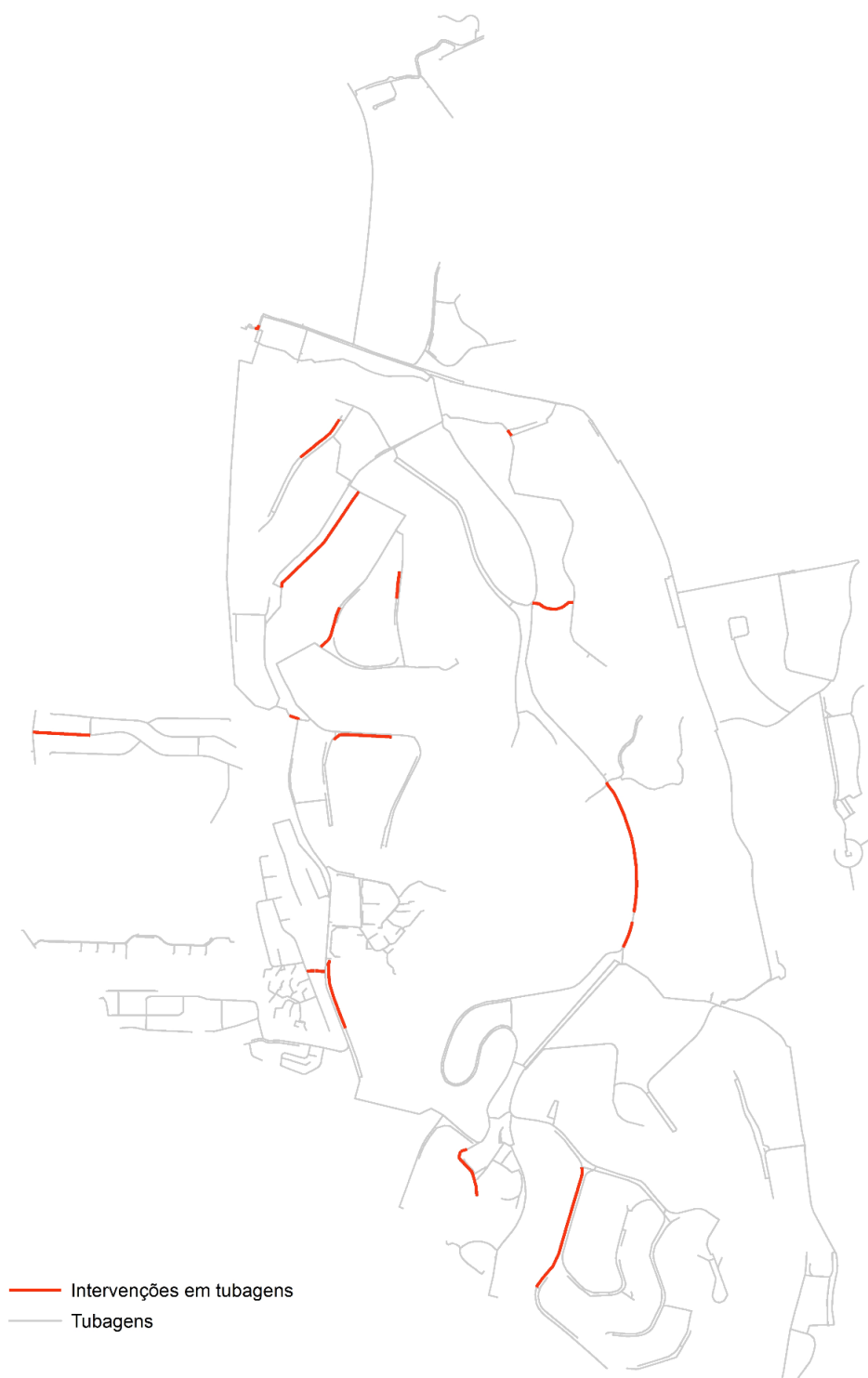


Figura 7 - Intervenções em condutas registadas em no período de 2016 a 2017

6

ATUALIZAÇÃO DO PLANO DE
INVESTIMENTO

2016
2020





6. ATUALIZAÇÃO DO PLANO DE INVESTIMENTO

6.1 Monitorização do investimento proposto na monitorização do Plano Tático (2017)

Para reabilitação das atuais infraestruturas de distribuição de água, o Plano Tático referia a necessidade de um investimento médio anual da ordem dos 300 k€, para o período 2015 a 2020 e nos anos posteriores um investimento médio anual aproximado de 125 k€.

