

# Otimização da etapa de tratamento terciário da ETAR de Gaia Litoral

Jorge Paulo Esteves Figueiras

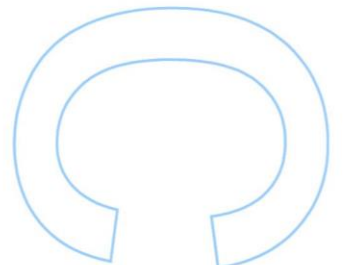
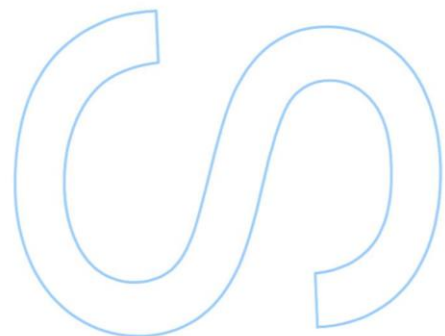
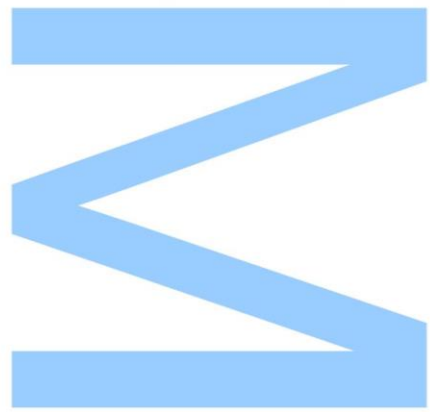
Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água  
Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto  
2019/2020

## **Orientadora**

Maria da Natividade Vieira, Professora Associada, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

## **Coorientador**

João Ramos, Engenheiro Químico, SIMDOURO



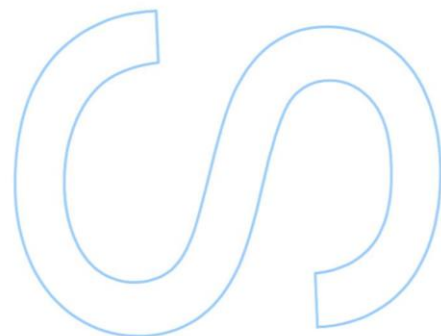
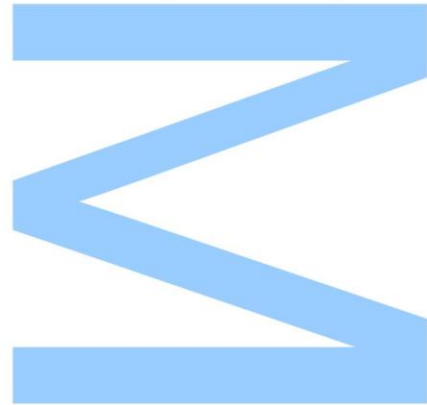


Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, 14 / 01 / 2021

*Luís Filipe Pereira de Sá*



# Agradecimentos

Quero começar por agradecer, acima de tudo, à minha família, especialmente aos meus pais. São a força toda do motor por detrás da pessoa na qual me tornei atualmente e sem os quais não teria conseguido atingir os meus níveis. Agradeço pela ajuda monetária obviamente, mas exponencialmente mais pela ajuda moral e por terem aguentado todos os meus momentos menos bons durante este percurso.

Agradeço também à minha namorada, Raquel, por ter ouvido todos os meus desabafos, dos mais ridículos e picuinhas aos mais sérios e sentimentais, por me ter convidado a sair de casa de maneira a relaxar um pouco, por me ter recebido sempre com a sua maneira amável em sua casa.

Agradeço ao meu pequeno companheiro de casa, Caril, por me lembrar de brincar com ele sempre que o stress do trabalho aumentava e pelas mordidelas de castigo para me concentrar.

Agradeço a todos os meus amigos mais próximos que ganhei durante os meus anos na FCUP. São o melhor grupo de pessoas que podia pedir nesta jornada, sempre incansáveis a apoiarmos todos de maneira a darmos os nossos melhores.

Agradeço aos meus colegas mais recentes do Mestrado. Por sorte, tiveram de me aturar apenas durante um ano letivo de aulas. Mesmo que tenha sido pouco tempo, fico com boas memórias. Obrigado pela camaradagem e pelos risos.

Por fim, quero agradecer a todo o pessoal docente com quem me encontrei durante este tempo. À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria da Natividade por me orientar com experiência e sabedoria, ao Eng.<sup>o</sup> João Ramos e à Eng.<sup>a</sup> Ermelinda Barreiro por serem os meus principais apoios no local e despendermem da sua enorme paciência durante tanto tempo, à Eng.<sup>a</sup> Iolanda Queiroz e à Eng.<sup>a</sup> Fátima Meireles pelas dicas extra no laboratório, ao Sr. Néilson pelas opiniões sobre futebol, aos outros estagiários deste ano letivo na ETAR pela companhia e a todo o *staff* da ETAR em geral, por me terem acolhido de uma forma descontraída, inclusiva e, acima de tudo, profissional. Muito obrigado a todos.

Ao Geraldo e à Júlia.

# Resumo

O aumento da população humana nas últimas décadas tem vindo a causar a deterioração progressiva da água contribuindo para a escassez de água potável. Como tal, é de extrema importância a otimização de métodos de tratamento de águas residuais que permitam não só a sua descarga sem impactes ambientais relevantes como a sua reutilização em atividades que não necessitam de água potável. Assim, o principal objetivo do presente estágio na ETAR Gaia Litoral foi proceder a uma otimização do tratamento terciário existente e a avaliação do potencial de reutilização em função do seu uso final. Na primeira fase de otimização, foram feitos Jar Test à escala piloto e real de maneira a determinar a melhor dose de coagulante a ser introduzido nos filtros de areia. O sulfato de alumínio foi o coagulante mais viável dado que a sua aplicação possibilitou um efluente com melhores resultados em SST, taxa de remoção de SST, turvação, transmitância e CQO para uma gama de tratamento entre 80,0 e 115,0 mg/L. Na segunda fase, foram testados filtros microtamisadores, também à escala piloto e real, de maneira a avaliar técnico-economicamente a sua necessidade de emprego após a filtração de areia na ETAR. Após a análise dos resultados, nos quais a eficácia dos filtros microtamisadores esteve abaixo do esperado, concluiu-se que seria uma etapa a evitar. Por fim, na terceira fase, fizeram-se ensaios de desinfecção com dois desinfetantes de maneira a avaliar a sua eficácia na remoção de microrganismos. Foi concluído que o hipoclorito de sódio foi o melhor desinfetante numa dose entre 1,0 e 5,0 mg/L. Tendo em conta todos os resultados, a ETAR Gaia Litoral beneficiaria da inclusão de uma etapa de coagulação/floculação nos filtros de areia e de desinfecção química após a radiação ultravioleta, apesar de ainda haver progressos a ser feitos nas outras etapas de tratamento e da recomendação de estudos futuros.

## Palavras-chave

Meio ambiente, tratamento de águas residuais, análises laboratoriais, coagulação/floculação, decantação, filtração, desinfecção.

# Abstract

The increase in human population in recent decades has caused a progressive deterioration of water quality contributing to the scarcity of drinking water. Therefore, it is of utmost importance to optimize wastewater treatment methods that allow not only its discharge without relevant environmental impacts but also its reuse in activities that do not require drinking water. Thus, the main objective of this internship at the Gaia Litoral Wastewater Treatment Plant was to optimise the existing tertiary treatment and evaluate the potential for reuse according to its final use. In the first phase of optimisation, pilot and real scale Jar Test were made to determine the best coagulant dose to be introduced in the sand filters. Aluminium sulphate was the most viable compound as its application enabled an effluent with better results in TSS, TSS removal rate, turbidity, transmittance and COD for a treatment range between 80.0 and 115.0 mg/L. In the second phase, microsieve filters were tested, also on a pilot and real scale, to evaluate their technical and economical need for use after sand filtration at the WWTP. After the analysis of the results, in which the effectiveness of the microsieve filters was below expectations, it was concluded that this was an avoidable step. Finally, in the third stage, disinfection tests were performed with two compounds to evaluate their effectiveness in removing microorganisms. It was concluded that sodium hypochlorite was the best disinfectant in a dose between 1.0 and 5.0 mg/L. Considering all the results, the Gaia Litoral WWTP would benefit from the inclusion of a coagulation/flocculation step in sand filters and chemical disinfection after ultraviolet radiation, although progress is still to be made in the other treatment steps and future studies are recommended.

## Keywords

Environment, wastewater treatment, laboratory analyses, coagulation/flocculation, decantation, filtration, disinfection.

# Índice

|                                                                                                                  |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Agradecimentos.....                                                                                              | iii  |
| Resumo .....                                                                                                     | v    |
| Palavras-chave .....                                                                                             | v    |
| Abstract .....                                                                                                   | vi   |
| Keywords.....                                                                                                    | vi   |
| Lista de figuras .....                                                                                           | ix   |
| Lista de tabelas.....                                                                                            | xii  |
| Lista de equações.....                                                                                           | xiii |
| Lista de abreviaturas.....                                                                                       | xiii |
| 1. Introdução.....                                                                                               | 1    |
| 1.1. Enquadramento do estágio.....                                                                               | 1    |
| 1.2. Instituições .....                                                                                          | 1    |
| 1.3. Tratamento de água residuais .....                                                                          | 2    |
| 1.3.1. ETAR de Gaia Litoral.....                                                                                 | 4    |
| 1.3.2. Tratamento terciário da ETAR Gaia Litoral .....                                                           | 6    |
| 1.3.3. Processo de coagulação/floculação.....                                                                    | 7    |
| 1.3.4. Filtração com filtros microtamisadores.....                                                               | 10   |
| 1.3.5. Desinfeção química .....                                                                                  | 10   |
| 1.4. Objetivos propostos .....                                                                                   | 11   |
| 2. Materiais e métodos .....                                                                                     | 12   |
| 2.1. Aprendizagem das técnicas laboratoriais para realização de análises físico-químicas necessárias.....        | 12   |
| 2.1.1. Determinação analítica de pH pelo método potenciométrico .....                                            | 13   |
| 2.1.2. Determinação analítica de condutividade .....                                                             | 13   |
| 2.1.4. Determinação de Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis (SV), Matéria Seca (MS) e Matéria Volátil (MV)..... | 16   |
| 2.1.5. Determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO <sub>5</sub> ).....                                  | 17   |
| 2.1.6. Determinação de Carência Química de Oxigénio (CQO).....                                                   | 19   |
| 2.1.7. Determinação de Azoto Total .....                                                                         | 20   |
| 2.1.8. Determinação de Fósforo Total.....                                                                        | 21   |
| 2.1.9. Determinação de Amónio .....                                                                              | 21   |
| 2.1.10. Determinação de Nitratos.....                                                                            | 22   |
| 2.1.11. Determinação de Turvação .....                                                                           | 22   |
| 2.1.12. Determinação de Transmittância.....                                                                      | 23   |

|         |                                                                                       |    |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.13. | Observação de microfauna .....                                                        | 24 |
| 2.2.    | Otimização da etapa de tratamento terciário da ETAR Gaia Litoral .....                | 25 |
| 2.2.1.  | Ensaio <i>Jar Test</i> com coagulantes e/ou floculantes.....                          | 25 |
| 2.2.2.  | Ensaio laboratoriais com filtros de microtamizador .....                              | 27 |
| 2.2.3.  | Avaliação de eficácia de etapa de desinfecção química após tratamento terciário ..... | 28 |
| 3.      | Resultados.....                                                                       | 30 |
| 3.1.    | Ensaio <i>Jar Test</i> com coagulantes e/ou floculantes.....                          | 30 |
| 3.1.1.  | Taxa de remoção de SST .....                                                          | 31 |
| 3.1.2.  | Teor de SST .....                                                                     | 32 |
| 3.1.3.  | Turvação .....                                                                        | 33 |
| 3.1.4.  | Transmitância .....                                                                   | 34 |
| 3.1.5.  | CQO .....                                                                             | 35 |
| 3.1.6.  | Determinação de CQO solúvel .....                                                     | 36 |
| 3.1.7.  | Determinação de Ferro.....                                                            | 37 |
| 3.1.8.  | Ensaio à escala real.....                                                             | 38 |
| 3.1.9.  | Análise de Amónio e Nitratos.....                                                     | 46 |
| 3.2.    | Ensaio laboratoriais com filtros de microtamizador .....                              | 47 |
| 3.2.1.  | Ensaio à escala piloto .....                                                          | 47 |
| 3.2.2.  | Ensaio à escala real.....                                                             | 47 |
| 3.3.    | Avaliação de eficácia de etapa de desinfecção química após tratamento terciário ..... | 48 |
| 3.3.1.  | Determinação de cloro livre e total e dosagem ótima de hipoclorito de sódio .....     | 48 |
| 3.3.2.  | Quantificação microbiológica .....                                                    | 50 |
| 4.      | Discussão.....                                                                        | 54 |
| 4.1.    | <i>Jar Test</i> com coagulantes e/ou floculantes .....                                | 54 |
| 4.2.    | Ensaio laboratoriais com filtros de microtamizador .....                              | 56 |
| 4.3.    | Avaliação de eficácia de etapa de desinfecção química após tratamento terciário ..... | 57 |
| 5.      | Conclusões.....                                                                       | 58 |
| 6.      | Referências .....                                                                     | 59 |
|         | Anexo I .....                                                                         | 64 |
|         | Anexo II .....                                                                        | 71 |
|         | Anexo III .....                                                                       | 72 |



## Lista de figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Esquema representativo das fases de tratamento de água residual da ETAR de Gaia Litoral, evidenciando vários processos inerentes.....                                                                                                                                                                                            | 5  |
| Figura 2 - Tratamento terciário da ETAR Gaia Litoral. A) Filtros de areia; B) Canal de radiação ultravioleta; C) Vista geral do edifício de tratamento terciário. ....                                                                                                                                                                      | 7  |
| Figura 3 - Esquema da coagulação. A) Presença de coloides na água a tratar; B) Adição de coagulante catiónico de maneira a neutralizar as cargas à superfície das partículas; C) Neutralização de cargas favorece aglomeração dos coloides, originando flocos.....                                                                          | 8  |
| Figura 4 - Esquema simplificado da floculação. A) Coloides aglomerados têm carga positiva à superfície. Utilização de floculante aniónico de maneira a neutralizar as cargas; B) Processo de bridging, no qual o floculante cria pontes entre os pequenos flocos, originando flocos de maior dimensão, facilitando a sua precipitação. .... | 9  |
| Figura 5 - Amostras diárias para análise na ETAR Gaia Litoral. A) Recolhidas de vários pontos da própria ETAR; B) Recolhas de outras ETAR pertencentes ao grupo SIMDOURO.....                                                                                                                                                               | 12 |
| Figura 6 - Determinação analítica do pH de uma amostra de afluente pelo método potenciométrico. ....                                                                                                                                                                                                                                        | 13 |
| Figura 7 - Determinação analítica de condutividade de uma amostra composta de efluente.....                                                                                                                                                                                                                                                 | 14 |
| Figura 8 - Rampa de filtração usada na determinação de SST e SSV. ....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 15 |
| Figura 9 - Pesagem de cadinhos com peso seco para a determinação de ST, SV, %MS e %MV.....                                                                                                                                                                                                                                                  | 17 |
| Figura 10 - Frascos de CBO5 WTW OxiTop® antes de entrarem na estufa. ....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 18 |
| Figura 11 - <i>Kits</i> e equipamento necessário para a determinação da CQO nas amostras de efluente da ETAR Gaia Litoral.....                                                                                                                                                                                                              | 20 |
| Figura 12 - Preparação de cuvetes de reação dos kits de Azoto Total, Fósforo Total e Nitratos. ....                                                                                                                                                                                                                                         | 22 |
| Figura 13 - Medição de turvação usando o turbidímetro portátil Hach 2100Q IS.....                                                                                                                                                                                                                                                           | 23 |
| Figura 14 - Medição da transmitância usando o espectrofotómetro Merck Spectroquant® Prove 600. ....                                                                                                                                                                                                                                         | 24 |
| Figura 15 - Fotografia de ampliação 10x (AN = 0,25) de microscopia de contraste de fase, na qual se podem observar alguma microfauna presente nos reatores biológicos da ETAR Gaia Litoral. ....                                                                                                                                            | 25 |

|                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 16 - Ensaio Jar Test finalizado de cloreto de ferro (III) com amostras de água sobrenadante em gobelés, antes das análises laboratoriais. Pode-se observar os flocos formados decantados em cada jarro. ....                                    | 27 |
| Figura 17 - Ensaios de filtração com filtros microtamisadores à escala piloto. ....                                                                                                                                                                    | 28 |
| Figura 18 - Amostras de água saída dos filtros de areia tratadas com hipoclorito de sódio, prontas a enviar para o IAREN. ....                                                                                                                         | 29 |
| Figura 19 - Taxa de remoção de sólidos suspensos totais (SST) (%) obtida após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10. .... | 31 |
| Figura 20 - Valores de sólidos suspensos totais (SST) (mg/L) obtidos após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10. ....     | 32 |
| Figura 21 - Valores de turvação (NTU) obtidos após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10. ....                            | 33 |
| Figura 22 - Percentagem de transmitância (%) obtida após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10. ....                      | 34 |
| Figura 23 - Valores de CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) obtidos após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10. ....                | 35 |
| Figura 24 - Cuvetes de reação do kit Merck Spectroquant® Iron Test 0.0025-5.00 mg/L Fe para a determinação de ferro na água sobrenadante dos ensaios com cloreto de ferro (III). ....                                                                  | 38 |
| Figura 25 - Representação gráfica da taxa de remoção de SST por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 24 horas de dia 7 de julho de 2020. ....                                                                  | 38 |
| Figura 26 - Representação gráfica dos valores de turvação por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 24 horas de dia 7 de julho de 2020. ....                                                                    | 39 |
| Figura 27 - Representação gráfica dos valores de transmitância por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 24 horas de dia 7 de julho de 2020. ....                                                               | 40 |
| Figura 28 - Representação gráfica da taxa de remoção de SST por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 12 horas de dia 9 de julho de 2020. ....                                                                  | 40 |

Figura 29 - Representação gráfica dos valores de turvação por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 12 horas de dia 9 de julho de 2020. .... 41

Figura 30 - Representação gráfica dos valores de transmitância por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 12 horas de dia 9 de julho de 2020. .... 42

Figura 31 - Representação gráfica da taxa de remoção de SST por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 6 horas de dia 17 de julho de 2020. .... 42

Figura 32 - Representação gráfica dos valores de turvação por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 6 horas de dia 17 de julho de 2020. .... 43

Figura 33 - Representação gráfica dos valores de transmitância por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 6 horas de dia 17 de julho de 2020. .... 44

Figura 34 - Representação gráfica da taxa de remoção de SST por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 7 horas de dia 22 de setembro de 2020. .... 44

Figura 35 - Representação gráfica dos valores de turvação por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 7 horas de dia 22 de setembro de 2020. .... 45

Figura 36 - Representação gráfica dos valores de transmitância por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 7 horas de dia 22 de setembro de 2020. .... 46

Figura 37 - Resultados da determinação de cloro livre para a dosagem ótima de NaClO.  
 ● - Água saída dos filtros de areia de 14/07/20; ▲ - Água saída dos filtros de areia de 15/07/20; ■ - Água saída dos filtros de areia de 16/07/20. .... 49

Figura 38 - Resultados da determinação de cloro total para a dosagem ótima de NaClO.  
 ● - Água saída dos filtros de areia de 14/07/20; ▲ - Água saída dos filtros de areia de 15/07/20; ■ - Água saída dos filtros de areia de 16/07/20. .... 50

Figura 39 - Resultados da inativação microbiológica em termos logarítmicos usando várias doses de NaClO. .... 51

Figura 40 - Resultados da inativação microbiológica em termos logarítmicos usando várias doses de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. .... 52

Figura 41 - Resultados da inativação microbiológica em termos de taxa de remoção usando várias doses de NaClO. .... 53

Figura 42 - Resultados da inativação microbiológica em termos de taxa de remoção usando várias doses de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. ..... 54

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Guia de determinação do volume de amostra, fator de diluição e do número de gotas de solução de inibidor a serem utilizados com base no intervalo de CBO<sub>5</sub> previsto. .... 19

Tabela 2 - Lista de microfauna que se deve procurar nas amostras dos reatores biológicos da ETAR Gaia Litoral. .... 24

Tabela 3 - Valores médios e respetivo desvio padrão para as análises efetuadas ao efluente final e à água sobrenadante pipetada dos jarros. Também se encontram descritos os valores de referência de água de rega de Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019..... 30

Tabela 4 - Resultados da determinação de CQO solúvel para dose de tratamento de cada coagulante. .... 36

Tabela 5 - Resultados para a determinação de Ferro e comparação com o valor referenciado no Decreto-Lei n.º 119/2019..... 37

Tabela 6 - Resultados das análises de determinação de amónia e nitratos em amostras de água filtrada durante o período de 4 a 11 de agosto de 2020 e comparação com o valor de referência na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019. .... 46