Os investimentos previstos na monitorização de 2016 do plano tático para o ano 2017 ascendiam a 955 k€. Estes investimentos não se concretizaram na sua totalidade tendo sido investido em reabilitação cerca de 214 k€ (Quadro 5).

Quadro 5 – Investimento em reabilitação do SAA em 2017

| Remodelação e reabilitação da rede de abastecimento | Valor investido (k€) |
|---|----------------------|
| Reabilitação de infraestruturas de abastecimento de água em Golfe Leste | 149 |
| Reabilitação de infraestruturas de abastecimento de água na Rua Formosa | 65 |

Prevê-se para o ano 2018 um esforço acrescido de reabilitação que se estima ascender a 1 992 k€ (Quadro 5).

6.2 Investimento em reabilitação (período 2018-2020)

Para o período de 2018-2020, os critérios considerados para a priorização de intervenções de reabilitação, foram por ordem crescente de prioridade:

1. Repavimentação (imperativo);
2. Expansão (imperativo);
3. Cumprimento de pressões mínimas 20 m.c.a. (corrigir estrangulamentos pontuais) (imperativo);
4. Criticalidade / importância do componente;
5. Material e vida útil remanescente;
6. Maior diferença entre o diâmetro ideal e o diâmetro existente;
7. Incumprimento de DN mínimos de acordo com o futuro regulamento;

8. Custo de investimento (desempate; sem custo viável para orçamento).

Os critérios acima descritos são os critérios considerados na elaboração do Plano Plurianual de Investimentos. Na prática, os investimentos anteriormente previstos para 2017, que não foram efetuados, são adiados para 2018 e assim sucessivamente.

Na Figura 8 é apresentada a localização das intervenções previstas para o período 2018-2020.



Figura 8 - Localização das intervenções no SAA 2018-2020

Prevê-se que, com o cumprimento do planeado, em 2020 o IVI ascenderá a 0.73 (Figura 9) e o fibrocimento presente na rede será residual (inferior a 4%) (Figura 10).

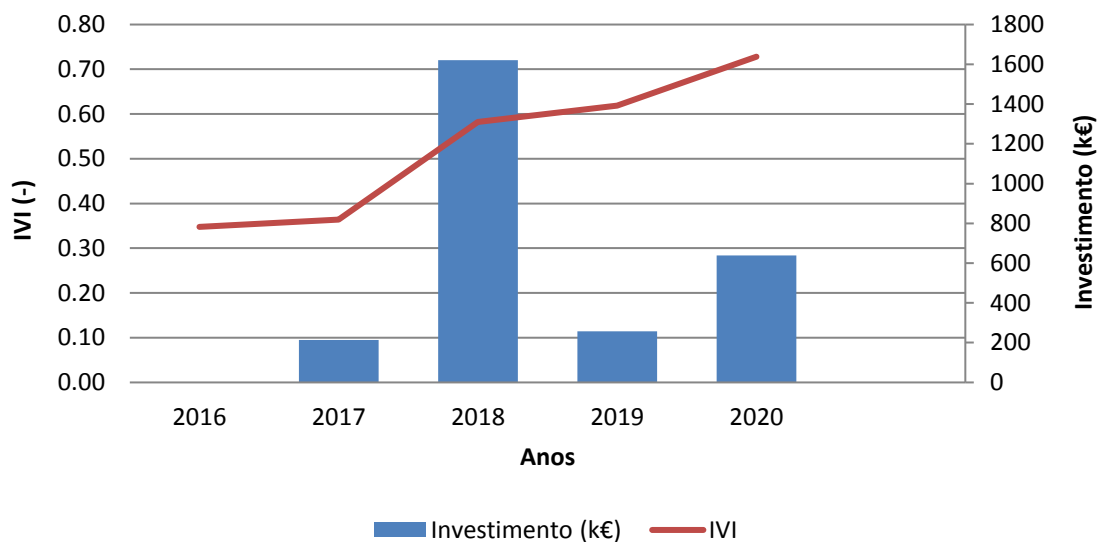


Figura 9 - Evolução do investimento e IVI no período 2016-2020

O valor de investimento apresentado na Figura 9 refere-se apenas a investimento em reabilitação de tubagens dado que a reabilitação de reservatórios e estações elevatórias não foi contabilizada no IVI.

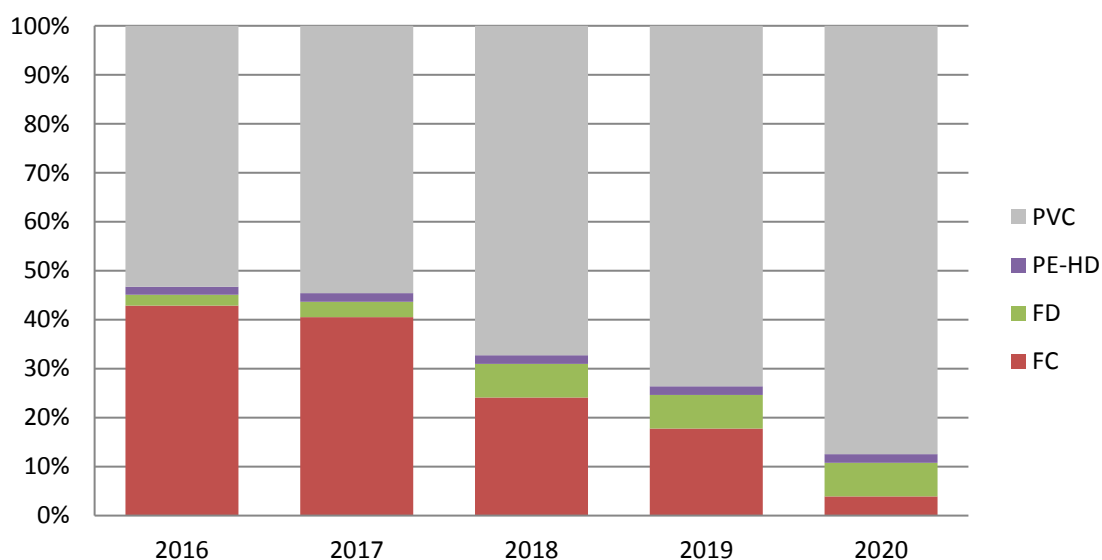


Figura 10 - Evolução do material das condutas no período 2016-2020

O valor de IVI previsto na presente monitorização do plano tático é superior ao que tinha sido previsto nas versões anteriores. Isto deve-se ao facto de se ter apostado na instalação de FFD em condutas mais críticas do SAA o que redundou num aumento significativo de investimento, vida útil das tubagens e consequentemente do IVI.

6.3 Plano de investimentos para 2018

O plano de investimentos para 2018 especifica as intervenções, a localização e a estimativa orçamental para as intervenções que se prevê realizar no SAA no ano 2018.

Quadro 6 - Investimentos previstos para 2018

| Remodelação e reabilitação da rede de abastecimento | Estimativa orçamental (k€) | Peças desenhadas |
|---|----------------------------|------------------|
| Empreitada de reabilitação de infraestruturas de AA na Avenida Ayrton Senna, na Quinta do Lago (Gravítica) | 239* | Anexo iv |
| Empreitada de reabilitação de infraestruturas de abastecimento de água nas ruas Mondego, Cávado e Ave | 133* | Anexo v |
| Empreitada de reabilitação das infraestruturas de AA nas ruas Arade, Mira e Álamo | 200** | Anexo vi |
| Empreitada de reabilitação das infraestruturas de AA entre o reservatório de água da Quinta do Lago e a Av. da Gondra | 273*** | Anexo vii |
| Empreitada de reabilitação do reservatório "R1" da Quinta do Lago | 200** | - |
| Empreitada de reabilitação do sistema elevatório de abastecimento de água designado Pinheiros Altos | 171*** | - |
| Empreitada de construção de 2ª ligação ao loteamento Pinheiros Altos | 123*** | Anexo viii |
| Empreitada de ligação ao Club do Ancão | 53*** | - |
| Empreitada de reabilitação de infraestruturas de AA nas ruas Paiva, Douro e Alva | 300** | - |
| Empreitada de reabilitação das infraestruturas de AA entre a Av. da Gondra e a 3ª Rotunda da Av. André Jordan | 300*** | Anexo ix |

*Valor estimado com origem no valor da empreitada

**Valor estimado com origem no valor do Orçamento 2018

***Valor estimado com origem no valor de Projeto

ANEXOS

2016

2020



ANEXO I - Plano para estudo de traçador na rede de distribuição de água para consumo humano

Elaborado por Ana Vicente (Departamento de Qualidade e Ambiente), Horácio Guerreiro (Departamento de Manutenção) e Regina Casimiro (Departamento de Planeamento e Gestão Patrimonial).

Com a colaboração de Abel Pinto (Hanna Instruments Portugal)

1. Objetivo do estudo

O principal objetivo do estudo é adquirir um melhor entendimento do decaimento do teor de cloro na rede de distribuição e disponibilizar para o departamento de Qualidade e Ambiente um modelo de qualidade da água devidamente testado, para dadas condições operacionais, e que poderá ser usado para simular o comportamento da rede de distribuição para outras condições operacionais.