Tabela 7 - Resultados médios dos ensaios à escala piloto com filtros microtamisadores para o efluente, sobrenadante e água filtrada, comparados com os valores de referência na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019. .... 47

Tabela 8 - Resultados médios dos ensaios à escala real com filtros microtamisadores para o efluente, água saída dos filtros e água filtrada, comparados com os valores de referência do Decreto-Lei n.º 119/2019..... 48

Tabela 9 - Valores de turvação e transmitância da água amostrada na saída dos filtros de areia usada na determinação de cloro livre e total consoante o dia de amostragem. .... 48

Tabela 10 - Resultados das medições aos parâmetros físico-químicos da água saída dos filtros de areia consoante o dia de amostragem comparados aos valores referenciados na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019. .... 51

## Lista de equações

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Equação 1 - Fórmula para o cálculo de SST.....               | 15 |
| Equação 2 - Fórmula para o cálculo de SSV. ....              | 15 |
| Equação 3 - Fórmula para o cálculo de ST. ....               | 16 |
| Equação 4 - Fórmula para o cálculo de SV.....                | 17 |
| Equação 5 - Fórmula para o cálculo de %MS. ....              | 17 |
| Equação 6 - Fórmula para o cálculo de %MV. ....              | 17 |
| Equação 7 - Fórmula para o cálculo de CBO <sub>5</sub> ..... | 18 |

## Lista de abreviaturas

- AN** - Abertura Numérica
- CBO** - Carência Bioquímica de Oxigénio
- COD** - Chemical Oxygen Demand
- CQO** - Carência Química de Oxigénio
- ETAR** - Estação de Tratamento de Águas Residuais
- MS** - Matéria Seca
- MV** - Matéria Volátil
- SGPS** - Sociedade Gestora de Participações Sociais
- SST** - Sólidos Suspensos Totais
- SSV** - Sólidos Suspensos Voláteis
- ST** - Sólidos Totais
- SV** - Sólidos Voláteis
- TSS** - Total Suspended Solids
- WWTP** - Wastewater Treatment Plant

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento do estágio

O Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água oferece aos seus formandos competências para a resolução de problemas relacionados com os aspetos biológicos da água e dos seus usos, entre os quais se incluem processos relacionados com o tratamento de águas residuais, focando-se no aspeto da saúde pública e ambiental, como no do cumprimento da legislação.

O estágio, inicialmente começando a 1 de outubro de 2019 e finalizando a 1 de julho de 2020, estendeu-se até 31 de agosto de 2020 devido aos atrasos provocados pelas medidas de contenção criadas a pensar na pandemia de SARS-CoV-2. Nele, foram aplicados conhecimentos teórico-práticos adquiridos nas unidades curriculares de mestrado, nomeadamente em "Tratamento de Água e Águas Residuais". No decorrer da experiência, foi possível aprofundar as competências sobre cada ETAR, desenvolvendo um espírito crítico graças à observação in situ do trabalho desenvolvido, não só no laboratório, como nas várias secções que constituem a empresa, e da interpretação dos resultados do projeto desenvolvido durante o estágio.

## 1.2. Instituições

A empresa-mãe na qual o estágio foi inserido é a Águas de Portugal, SGPS, S.A, criada a 29 de setembro de 1993. Esta empresa desenvolve uma função estruturante no setor do ambiente em Portugal: as suas atividades contribuem para a gestão dos recursos disponíveis no país e para a concretização das políticas governamentais. Presta serviços a municípios que são acionistas das empresas gestoras dos sistemas multimunicipais (em "alta"), servindo diretamente a população através de sistemas municipais (em "baixa") de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, que constituem serviços de interesse económico geral, contribuindo para o bem-estar populacional, para o desenvolvimento económico e para a proteção do meio ambiente. Desenvolve capacidades ao nível do planeamento, gestão e operação de sistemas. É uma sociedade gestora de participações sociais que tem por missão conceber, construir, explorar e gerir Sistemas de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais num quadro de sustentabilidade económica, financeira, técnica, social e

ambiental, nomeadamente ao nível da utilização dos recursos naturais e preservação de água (Águas de Portugal, 2015).

No entanto, a primeira outorgante do estágio é a SIMDOURO, S.A.. A SIMDOURO é uma sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, com sede na ETAR Gaia Litoral, sita na Rua Alto dos Chaquedas, n.º 805, de código postal 4400-356, Vila Nova de Gaia, pessoa coletiva n.º 514 310 103, registada na Conservatória do Registo Comercial de Vila Nova de Gaia, com o capital social de 20 046 075.0 € (vinte milhões, quarenta e seis mil e setenta e cinco euros). Foi criada pelo Decreto-Lei n.º 16/2017 de 1 de fevereiro, por cisão da empresa Águas Norte, S.A., criada pelo Decreto-Lei n.º 93/2015 de 29 de maio. Foi atribuída pelo Estado Português a concessão da exploração e gestão do sistema multimunicipal de saneamento, que consubstancia um serviço público a exercer em regime exclusivo até ao ano de 2067 (SIMDOURO, 2017c).

A empresa tem como objetivo principal a recolha, tratamento e rejeição final das águas residuais urbanas, provenientes de cerca de 520 mil habitantes equivalentes, abrangendo uma área de 1300 km<sup>2</sup>, que corresponde à totalidade dos municípios de Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Paredes, Vila Nova de Gaia e a bacia do rio Sousa, em Penafiel. A empresa, de acordo com o Contrato de Concessão, é constituída pela Águas de Portugal, SGPS, S.A. e pelos municípios acima referidos, que detêm 58.52% e 41.48% do capital social, respetivamente. Tem como objetivo secundário a gestão do sistema de saneamento em “alta”, garantindo a eficiência, fiabilidade, qualidade do serviço e o respeito pelos valores sociais e ambientais mais elevados. Assume o compromisso de contribuir ativamente para o desenvolvimento sustentado dos serviços de saneamento de águas residuais e para a concretização das metas nacionais estabelecidas para o setor, coloca o seu empenho no cumprimento das obrigações e responsabilidades sociais para com os acionistas, clientes, colaboradores, concedente, fornecedores, comunidade e demais partes interessadas (SIMDOURO, 2017c).

### 1.3. Tratamento de água residuais

O crescimento da população humana, juntamente com a carência de infraestruturas, tais como saneamento ou tratamento de águas residuais, que existe principalmente nos países em desenvolvimento, combinados com alterações climáticas que levam a secas mais fortes e prolongadas, conduzindo a uma crescente deterioração das águas, sejam elas costeiras, subterrâneas ou superficiais. Para que esta deterioração seja atenuada, é preciso recorrer ao tratamento de águas residuais. Este tratamento consiste numa

sucessão de etapas que possibilita a sua descarga para o ambiente sem o comprometer ou a sua reutilização para diversas atividades tais como irrigação de campos ou lavagem de vias públicas (Spellman, 2003).

As águas residuais são misturas complexas de materiais orgânicos e inorgânicos naturais acrescidos de substâncias fabricadas pelo ser humano. Estas águas têm duas origens: através de descargas em coletores, especialmente de atividades humanas e escoamentos urbanos, podendo eventualmente aparecer águas pluviais e subterrâneas. As águas residuais podem ser classificadas em três categorias: domésticas, equivalentes ao esgoto do metabolismo e atividades domésticas, industriais, equivalentes ao metabolismo das indústrias, e municipais/urbanas, equivalentes à mistura de águas domésticas com industriais e/ou águas pluviais. Existem dois tipos de sistemas de drenagem de águas residuais: unitários, onde se faz a recolha de escoamentos de pavimento juntamente com esgotos domésticos e industriais, e separativos nas quais as escoamentos e esgotos vão diretamente para as linhas de água. Pode haver sérios problemas de poluição neste último devido a possíveis escoamentos tóxicos (Drinan & Spellman, 2012).

Estima-se que, nos países subdesenvolvidos, cerca de 90% das águas residuais sejam descarregadas sem qualquer tratamento (Corcoran *et al.*, 2010). Na América do Sul, apenas cerca de 15% da água de esgoto passa por ETAR (Samstag & Gharagozian, 1998). E na África subsariana, a maior parte do tratamento de águas residuais recorre a fossas sépticas, dificultando o avanço nas condições de saúde pública (Chowdhry & Koné, 2012). Na Europa, em 2017, cerca de 69% da população estava ligada a sistemas de tratamento de águas residuais com nível terciário (com destaque para os Países Baixos com 97%, a Áustria e Alemanha com 94%), e 13% com nível secundário (com destaque para a Eslováquia com 63%, Portugal com 47% e o Reino Unido com 43%). Apesar dos números animadores, existem ainda vários países cujo uma parte significativa da população não tinha acesso a sistemas de tratamento de águas residuais, como a Albânia (50%), Roménia (49%) e Croácia (45%). Alguns países coletam o esgoto, mas não o fazem passar por qualquer tratamento, como a Sérvia (48%), Bósnia e Herzegovina (40%) e Albânia (33%) (European Environment Agency, 2020).

Portugal tem vindo a fazer esforços significativos no que toca a ligar a população aos sistemas de tratamento. Em 1990, os dados mostram que cerca de 55% da população estava ligada a pelo menos um sistema de tratamento, porém cerca de 34% estava ligada a recolha sem tratamento. Em 27 anos, o panorama mudou e, em 2017, cerca de 92% da população estava ligada a sistemas de tratamento, diminuindo a recolha sem tratamento para 0,14% (European Environment Agency, 2020). Para tentar



melhorar ainda mais os progressos já feitos, foi criado o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020, ou PENSAAR 2020, onde se ainda colocam questões sobre a existência de coletores, do tratamento adequado ao meio recetor, à conformidade da legislação, entre outros (*Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020*, 2015).

### 1.3.1. ETAR de Gaia Litoral

A Estação de Tratamento de Águas Residuais de Gaia Litoral, também chamada de ETAR Gaia Litoral, é um local de tratamento biológico por lamas ativadas de afluentes domésticos e industriais que descarrega o seu efluente para o Oceano Atlântico. Foi construída entre 2001 e 2003, custando cerca de 24 milhões de euros, sendo inaugurada no dia 8 de julho de 2003 pelo Presidente da Câmara de Vila Nova de Gaia, Luís Filipe Menezes, e pelo Presidente da República Portuguesa, Jorge Sampaio. É, até este momento, a terceira maior ETAR de Portugal. Existem vários departamentos anexados à ETAR, nos quais se destaca o departamento de Exploração, onde se efetuam as análises diárias aos vários componentes da ETAR de maneira a manter as descargas dentro dos valores legislados (SIMDOURO, 2017a).