O objetivo secundário do estudo é identificar os pontos de descarga da rede e estimar a duração desta descarga. Para isso, são determinados os tempos de percurso desde o reservatório até aos pontos principais da rede e estabelecida a relação entre tempos de percurso e decaimento de cloro.

2. Traçador: dosagem, local e duração de injeção

2.1 Material

Hipoclorito de sódio: concentração de **13%** em barricas de **25 L**

2.2 Concentração de cloro na rede de distribuição de água

O valor de referência da Organização Mundial de Saúde (OMS) para água destinada ao consumo humano (Guideline value⁵) é de 5 mg/l (5000 µg/l)

O valor a atingir durante o estudo na rede de distribuição, num ponto próximo da injeção, é inferior a 80% do valor de referência da OMS, i.e., inferior a 4mg/l. O valor do estudo será de **3.5 mg/l**.

2.3 Local da injeção

Local de injeção: Saída do reservatório antes da bombagem da pressurizada (antes da bifurcação da pressurizada e gravítica e antes da sonda amperimétrica)

⁵ A guideline value represents the concentration of a constituent that does not exceed tolerable risk to the health of the consumer over a lifetime of consumption

2.4 Duração da injeção

O pico de hipoclorito deve ser detetado durante a monitorização, i.e. a duração do pico deve ser significativamente mais longa do que a frequência de amostragem – 15 a 20 minutos.

2.5 Caudal expectável em setembro

Caudal máximo horário: 600 m³/h

Caudal médio horário: 300 m³/h

2.6 Caudal requerido para a bomba doseadora de hipoclorito sódio

$$R = D/C \times Q$$

Onde:

D = dosagem de cloro = 3.5 mg/L

C = concentração da solução de hipoclorito de sódio = 13% = 130 000mg/L

Q = Caudal máximo de entrada na rede de distribuição = 600 m³/h

Resultado:

$$R = 3.5 \text{ mg/L} / 130\,000 \text{ mg/L} \times 600 \text{ m}^3/\text{h} = 16 \text{ L/h}$$

Nota: Bomba doseadora da Hanna é de **18 L/h**

2.7 Quantidade mínima de hipoclorito requerida

A quantidade mínima de solução de hipoclorito (a) que é necessária, pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$a = D/C \times V$$

Onde:

D = dosagem de cloro = 3.5 mg/L

C = concentração da solução de hipoclorito de sódio = 13% = 130 000mg/L

V = volume para tratar um volume de 300 m³ (aproximadamente 20 a 30 minutos)

$$a = 3.5 \text{ mg/L} / 130\,000 \text{ mg/L} \times 300 \text{ m}^3 = 8 \text{ L}$$

Na prática será necessário providenciar mais de **25 litros** (3 x mais) porque a bomba doseadora deve continuar até que o operador possa medir o valor de 3.5 mg/l no ponto de controlo da dosagem. Para além disso será necessária uma dosagem suplementar para ensaio geral.

3. Equipamento de campo, localização e procedimentos

- Bomba de injeção

- Armazenamento da solução de traçador

- equipamento de medição do caudal à entrada da rede de distribuição
(soma dos contadores da pressurizada e gravítica)
- equipamento de medição da concentração de traçador para controlo
(sonda amperimétrica à saída da bombagem da pressurizada)
- equipamento necessário para estações de monitorização automáticas:
 - 1/2 polegada fêmea
 - Redutor de pressão para 0.5 bar (5 m.c.a.)
 - Manómetro
 - 230 V energia disponível
 - picagem na rede
 - instalação mural do equipamento a uma reduzida distância da picagem

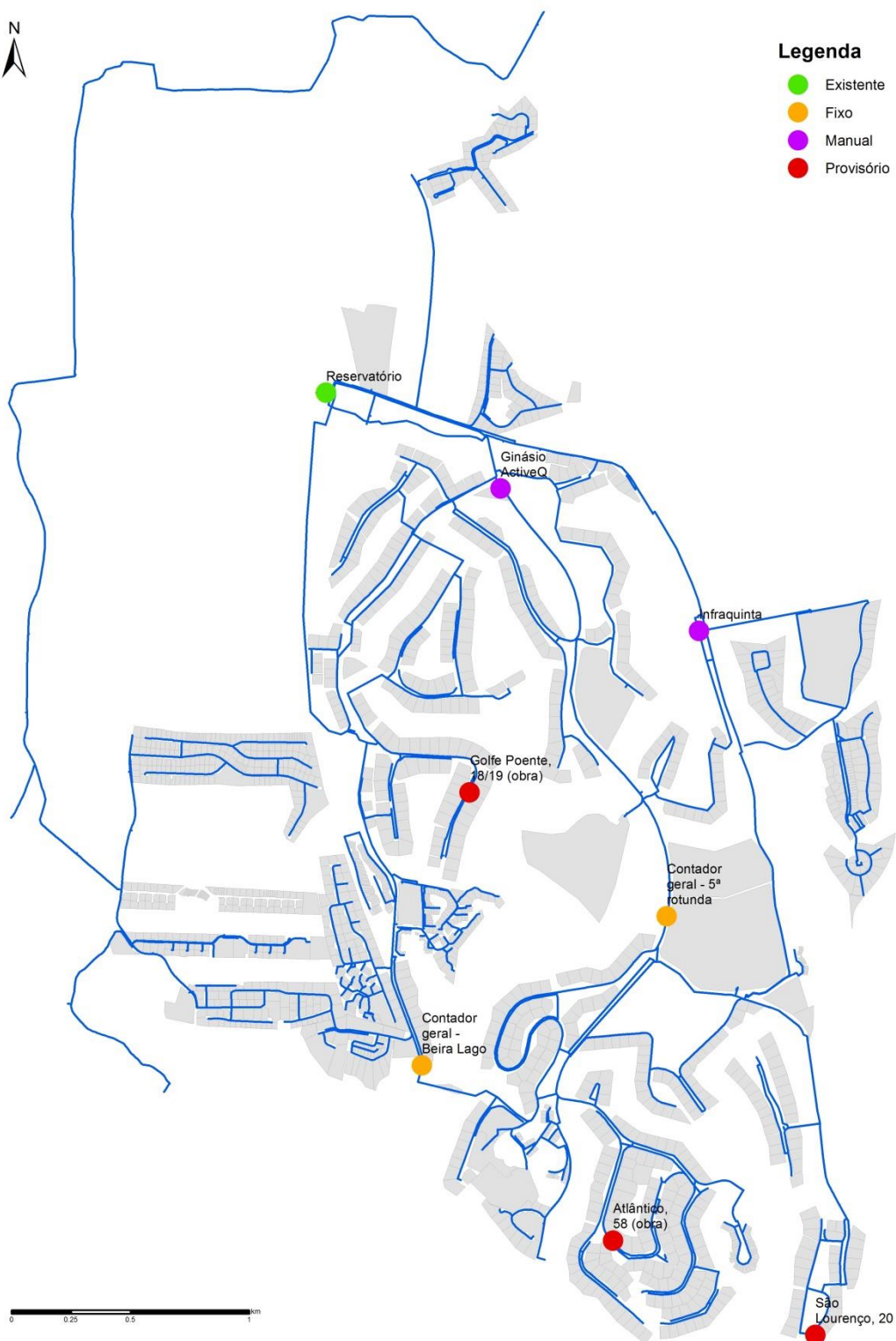
3.1 Localização das estações de monitorização

Na figura são indicadas as várias estações de monitorização: "E" designa à sonda amperimétrica existente no reservatório principal; "F" designa as estações de monitorização a integrar, no futuro, no sistema de telegestão; "P" designa as estações de monitorização a construir e que serão, no futuro, integradas no sistema de telegestão; "M" designa as estações de monitorização a construir de forma provisória, *i.e.*, unicamente para efeito do estudo; "M" designa as estações de monitorização não automáticas.



Legenda

- Existente
- Fixo
- Manual
- Provisório



4. Cronograma

4.1 Ensaio geral

Para confirmar a operacionalidade do sistema e expectáveis concentrações de traçador na rede de distribuição

A duração do ensaio geral deve ser tal que o pulso de injeção deve ser curto e limpar o sistema antes do início do evento real (2 a 5 minutos).

A informação obtida via equipamentos de monitorização online deve ser testada comparado com os valores de campo obtidos por kit manual para assegurar que não existem anomalias de registo da hora ou falhas no registo do "log" e que as leituras são comparáveis.