A água bruta entra na ETAR e é levada para o pré-tratamento que consiste numa gradagem, de maneira a remover sólidos de dimensões consideráveis, como, por exemplo, ramos de árvores, pensos higiénicos ou fragmentos de plástico, que possam estar presentes no afluente. Os gradados são posteriormente armazenados e recolhidos por uma empresa licenciada para tal. O afluente segue depois para o tratamento primário, constituído pelo Sedipac™ 3D, onde se removem vários compostos em diferentes fases: as areias por desarenamento (através de difusão de ar comprimido), gorduras por desengorduramento (através de flotação) e sólidos de pequenas dimensões por decantação lamelar acelerada. As areias e gorduras são também armazenadas e recolhidas por uma empresa licenciada para tal. Deste tratamento resultam também as lamas primárias, produto da matéria suspensa decantada, que são conduzidas para o espessador. O afluente segue o seu percurso para o tratamento secundário, composto por tratamento biológico e posterior decantação secundária. Neste tratamento, diversos microrganismos presentes nos reatores biológicos decompõem a matéria orgânica e outros compostos orgânicos e/ou inorgânicos ainda presentes na água bruta. Eliminam assim poluições coloidais, carbonáceas, azotadas e provenientes de fósforo. Existem 4 reatores biológicos projetados para funcionamento normal em média carga embora a ETAR tenha previsto um *bypass* ao tratamento primário para funcionamento em arejamento prolongado. A biomassa que cresce em

excesso é retirada como lama biológica para o flotador. Na decantação secundária, dois eventos são realizados: a concentração de células adequada para a realização dos processos biológicos é mantida e a clarificação da água tratada é assegurada. A maior parte da lama biológica é recirculada para os reatores para manter uma concentração de biomassa adequada no tratamento biológico. A água tratada final, também designada de efluente final, é descarregada num exutor a 30 metros de profundidade e 2 quilómetros de distância da zona costeira de Madalena. A ETAR trata neste momento cerca de 34 000 m<sup>3</sup>/dia. O tratamento terciário tem capacidade para tratar 200 m<sup>3</sup>/hora mas apenas é utilizado internamente na ETAR uma parte ínfima dessa capacidade. Entretanto, as lamas primárias concentradas no espessador e lamas biológicas concentradas no flotador são misturadas num tanque de lama mista antes de alimentarem a etapa de digestão anaeróbia. Da etapa de digestão anaeróbia resultam lamas digeridas que são desidratadas mecanicamente antes de serem enviadas para compostagem e biogás que é produzido através da eliminação de matéria volátil no digestor. Este biogás serve de combustível para um cogenerador que produz eletricidade para consumo interno. Este processo permite atualmente atingir uma autossuficiência de 70 % de consumo de energia na ETAR. (SIMDOURO, 2017a). A Figura 1 representa o trajeto do efluente na ETAR Gaia Litoral.

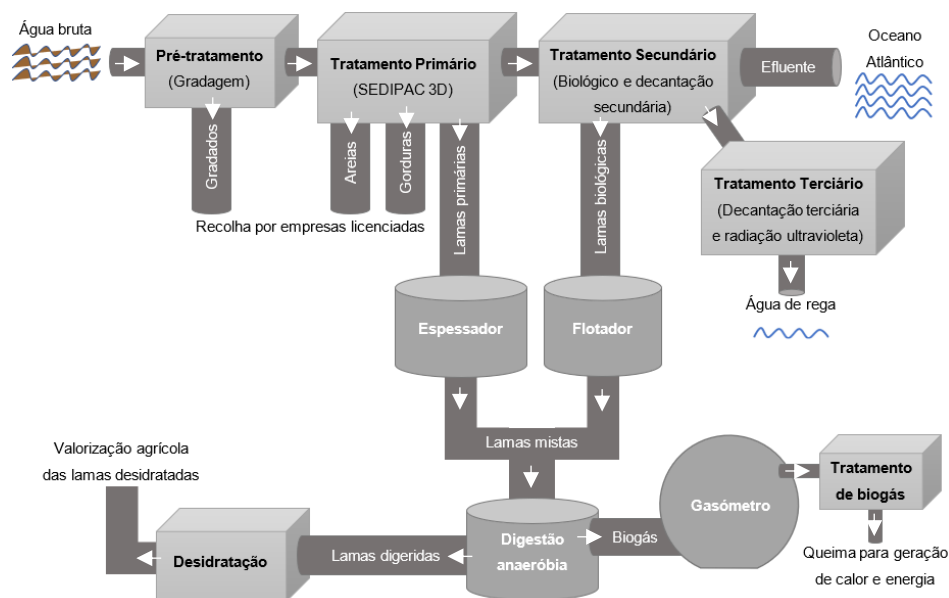


Figura 1 - Esquema representativo das fases de tratamento de água residual da ETAR de Gaia Litoral, evidenciando vários processos inerentes.

### 1.3.2. Tratamento terciário da ETAR Gaia Litoral

O tratamento terciário presente na ETAR de Gaia Litoral permite elevar a qualidade de 200 m<sup>3</sup>/hora de efluente final que sai do tratamento secundário. É composto por duas fases distintas: filtração por areia (Figura 2A) e radiação com raios ultravioleta (Figura 2B).

Quando é necessário encher a cisterna de água para reutilização, é possível colocar um ou dois filtros de areia em funcionamento com 100 m<sup>3</sup>/hora de capacidade unitária. A filtração por areia vertical elimina sólidos suspensos no efluente após o tratamento biológico, dando mais garantias que a água terá menor teor de sólidos e turvação, dois dos parâmetros mais importantes. A lavagem dos filtros é efetuada em 3 etapas: lavagem com ar para desagregar as partículas seguida lavagem combinada com ar/água e, por fim, lavagem com água para remoção das partículas sólidas retidas.

A radiação com raios ultravioleta é utilizada para remover, em quase toda a totalidade, os microrganismos que estejam presentes nesta fase na água bruta. A radiação é feita com comprimento de onda de 253,7 nm, pois é neste que a cadeia de DNA dos microrganismos é atingida, impossibilitando a sua reprodução. As lâmpadas são Trojan UV 3000 com disposição horizontal, do tipo aberto, com arco de mercúrio de baixa pressão. A eficácia deste tratamento depende de vários fatores: do estado das lâmpadas (sujidade/envelhecimento), da taxa de caudal (quanto maior for o caudal, menor será o tempo de permanência no reator, logo também será menor a qualidade da água), da transmitância (quanto mais elevada for a transmitância da água a tratar mais eficaz é o tratamento por radiação UV) e do desenho do reator onde ocorre esta operação. Após esta fase de tratamento, a água é armazenada numa cisterna para depois ser utilizada na lavagem das vias de transporte e viaturas.



Figura 2 - Tratamento terciário da ETAR Gaia Litoral. A) Filtros de areia; B) Canal de radiação ultravioleta; C) Vista geral do edifício de tratamento terciário.

### 1.3.3. Processo de coagulação/floculação

Grande parte da matéria suspensa em águas brutas é representada por partículas finas e dispersas, na sua maioria coloides. Estes são partículas muito estáveis em sistemas aquosos de tamanho inferior a 1,0 milímetros e, devido a isso, não se removem facilmente através de operações físicas realizadas na ETAR Gaia Litoral. Estão presentes em praticamente todas as águas brutas e são as principais causadoras de cheiro, cor, sabor e turvação. Podem ter diferentes origens: minerais (argilas, limo, sílica), orgânicas (ácidos húmicos e fúlvicos resultantes da decomposição de matéria vegetal e animal) e biológicas (microrganismos como bactérias, microalgas, vírus) (SNF SNF Floerger, 2017).

A coagulação implica a remoção de coloides e é a primeira fase de destabilização. Através deste processo há uma neutralização e redução de cargas elétricas promovendo a aglomeração de partículas. A coagulação desencadeia-se após a adição de reagentes químicos coagulantes à água bruta. São estes coagulantes que tornam as partículas dispersas em flocos que podem depois ser removidos por processos físicos como a decantação, filtração ou flotação (SNF SNF Floerger, 2017). A estabilidade ou instabilidade das partículas em suspensões aquosas depende de várias forças atrativas e/ou repulsivas, tais como, por exemplo, a força atrativa de Van der Waals ou as forças repulsivas eletrostáticas. A carga catiónica fornecida pelos coagulantes é mais importante do que o peso molecular no que toca a este processo químico, pois ajuda a neutralizar as cargas à superfície dos coloides. Aliás, o peso molecular dos coagulantes

deve ser pequeno para assegurar uma boa difusão das cargas catiónicas em torno das partículas coloidais. Durante o processo de coagulação, os reagentes coagulantes colidem com os coloides, originando massas esponjosas denominadas de flocos, como se pode observar na Figura 3. Estes, por sua vez, absorvem partículas minerais, orgânicas e microrganismos. O peso resultante deste aumento de matéria faz com que os flocos sedimentem com maior facilidade (SNF SNF Floerger, 2017).

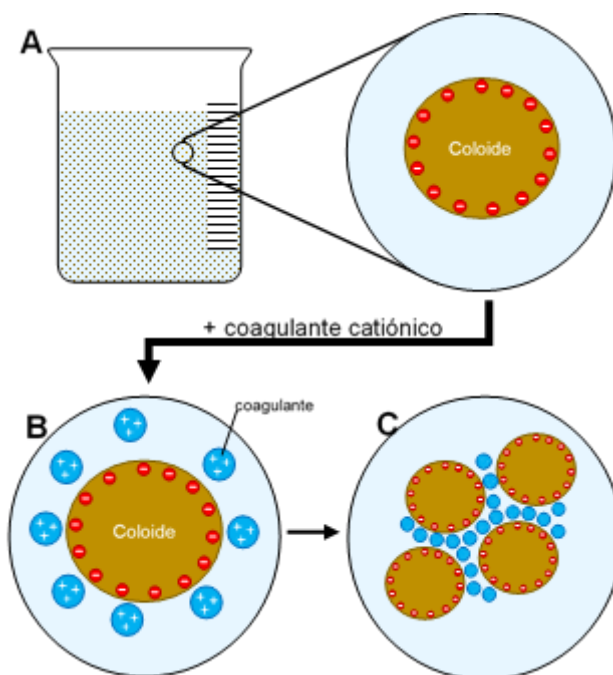


Figura 3 - Esquema da coagulação. A) Presença de coloides na água a tratar; B) Adição de coagulante catiónico de maneira a neutralizar as cargas à superfície das partículas; C) Neutralização de cargas favorece aglomeração dos coloides, originando flocos.