4.2 Realização do estudo

4 a 8 setembro

4.3 Equipa/ funções/contactos

- Amostragem de camp: (Marita + Tiago)
- Registos dos dados: Hanna + Tiago+ Marita
- Comunicações e notificações:
- inspeção:

Hanna: inspeção às estações automáticas de amostragem para assegurar que o equipamento está a operar de forma apropriada

Regina + Ana + Horácio

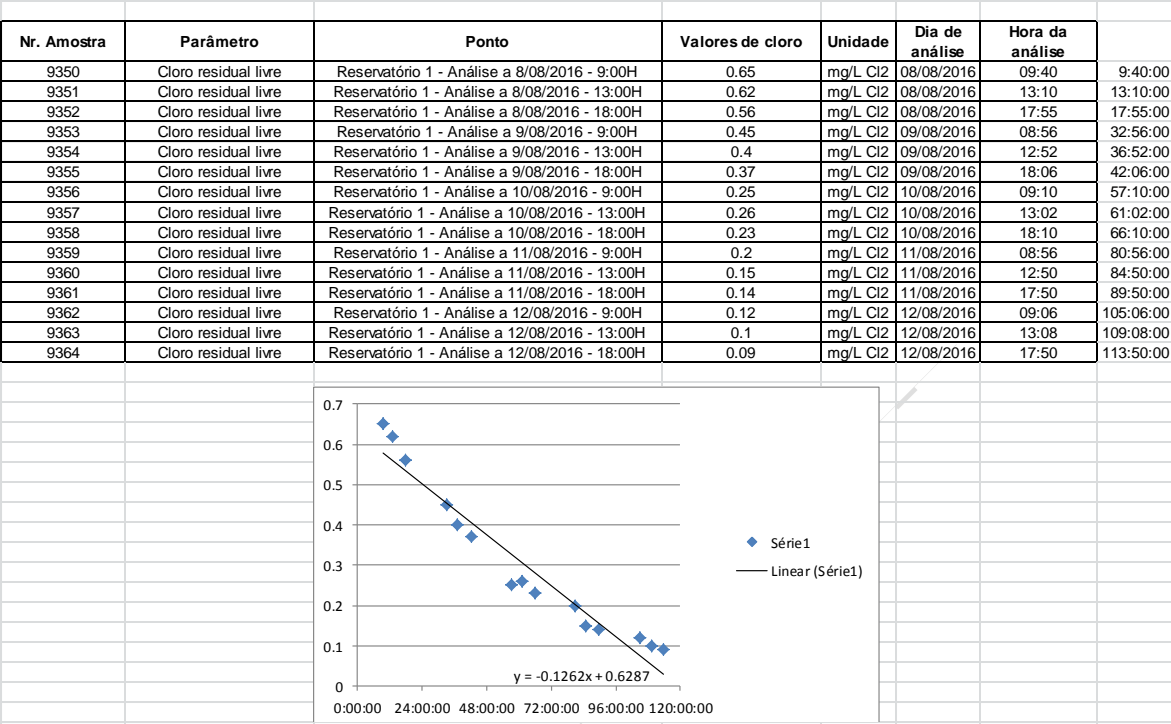
Folhas de registo de campo: Marita

5. Notificação a entidades Públicas

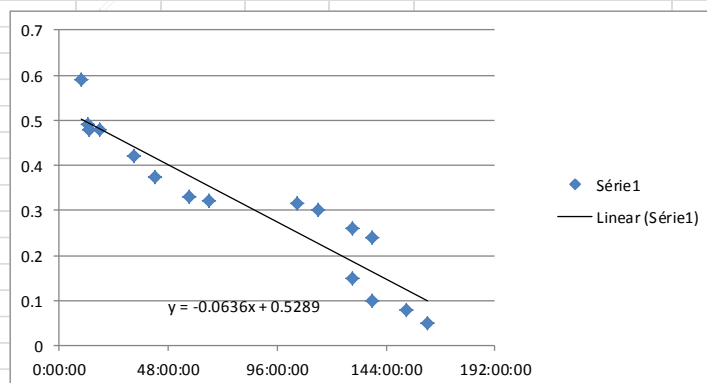
ERSAR – entidade reguladora do serviço de águas e resíduos

ARS - Delegado Saúde (Programa de Vigilância Sanitária da Água para Consumo humano)

ANEXO II – Dados de decaimento de cloro residual em laboratório

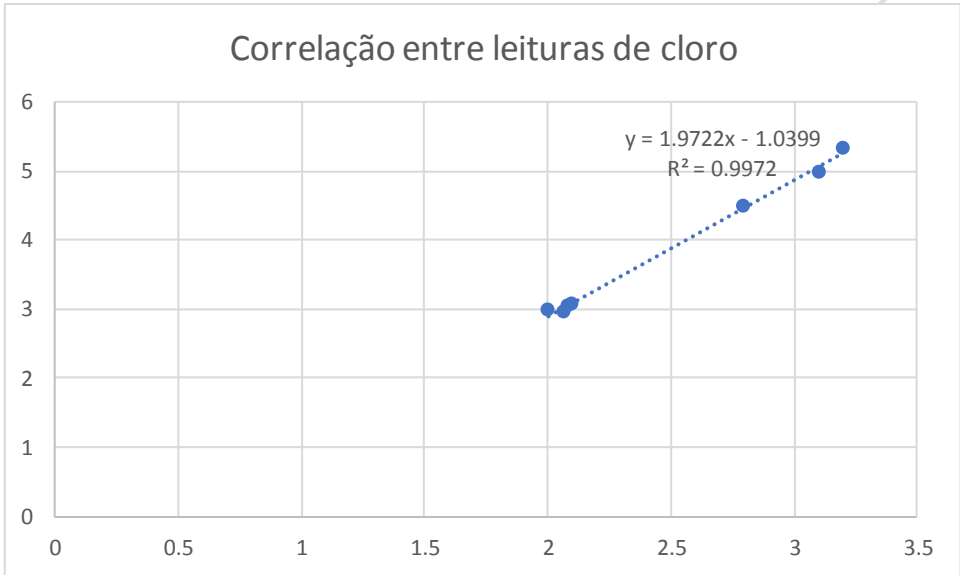


| Nr. Amostra | Parâmetro | Resultado | Unidade | Data Colheita | Temperatura (°C) | Ponto | Hora de análise |
|-------------|----------------------|-----------|----------|---------------|------------------|--|-----------------|
| 1401 | Cloro residual livre | 0.59 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.1 | Reservatório - Dia 13/2/2017 - Hora da colheita (9:30H) | 9:30:00 |
| 1402 | Cloro residual livre | 0.49 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 12.3 | Reservatório - Dia 13/2/2017 - Hora de chegada ao laboratório (12:30H) | 12:30:00 |
| 1403 | Cloro residual livre | 0.48 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.2 | Reservatório - Dia 13/2/2017 - Análise 13:00H | 13:00:00 |
| 1404 | Cloro residual livre | 0.48 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.2 | Reservatório - Dia 13/2/2017 - Análise 13:00H | 13:00:00 |
| 1405 | Cloro residual livre | 0.48 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 12.7 | Reservatório - Dia 13/2/2017 - Análise 18:00H | 18:00:00 |
| 1406 | Cloro residual livre | 0.42 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.4 | Reservatório - Dia 14/2/2017 - Análise 9:00H | 33:00:00 |
| 1407 | Cloro residual livre | 0.375 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.2 | Reservatório - Dia 14/2/2017 - Análise 18:00H | 42:00:00 |
| 1408 | Cloro residual livre | 0.33 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.1 | Reservatório - Dia 15/2/2017 - Análise 9:00H | 57:00:00 |
| 1409 | Cloro residual livre | 0.32 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.2 | Reservatório - Dia 15/2/2017 - Análise 18:00H | 66:00:00 |
| 1410 | Cloro residual livre | 0.315 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.3 | Reservatório - Dia 16/2/2017 - Análise 9:00H | 105:00:00 |
| 1411 | Cloro residual livre | 0.3 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13 | Reservatório - Dia 16/2/2017 - Análise 18:00H | 114:00:00 |
| 1412 | Cloro residual livre | 0.26 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.1 | Reservatório - Dia 17/2/2017 - Análise 9:00H | 129:00:00 |
| 1413 | Cloro residual livre | 0.24 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 12.8 | Reservatório - Dia 17/2/2017 - Análise 18:00H | 138:00:00 |
| 1822 | Cloro residual livre | 0.15 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13 | Reservatório - Dia 20/2/2017 - Análise 9:00H | 129:00:00 |
| 1823 | Cloro residual livre | 0.1 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 13.1 | Reservatório - Dia 20/2/2017 - Análise 18:00H | 138:00:00 |
| 1824 | Cloro residual livre | 0.08 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 12.9 | Reservatório - Dia 21/2/2017 - Análise 9:00H | 153:00:00 |
| 1825 | Cloro residual livre | 0.05 | mg/L Cl2 | 13/02/2017 | 12.8 | Reservatório - Dia 21/2/2017 - Análise 18:00H | 162:00:00 |



ANEXO III – Correlação entre valores de cloro residual obtidos pela sonda e os correspondentes valores obtidos via fotômetro

| Sonda | Fotômetro |
|-------|-----------|
| 2 | 2.98 |
| 2.08 | 3.05 |
| 2.1 | 3.08 |
| 2.06 | 2.97 |
| 2.79 | 4.5 |
| 3.1 | 5 |
| 3.2 | 5.32 |



ANEXO IV



Figura iv.1 - Empreitada de reabilitação de infraestruturas de AA na Avenida Ayrton Senna, na Quinta do Lago (Gravítica)