Após a desestabilização dos coloides, podem ser utilizados polímeros flocculantes de maneira a amplificar a *performance* do processo. As cargas de flocculante devem ser escolhidas de acordo com os próprios coloides. Normalmente utilizam-se reagentes aniónicos para partículas minerais e catiónicos para partículas orgânicas. Os flocculantes são cadeias longas de monómeros, por essa razão têm um peso molecular bastante elevado. Esta característica, juntamente com a carga iónica, leva à criação de conexões entre as partículas desestabilizadas, como ilustrado na Figura 4. As forças envolvidas neste processo são de natureza iónica. Apresentam várias vantagens sobre os inorgânicos, tais como a menor dependência de pH para as reações, o menor consumo de reagente, uma menor produção de precipitado e a eliminação de algas monocelulares (SNF SNF Floerger, 2017).

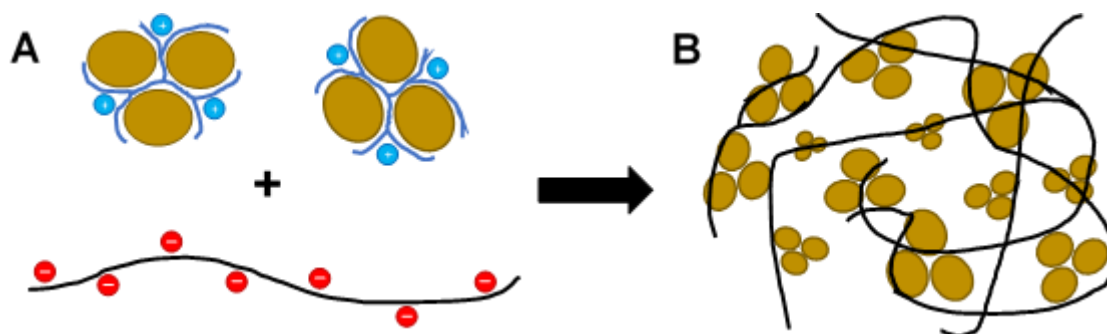


Figura 4 - Esquema simplificado da floculação. A) Colóides aglomerados têm carga positiva à superfície. Utilização de floculante aniônico de maneira a neutralizar as cargas; B) Processo de bridging, no qual o floculante cria pontes entre os pequenos flocos, originando flocos de maior dimensão, facilitando a sua precipitação.

Para o projeto desenvolvido, foram testados fundamentalmente quatro coagulantes. O primeiro testado foi o cloreto de ferro (III),  $\text{FeCl}_3$ , com peso molecular 162,2 g/mol. Este coagulante foi utilizado na forma líquida. Apresenta uma cor castanho alaranjada e um cheiro leve a ácido clorídrico. É solúvel em água. É não combustível e corrosivo para a maior parte dos metais (National Center for Biotechnology National Center for Biotechnology Information, 2020b). É utilizado no tratamento de águas residuais específicas, usando doses de coagulante a partir dos 15,0 mg/L (Barbot *et al.*, 2010; Chekli *et al.*, 2017; Galloux *et al.*, 2015; Lefebvre & Legube, 1993). O segundo coagulante usado foi o Rifloc 4530. É um coagulante orgânico avançado líquido de carga catiónica e peso molecular elevado. É eficaz numa gama alargada de pH sem afetar o seu valor. É utilizado como coagulante primário na clarificação de efluentes industriais (têxtil, papel) podendo reduzir e até eliminar a necessidade de adição prévia de coagulantes inorgânicos, sendo recomendado o uso conjunto com polieletrólitos para uma melhor separação na fase de decantação da coagulação/floculação (Rivaz Química, 2017). O terceiro coagulante químico usado foi o sulfato de alumínio,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , de peso molecular 342,2 g/mol. Foi utilizado no estado líquido, em solução. Apresenta uma cor transparente, é inodoro e solúvel em água. É não combustível e não tóxico (National Center for Biotechnology National Center for Biotechnology Information, 2020c). É utilizado no tratamento de águas residuais específicas, com doses a partir dos 33,0 mg/L (Amin *et al.*, 2020; Dominguez *et al.*, 2007; Grehs *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2008). O último coagulante a ser testado foi o Kemira PAX-XL 10. É uma solução aquosa de polihidroxiclorossulfato de alumínio transparente e inodora, solúvel em água. É não combustível, perigosa para organismos aquáticos e pode causar danos irreparáveis aos olhos e à pele humana (Aliada Química de Portugal, 2013). É uma substância usada no tratamento químico de água, na floculação primária, pelo seu comportamento em águas com elevada contaminação orgânica e atuação num intervalo amplo de pH ("Kemira PAX XL 10," 2016).

#### 1.3.4. Filtração com filtros microtamisadores

A filtração é uma etapa fundamental no tratamento de águas residuais, especialmente em tratamento de água potável. É uma operação que auxilia na remoção de matéria orgânica que, conseqüentemente, reduz os valores de sólidos, tanto suspensos, como dissolvidos e totais, de CBO e CQO e de outros elementos e compostos orgânicos e inorgânicos que estejam presentes na água bruta (Venditto *et al.*, 2020).

A tecnologia de filtração por microtamisadores está empregue principalmente em estações de tratamento de águas (potável ou residual), quer em forma de tambor, quer em discos giratório (SMAS Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Almada; SIMDOURO, 2017b), e consiste na utilização de malhas de tamanho inferior à filtração convencional (Kiepper, 2009), auxiliando na remoção mais profunda de partículas cujo tamanho é demasiado pequeno para serem apanhadas nas malhas convencionais (SMAS Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Almada).

#### 1.3.5. Desinfeção química

A desinfeção é uma etapa indispensável para a qualidade da água de abastecimento. O seu principal objetivo passa pela eliminação da propagação de microrganismos potencialmente transmissores de doenças (Souza & Daniel, 2005). Este passo torna-se ainda mais importante quando se põe em causa a desinfeção de águas residuais provenientes de estações de tratamento biológico, na qual estão presentes indicadores de contaminação fecal, como, por exemplo, grupos de microrganismos (coliformes fecais e totais) e *Escherichia coli*, capazes de contribuir com doenças perigosas para a saúde pública (gastroenterites e outras doenças associadas), e possíveis patogénicos das necessidades fisiológicas humanas.

O reagente mais utilizado para a desinfeção é o cloro, pois é relativamente barato e muito eficaz na inibição da maior parte dos microrganismos (Lenntech). É usado sobre várias formas, como hipoclorito de sódio (utilizado neste estágio), hipoclorito de cálcio, entre outras. Não se limita apenas a desinfetante, podendo ser utilizado na indústria médica e alimentar, no fabrico de plásticos e outros produtos utilizados no dia a dia (Lenntech). Apesar de ser utilizado em massa desde o século XIX, apenas recentemente se descobriram alguns dos efeitos nocivos da exposição prolongada ao cloro, sendo o mais notável a exposição a trihalometanos (THM). Estes são subprodutos da reação do cloro com a matéria orgânica presente na água bruta, podendo continuar a sua formação na presença de cloro livre graças à sua lenta cinética de formação. São

potencialmente carcinogénicos, depressores do sistema nervoso central e podem também afetar as funções hepáticas e renais. É de salientar, no entanto, que o risco apresentado por THM é inferior ao risco de consumir água não desinfetada (Comissão Especializada de Qualidade da Comissão Especializada de Qualidade da Água, 2012). O modo de ação do cloro é simples e eficaz: quebra as ligações químicas nas moléculas de enzimas dos microrganismos, substituindo átomos de hidrogénio por cloro. Esta substituição inibe o correto funcionamento enzimático, inibindo conseqüentemente o organismo em geral (Lenntech).

Como referido anteriormente, a forma de cloro escolhida para os ensaios deste estágio foi o hipoclorito de sódio (NaClO) com uma concentração mínima de cloro ativo de 13%, fabricado pela Quimitejo. É um líquido amarelo-esverdeado solúvel em água com um cheiro característico a lixívia (National Center for Biotechnology National Center for Biotechnology Information, 2020d). É não combustível e pode ser tóxico dependendo das condições ambientais (Lenntech). O seu modo de ação é semelhante ao do cloro: forma-se ácido hipocloroso quando se adiciona hipoclorito de sódio a água, dividindo-se depois em ácido clorídrico e oxigénio, que é um forte oxidante (Lenntech). O hipoclorito de sódio apresenta vários perigos para o ser humano, entre os quais tosse, inflamação, diarreia (Lenntech).

O outro desinfetante usado foi o peróxido de hidrogénio. É usado em solução aquosa como desinfetante pelas suas propriedades antibacterianas e antivíricas (National Center for Biotechnology National Center for Biotechnology Information, 2020a). O seu modo de ação consiste em produzir radicais livres que danificam proteínas e membranas lipídicas dos patogénicos, inibindo a sua propagação (National Center for Biotechnology National Center for Biotechnology Information, 2020a). Tem utilização em águas residuais, ligado à remoção de CQO e outros parâmetros (National Center for Biotechnology National Center for Biotechnology Information, 2020a).

#### 1.4. Objetivos propostos

O aumento da população humana tem causado a deterioração da água e a escassez da água potável. Assim, o principal objetivo do presente estágio foi melhorar a qualidade da água tratada e avaliar o potencial de utilização no contexto legal do Decreto-Lei n.º 119/2019 de 21 de agosto. Resumidamente, estabelece o regime jurídico de produção de água para reutilização obtida a partir do tratamento de águas residuais em processos de rega (jardins de espaços públicos ou uso agrícola), em usos urbanos (lavagem de vias públicas e/ou veículos, combate a incêndios, autoclismos) ou em usos industriais,



bem como da sua utilização, dividida em várias classes de acordo com os parâmetros físico-químicos da água, evitando o desperdício de água potável nestas atividades (Ambiente e Transição Energética, 2019). Esta otimização foi feita através da implementação de operações e processos físico-químicos, nomeadamente a coagulação-floculação, filtração por microtamisadores e desinfecção química. Como objetivos gerais são apresentados: a familiarização com o funcionamento de uma ETAR e trabalho laboratorial de monitorização da qualidade da água; o desenvolvimento de capacidade de interpretação de resultados e aplicação as devidas soluções.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Aprendizagem das técnicas laboratoriais para realização de análises físico-químicas necessárias

De acordo com o plano de estágio, esta foi a primeira fase a ser explorada. Durante aproximadamente 1 mês (1 de outubro a 31 de outubro de 2019), esta etapa permitiu assimilar as técnicas básicas do laboratório de Exploração da ETAR, de maneira a aumentar o conhecimento, autonomia e experiência, ao mesmo tempo permitindo colmatar quaisquer ausências de *staff* caso isso acontecesse.

As amostras que são recolhidas nas várias etapas de tratamento da ETAR obedecem a um plano de amostragem que tem por base o plano de controlo operacional (PCO) da instalação. Neste PCO são definidos quais os parâmetros que são controlados em cada etapa, a sua periodicidade e os valores referência que cada parâmetro deve ter (critério de aceitação).

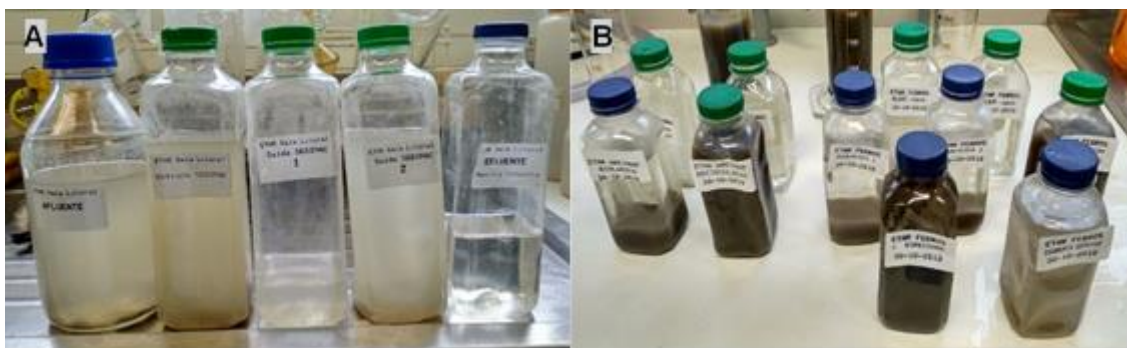


Figura 5 - Amostras diárias para análise na ETAR Gaia Litoral. A) Recolhidas de vários pontos da própria ETAR; B) Recolhas de outras ETAR pertencentes ao grupo SIMDOURO.

### 2.1.1. Determinação analítica de pH pelo método potenciométrico

O princípio deste método consiste na determinação da concentração do ião  $H^+$  usando um eléctrodo padrão de hidrogénio e um de referência. O pH é medido na escala Sorensen, na qual a sua determinação é calculada através da seguinte fórmula:  $-\log [H^+]$ . Podem surgir interferências, tais como temperatura, cor, matéria coloidal e elevada salinidade.

Colocam-se cerca de 50 mL de amostra num copo de plástico. Se a amostra a analisar for de matéria seca, pesam-se 10g de amostra, adicionam-se 40 mL de água destilada e um agitador magnético de maneira a liquidificar a amostra na placa de agitação e agitação Stuart Heat-Stir SB162 ou JP Selecta Agimatic-E. Lava-se o eléctrodo de pH do medidor de pH e temperatura WTW inoLab pH Level 1 com água destilada e seca-se com papel absorvente. Introduce-se o eléctrodo na amostra, agitando suavemente de seguida, como demonstrado na Figura 6. Espera-se até que o valor estabilize e regista-se. Retira-se o eléctrodo, lava-se com água destilada, e, terminadas as leituras, coloca-se o eléctrodo na manga protetora (Rice *et al.*, 2017; United States Environmental Protection Agency, 1974).



Figura 6 - Determinação analítica do pH de uma amostra de afluente pelo método potenciométrico.

### 2.1.2. Determinação analítica de condutividade

A condutividade é uma medida da capacidade de uma solução aquosa conduzir corrente eléctrica. Esta capacidade depende da presença de iões, da sua concentração total, mobilidade e valência e da temperatura da determinação. A maior parte dos compostos inorgânicos são relativamente bons condutores. Por outro lado, as moléculas de compostos orgânicos que não se dissociam em solução aquosa não conseguem

conduzir a corrente elétrica ou fazem-no de forma fraca. É medida entre dois elétrodos quimicamente inertes a uma distância fixa. Os resultados são habitualmente apresentados em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A presença de matérias grosseiras em suspensão, de gorduras ou óleo pode contaminar os elétrodos.

Lava-se a sonda do medidor de condutividade elétrica Hanna Edge® HI2030-02 com água destilada e seca-se com papel absorvente. Mergulha-se a sonda na amostra, agitando suavemente durante a determinação, de maneira a equilibrar termicamente e a homogeneizar a amostra, como demonstrado na Figura 7. Deixa-se o equipamento estabilizar e efetua-se a leitura do valor apresentado, registando-o depois (Rice *et al.*, 2017).



Figura 7 - Determinação analítica de condutividade de uma amostra composta de efluente.

### 2.1.3. Determinação de Sólidos Suspensos Totais (SST) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)

O princípio do método de SST é determinado pelo aumento de peso nos filtros após a sua filtração, que representa a quantidade de sólidos suspensos totais. Amostras com grandes partículas flutuantes ou aglomerados submersos de materiais não homogêneos podem colmatar o filtro, que pode levar a erros de determinação. Pesam-se filtros de papel redondos para as amostras usando uma balança analítica Ohaus Adventurer AR2140, anotando o peso Seco (P1) em gramas na ficha de SST/SSV, juntamente com o volume de amostra a usar (V) respetivo. Colocam-se os filtros com a face rugosa voltada para cima nos funis Buckner da rampa de filtros Pall Corporation, como demonstrado na Figura 8. Vertem-se os respetivos volumes de amostra para cada um

dos funis usando provetas graduadas de volumes variados e filtra-se usando uma bomba de vácuo. Retiram-se e colocam-se os filtros nas respectivas placas de Petri, levando a secar numa estufa Memmert a 105 °C durante cerca de 1 hora. Retiram-se e deixam-se os filtros arrefecer num exsicador durante cerca de 15 minutos. Pesam-se os filtros e anota-se o peso Filtro+Seco (P2) em gramas. Calculam-se os SST usando a Equação 1, registando depois os resultados.

$$SST = \frac{P2 - P1}{V} \times 1000$$

Equação 1 - Fórmula para o cálculo de SST.

Rejeitam-se os filtros que não são precisos para análise de SSV. Os SSV são determinados após a inceneração da amostra usada para a determinação dos SST. A diferença entre o peso de SST e do resíduo resultante da incineração corresponde aos SSV.

Colocam-se os filtros com resíduo seco numa mufla Nabertherm LE 4/11/R6 a 550 °C durante cerca de 1 hora. Retiram-se e deixam-se no exsicador durante cerca de 15 minutos. Pesam-se os filtros e anota-se o peso Filtro+Cinzas (P3) em gramas, calculando os SSV através da Equação 2 e registam-se os resultados (Rice *et al.*, 2017).

$$SSV = \frac{P2 - P3}{V} \times 1000$$

Equação 2 - Fórmula para o cálculo de SSV.



Figura 8 - Rampa de filtração usada na determinação de SST e SSV.

#### 2.1.4. Determinação de Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis (SV), Matéria Seca (MS) e Matéria Volátil (MV)

O método para a determinação de sólidos, matéria seca e volátil tem como base o procedimento do SMEWW, adaptado a cada laboratório. As operações de secagem na estufa (para ST) seguida de calcinação na mufla (para SV) definem as diversas frações de sólidos presentes na amostra. O método nas determinações é gravimétrico. Amostras altamente mineralizadas com concentrações significativas de cálcio, magnésio, cloreto e/ou sulfato podem ser higroscópicas e exigir secagens mais prolongadas. Amostras com partículas de grandes dimensões ou aglomerados submersos de materiais não homogêneos devem ser excluídos. Em relação à matéria seca e volátil nas lamas, a perda de carbonato de amónio e matéria orgânica volátil pode ser uma interferência. As pesagens devem ser efetuadas rapidamente de maneira a evitar a evaporação e absorção da humidade do ar pela amostra antes e depois, respetivamente, da secagem e calcinação.

Listam-se cadinhos com o nome da amostra o dia de amostragem. Pesam-se os cadinhos limpos e secos, anotando o peso Seco (P1) em gramas na ficha de ST/SV, juntamente com o volume a usar: 50 mL para cadinhos grandes, 25 mL para cadinhos pequenos. Medem-se os volumes para cada cadinho (V) num copo graduado de plástico. Pesam-se os cadinhos com amostra, como ilustrado na Figura 9, anotando o peso Cadinho+Amostra (P2) em gramas na ficha de ST/SV. Colocam-se os cadinhos na estufa a 105 °C durante cerca de 24 horas. Recolhem-se os cadinhos e colocam-se no exsiccador durante cerca de 15 minutos. Pesam-se os cadinhos e anota-se o peso Cadinho+Seco (P3) em gramas, calculando os ST através da Equação 3, registando depois os resultados.

$$ST = \frac{P3 - P1}{V} \times 1000$$

Equação 3 - Fórmula para o cálculo de ST.

Para os SV, colocam-se os cadinhos necessários a analisar na mufla a 550 °C durante cerca de 1 hora. Retiram-se os cadinhos e colocam-se num exsiccador para arrefecer durante cerca de 20 minutos. Pesam-se os cadinhos e regista-se o peso Cadinho+Cinzas (P4) em gramas na ficha de ST/SV, calculando os SV através da Equação 4, registando depois os resultados (Rice *et al.*, 2017).



$$SV = \frac{P3 - P4}{V} \times 1000$$

Equação 4 - Fórmula para o cálculo de SV.

Para se calcular o teor de MS em mg/L, utiliza-se a equação 5 abaixo referenciada:

$$\%MS = \frac{P3 - P1}{P2 - P1} \times 100$$

Equação 5 - Fórmula para o cálculo de %MS.

Para se calcular o teor de MV em mg/L, utiliza-se a equação 6 abaixo referenciada:

$$\%MV = \frac{P3 - P4}{P2 - P1} \times 100$$

Equação 6 - Fórmula para o cálculo de %MV.

Com o auxílio de uma folha de cálculos no computador, calculam-se a MS e MV, registando depois os resultados.



Figura 9 - Pesagem de cadinhos com peso seco para a determinação de ST, SV, %MS e %MV.

### 2.1.5. Determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>)

A CBO<sub>5</sub> expressa a quantidade de oxigénio utilizado pelos microrganismos presentes na amostra durante um período de incubação de 5 dias. O oxigénio consumido é utilizado para a degradação bioquímica de matéria orgânica mas também

para a oxidação de compostos orgânicos como, por exemplo, azoto, e inorgânicos como, por exemplo, sulfuretos, a não ser que estes processos sejam impedidos pela adição de substâncias inibidoras. No entanto, algumas formas de azoto - amónio e óxido de azoto - constitui uma forte interferência na determinação da  $CBO_5$ . Diversos fatores como a presença de sólidos em suspensão ou falta de agitação constituem interferências na precisão e exatidão da determinação deste método.