ANEXO V



Figura v.1 - Empreitada de reabilitação de infraestruturas de abastecimento de água nas ruas Mondego, Cávado e Ave

ANEXO VI



Figura vi.1 - Empreitada de reabilitação das infraestruturas de AA nas ruas Arade, Mira e Álamo

ANEXO VII



Figura vii - Empreitada de reabilitação das infraestruturas de AA entre o reservatório de água da Quinta do Lago e a Av. da Gondra

ANEXO VIII



Figura viii.1 - Empreitada de construção de 2ª ligação ao loteamento Pinheiros Altos

ANEXO IX

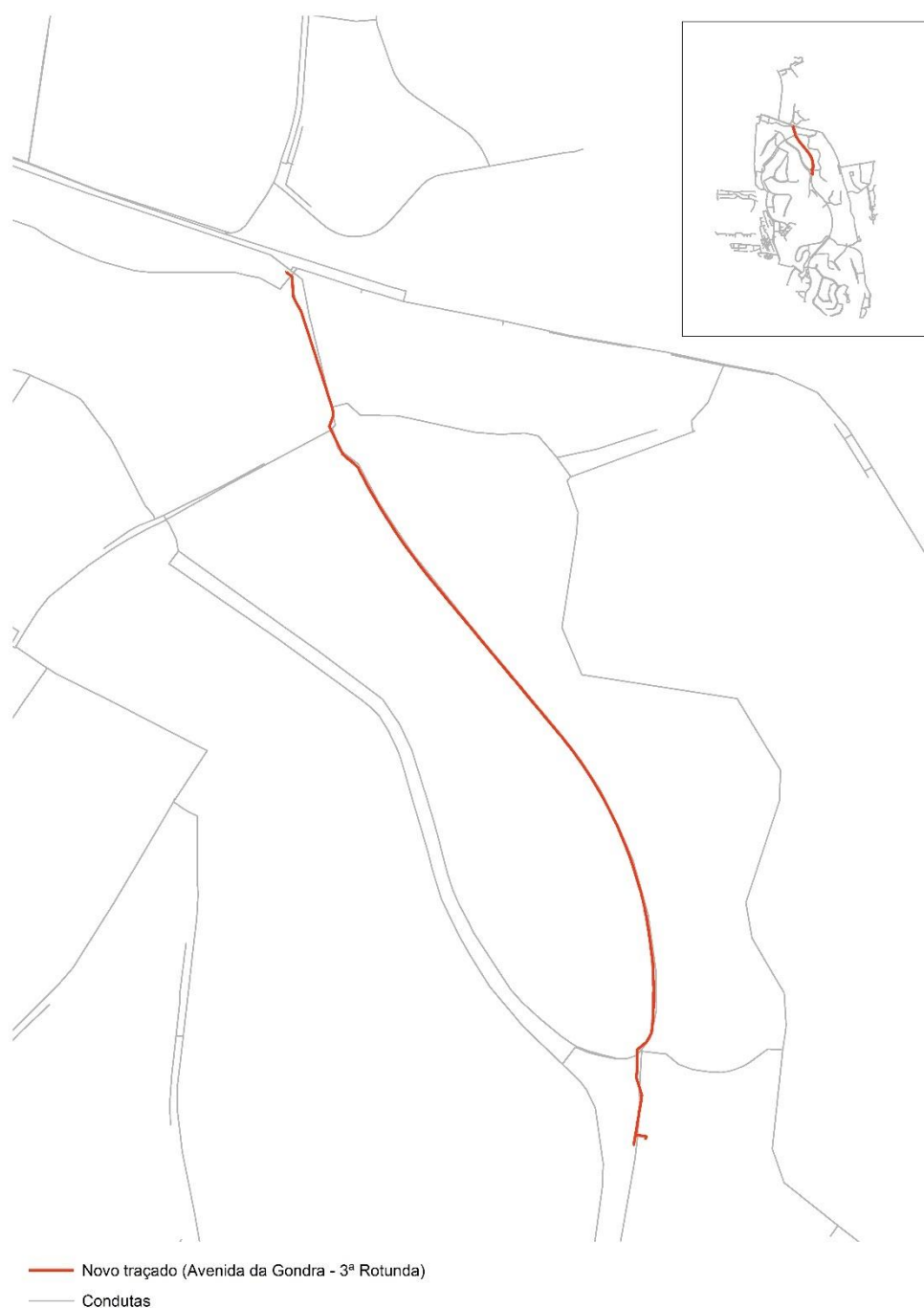


Figura ix - Empreitada de reabilitação das infraestruturas de AA entre a Av. da Gondra e a 3ª Rotunda da Av. André Jordan