Coloca-se uma barra magnética em cada frasco. Etiquetam-se frascos de  $CBO_5$  de acordo com as amostras necessárias/disponíveis, escrevendo o nome da amostra, o dia da análise e o fator de diluição respetivo. Transfere-se o volume necessários para cada intervalo de  $CBO_5$  previsto, começando sempre pelos de maior volume, com a ajuda balões volumétricos de 43,2 mL, 97 mL e 432 mL e de um funil. Coloca-se em cada frasco o número exato de gotas de solução inibidora de nitrificação WTW NTH 600 N-Allylthiourea  $C_4H_8N_2S$  5 g/L de acordo com o fator de diluição, como demonstrado na Tabela 1. Coloca-se a manga de borracha em cada frasco, seguido de duas pastilhas de hidróxido de sódio. Enroscam-se bem os manómetros WTW OxiTop® nos frascos de maneira a evitar fugas. Zera-se o mostrador e colocam-se os frascos exemplificados na Figura 10 numa estufa WTW TS 606/2-i de  $CBO_5$  a 20 °C. Após o tempo de incubação, efetuam-se as leituras dos valores guardados nos manómetros. Calcula-se a  $CBO_5$  em mg/L através da Equação 7 escrita posteriormente, registando-se depois os resultados.

$$CBO_5 = \text{Valor indicado no mostrador} \times \text{Fator de diluição}$$

Equação 7 - Fórmula para o cálculo de  $CBO_5$ .



Figura 10 - Frascos de  $CBO_5$  WTW OxiTop® antes de entrarem na estufa.

Tabela 1 - Guia de determinação do volume de amostra, fator de diluição e do número de gotas de solução de inibidor a serem utilizados com base no intervalo de  $\text{CBO}_5$  previsto.

| Intervalo de $\text{CBO}_5$ previsto (mg/L) | Volume de amostra (mL) | Fator de diluição | Solução de inibidor (n.º gotas) |
|---------------------------------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------|
| 0-40                                        | 432                    | 1                 | 9                               |
| 0-80                                        | 365                    | 2                 | 7                               |
| 0-200                                       | 250                    | 5                 | 5                               |
| 0-400                                       | 164                    | 10                | 3                               |
| 0-800                                       | 97                     | 20                | 2                               |
| 0-2000                                      | 43,2                   | 50                | 1                               |
| 0-4000                                      | 22,7                   | 100               | 1                               |

### 2.1.6. Determinação de Carência Química de Oxigénio (CQO)

A CQO indica a quantidade de oxigénio com origem no dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) que reage com compostos oxidáveis nas condições de trabalho referidas no procedimento. A amostra é oxidada com uma solução sulfúrica quente de dicromato de potássio, usando sulfato de prata como catalisador. Os cloretos são dissimulados com sulfato de mercúrio. A concentração do ião cromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) é proporcional à tonalidade amarela que este confere à solução logo, pode ser determinada fotometricamente. Este ensaio quantifica os compostos orgânicos e inorgânicos oxidáveis pelo dicromato, exceto alguns compostos heterocíclicos como, por exemplo, a piridina, compostos de azoto quaternários e hidrocarbonetos muito voláteis. Os resultados são expressos em mg/L  $\text{O}_2$ .

Enumeram-se as cuvetes de reação necessárias para as análises requeridas num suporte, escolhendo as cuvetes de acordo com as gamas esperadas, como demonstrado na Figura 11: Kit Merck Spectroquant COD Cell Test 15.0-300.0 mg/L CQO para amostras de efluente/pouco carregadas organicamente, 25.0-1500.0 mg/L CQO para amostras de afluente/ligeiramente carregadas organicamente, 300.0-3500.0 mg/L CQO e 500-10000.0 mg/L CQO para amostras muito carregadas organicamente. Liga-se o termoreator Merck Spectroquant® TR 320 ou 420 no programa associado ao CQO, ou seja, 148 °C durante 2 horas. Agitam-se as cuvetes antes de as abrir para suspender o sedimento. Pipeta-se o volume necessário para cada tubo com uma pipeta de 1000  $\mu\text{L}$ , de acordo com a gama. Agitam-se as cuvetes com cuidado e colocam-se no termoreator. Retiram-se as cuvetes no fim do programa e deixam-se arrefecer na Hotte, agitando após 10 minutos e deixando arrefecer até temperatura ambiente. efetua-se a leitura dos valores no fotómetro Merck Spectroquant® Prove 600, registando de os resultados (ASTM International, 2002; International Organization for Standardization, 2018; Rice *et al.*, 2017; United States Environmental Protection Agency, 1993).



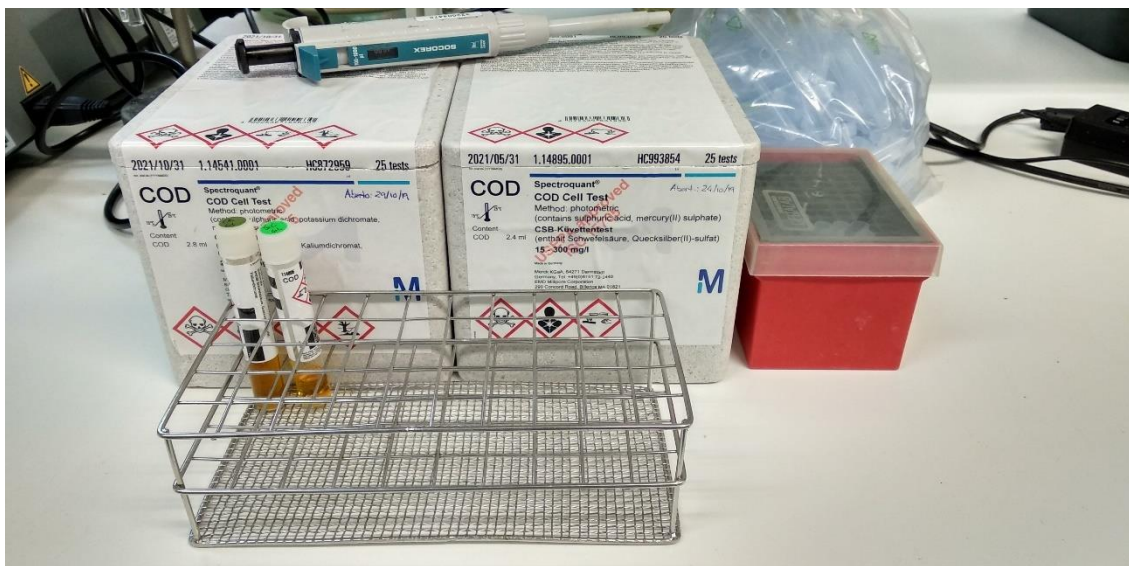


Figura 11 - Kits e equipamento necessário para a determinação da CQO nas amostras de efluente da ETAR Gaia Litoral.

### 2.1.7. Determinação de Azoto Total

Os compostos orgânicos e inorgânicos de azoto são transformados em nitratos pelo processo de Koroleff por reação com um oxidante num termoreator. Numa solução acidificada com ácido sulfúrico e fosfórico, o nitrato reage com 2,6-dimetilfenol, formando 4-nitro-2,6-dimetilfenol, que é determinado fotometricamente. Este ensaio não é adequado para amostras com concentrações de cloretos acima dos 1000 mg/L e CQO superior a 700 mg/L na gama 0.5-15.0 mg/L e 7000 mg/L na gama 10.0-150.0 mg/L, devido a possíveis interferências que estes parâmetros podem ter nas reações.

Aquece-se o termoreator Merck Spectroquant® TR 320 ou 420 no programa específico para determinar o azoto total, ou seja, 120 °C durante 1 hora. Para a digestão da amostra, pipeta-se com uma pipeta de 1000 µL 1,0 mL de amostra para uma cuvete de reação vazia, seguida de 9,0 mL de água destilada, perfazendo 10 mL de amostra. Adiciona-se 1 colher de reagente N-1K e 6 gotas de reagente N-2K provenientes no *kit* Merck Spectroquant® Nitrogen (total) 0.5-15.0 e 10.0-150.0 mg/L N. Agita-se para misturar. Colocam-se as cuvetes no termoreator e, após se retirar, deixam-se arrefecer até à temperatura ambiente, cerca de 10 minutos, e agitam-se brevemente. Arranja-se o *kit* de N Total com a gama esperada para as cuvetes de reação respetivas às amostras. Pipeta-se 1,0 mL de amostra da cuvete digerida e 1,0 mL de reagente N-3K. Agita-se com cuidado pois ficará quente. Deixa-se reagir por 10 minutos, efetua-se a leitura no fotómetro Merck Spectroquant® Prove 600 e apontam-se os resultados (Deutsches Institut für Normung, 1997).

### 2.1.8. Determinação de Fósforo Total

Em meio ácido, os iões ortofostato reagem com iões molibdato para formar ácido molibdofosfórico. O ácido ascórbico reduz o ácido molibdofosfórico a azul de fosfomolibdénio (PMB) que se determina fotometricamente. Este ensaio não é adequado para amostras com concentrações de CQO superiores a 750 mg/L.

Aquece-se o termoreator no programa 120 °C por 1 hora. Para a digestão, utiliza-se o *kit* Merck Spectroquant® Phosphate Cell Test 0.5-25.0 mg/L PO<sub>4</sub>-P. Pipeta-se 1,0 mL com uma pipeta de 1000 µL de amostra para a cuvete de reação, adicionando de seguida 1 dose de reagente P-1K. Agita-se para misturar. Colocam-se as cuvetes de reação no termoreator e retiram-se passados 30 minutos, deixando arrefecer num suporte de tubos laboratoriais metálico até atingir a temperatura ambiente. Adicionam-se 5 gotas de reagente P-2K e 1 dose de reagente P-3K, agitando vigorosamente até dissolvido. Deixa-se reagir por 5 minutos, efetuando depois a leitura no fotómetro Merck Spectroquant® Prove 600 e registando-se depois o resultado (International Organization for Standardization, 2004; Rice *et al.*, 2017; United States Environmental Protection Agency, 1971, 1978).

### 2.1.9. Determinação de Amónio

O azoto amoniacal (NH<sub>4</sub>-N) apresenta-se em parte sob a forma de iões amónio e amoníaco. O equilíbrio entre estas duas formas químicas é o dependente do pH. Em solução fortemente alcalina, o azoto está presente praticamente como amoníaco, o qual reage com iões hipoclorito e se transforma em monocloramina. Por sua vez, esta reage com um fenol substituído e forma um derivado de azul de indofenol que é determinado fotometricamente. Este ensaio determina tanto a concentração de iões amónio como de amoníaco dissolvido.

Filtram-se, com filtros de papel, as amostras turvas a analisar para um copo de plástico de 50 mL. Para a reação, utiliza-se o *kit* Merck Spectroquant® Ammonium Cell Test 0.5-16.0 e 4.0-80.0 mg/L NH<sub>4</sub>-N. Pipeta-se o volume necessário de amostra filtrada de acordo com a gama com uma pipeta de 100 µL para cuvetes de reação. Adiciona-se 1 dose de reagente NH<sub>4</sub>-1K, agitando vigorosamente até dissolvido. Deixa-se em repouso durante 15 minutos, efetuando depois a leitura do valor no fotómetro Merck Spectroquant® Prove 600 e registando-se depois o resultado (Deutsches Institut für Normung, 1983; International Organization for Standardization, 1984; Rice *et al.*, 2017).

### 2.1.10. Determinação de Nitratos

Em meio ácido, os iões nitrato reagem com 2,6-dimetilfenol e formam o composto 4-nitro-2,6-dimetilfenol, que se determina fotometricamente.

Tal como foi feito para a determinação de amónio, filtra-se para um copo de plástico de 50 mL as amostras turvas a analisar. Utiliza-se o *kit* Merck Spectroquant® Nitrate Cell Test 0.5-25.0 mg/L NO<sub>3</sub>-N, ilustrado na Figura 12. Pipeta-se 1,0 mL de amostra filtrada para a cuvete de reação. Adiciona-se 1,0 mL de reagente NO<sub>3</sub>-1K, agitando cuidadosamente pois aquece. Deixa-se em repouso durante 10 minutos, efetuando depois a leitura do valor no fotómetro Merck Spectroquant® Prove 600, registando o resultado (Deutsches Institut für Normung, 2011).



Figura 12 - Preparação de cuvetes de reação dos kits de Azoto Total, Fósforo Total e Nitratos.

### 2.1.11. Determinação de Turvação

A turvação é a medida de transparência relativa de um líquido e serve de indicador da qualidade da água ("Turbidity and Water," 2020). Usando este parâmetro, tem-se uma noção de quanto carregada de matéria orgânica está uma amostra aquosa, uma vez que se correlaciona diretamente com valores de sólidos suspensos totais e valores microbiológicos (Huey & Meyer, 2010).

A determinação de turvação pode realizar-se através de dois métodos: usando o fotómetro Merck Spectroquant® Prove 600 ou o turbidímetro portátil Hach 2100Q IS, ilustrado na Figura 13. Para o primeiro método, liga-se o fotómetro e escolhe-se o programa de turbidez. Verte-se a amostra a analisar numa cuvete de 50 mL, coloca-se

esta no espaço designado e efetua-se a leitura no mostrador, registando depois o valor. Para o segundo método, liga-se o turbidímetro portátil, zera-se e enche-se a cuvete de 30 mL do kit com a amostra a analisar até ao limite indicado na cuvete. Fecha-se a cuvete, colocando de seguida no turbidímetro e efetua-se a leitura do valor indicado, registando o valor.



Figura 13 - Medição de turvação usando o turbidímetro portátil Hach 2100Q IS.

#### 2.1.12. Determinação de Transmitância

A transmitância traduz-se na quantidade de luz transmitida considerando um espaço fixo de um material, especialmente aquoso, num determinado comprimento de onda. Pode auxiliar na determinação de sólidos suspensos totais e turvação. A sua determinação é normalmente aplicada para verificar se a água se encontra em condições favoráveis para o tratamento de radiação ultravioleta ("Percent Transmittance in Treated Wastewater,").

No fotómetro Merck Spectroquant® Prove 600, ilustrado na Figura 14, escolhe-se a opção de programa referente à transmissão. Insere-se o comprimento de onda de, neste caso, 254  $\mu\text{m}$ . Zera-se a leitura com o branco. Verte-se a amostra a analisar numa cuvete de 10 mL, coloca-se no fotómetro e efetua-se a leitura do resultado, registando-se depois.



Figura 14 - Medição da transmitância usando o espectrofotómetro Merck Spectroquant® Prove 600.

### 2.1.13. Observação de microfauna

Recolhe-se uma pequena amostra, com cerca de 50 mL de volume, das recolhas dos reatores biológicos, procedendo-se de seguida à pipetagem de uma gota para uma lâmina de vidro. Coloca-se uma lamela por cima da gota, levando depois a ser observada ao microscópio Nikon Eclipse E200 de contraste de fase (ampliação = 10 e 100x; AN = 0,25 e 1,25, respetivamente). Foram contados, identificados e registados os indivíduos presentes nas amostras com o auxílio da Tabela 2. A Figura 15 mostra uma fotografia microscópica da microfauna dos reatores biológicos da ETAR Gaia Litoral.

Tabela 2 - Lista de microfauna que se deve procurar nas amostras dos reatores biológicos da ETAR Gaia Litoral.

| Categoria                | Espécie/Género/Distinção |
|--------------------------|--------------------------|
| Flagelados               | Pequenos                 |
|                          | Grandes                  |
| Ciliados sésseis         | <i>V. microstoma</i>     |
|                          | Epistylis                |
|                          | <i>V. convalaria</i>     |
|                          | Carchesium               |
|                          | Opercularia              |
| Ciliados nadadores       | Uronema                  |
|                          | Spirostomum              |
|                          | Paramecium               |
| Ciliados móveis de fundo | Acinéria                 |



| Categoria                | Espécie/Género/Distinção |
|--------------------------|--------------------------|
| Ciliados móveis de fundo | Aspidisca                |
|                          | Trochilia                |
| Ciliados móveis de fundo | Chilodonella             |
|                          | Drepanomonas             |
|                          | Euplotes                 |
| Outros ciliados          | <i>Coleps hirtus</i>     |
|                          | Litonotus                |
| Amibas c/teca            | Arcella                  |
|                          | Euglypha                 |
| Metazoários              | Rotíferos                |
|                          | Nemátodos                |
| Filamentosa              | Nocardia                 |
| Outros                   | ---                      |

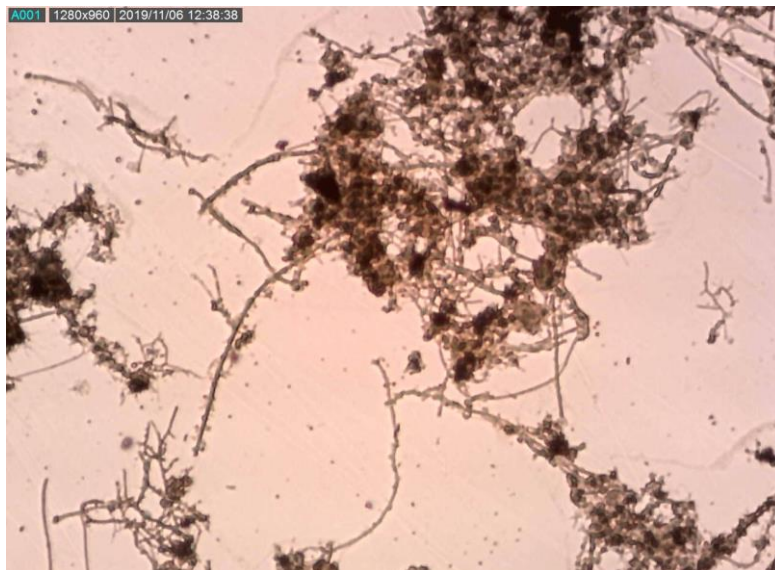


Figura 15 - Fotografia de ampliação 10x (AN = 0,25) de microscopia de contraste de fase, na qual se podem observar alguma microfauna presente nos reatores biológicos da ETAR Gaia Litoral.

## 2.2. Otimização da etapa de tratamento terciário da ETAR Gaia Litoral

### 2.2.1. Ensaios *Jar Test* com coagulantes e/ou floculantes

Os ensaios foram conduzidos num Velp Scientifica Jar Test FC4S, com capacidade para 4 jarros de 1,0 L de volume. Foram recolhidos cerca de 5 a 6 L de efluente final

nos dias em que se fizeram estes ensaios. Foi usada uma proveta graduada de 1000 mL para transferir 1,0 L de efluente final do garrafão de amostragem para cada um dos jarros. Foram preparadas soluções de coagulantes com concentrações de 1,0 g/L e 10,0 g/L. Após a aplicação dos coagulantes em cada jarro, foram colocados em agitação rápida a 150 rpm durante 2 minutos, seguida de agitação lenta a 30 rpm durante 20 minutos. De seguida, deixaram-se decantar os flocos resultantes nos jarros durante 1 hora. Logo após a decantação foi pipetado um volume de, aproximadamente, 200 mL de água, com o cuidado de não retirar flocos sedimentados, demonstrado na Figura 16. Tanto na amostra de efluente final, como nas amostras de sobrenadante, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, SST, CQO, turvação (no turbidímetro portátil Hach 2100Q IS) e transmitância, recorrendo aos métodos descritos nas respetivas secções anteriores.

Os coagulantes testados foram cloreto de ferro, Rifloc 4530, sulfato de alumínio e PAX XL 10. Para os utilizar, foram feitas soluções de concentrações de 10,0 g/L ou de 1,0 g/L, pesando 10,0 g ou 1,0 g do respetivo reagente na balança analítica Ohaus Adventurer AR2140, perfazendo depois um volume de 1,0 L com água destilada num balão volumétrico de 1,0 L. Assegurou-se assim um controlo minucioso e dosagens pequenas mais facilmente administráveis nos jarros. As soluções foram rejeitadas ao fim de 3 a 7 dias e refeitas de maneira a evitar degradação das mesmas (National Center for Biotechnology National Center for Biotechnology Information, 2020b, 2020c).

Como a quantidade de coloides presentes em águas residuais varia de acordo com o tipo de água residual, e como o objetivo é a otimização do processo de coagulação-floculação no caso específico da ETAR Gaia Litoral, foram usados intervalos nas ditas taxas ligeiramente diferentes das indicadas na literatura. No caso do cloreto de ferro, decidiu-se utilizar uma dosagem a partir dos 30,0 mg/L até aos 80,0 mg/L. Após as análises necessárias, foi também analisado o teor de ferro no sobrenadante, recorrendo ao *kit* Merck Spectroquant® Iron Test 0.0025-5.00 mg/L Fe, ilustrado na Figura 24. A determinação do ferro é importante, quer como avaliação complementar aos restantes parâmetros analisados nos *Jar Tests*, quer também pela importância que este parâmetro tem na eficácia da radiação UV, uma vez que valores elevados de ferro residual podem comprometer a eficácia da etapa de desinfecção por radiação UV.

No caso do Rifloc 4530, usou-se uma gama entre os 0,02 e os 100,0 mg/L, pois era desconhecido o intervalo no uso em tratamento de efluentes. Na preparação da solução de coagulante, foi usada uma placa de aquecimento e agitação JP Selecta Agimatic-E, pois a sua viscosidade é superior aos restantes produtos. Desta forma, o aumento da temperatura auxilia na solubilidade em água.

No caso do sulfato de alumínio, foi usada uma gama entre os 20,0 mg/L e os 130,0 mg/L. Não se analisou o alumínio residual pois não havia *kits* disponíveis para tal.

E, finalmente, no caso do PAX-XL 10, foi usada uma gama entre os 10,0 e os 120,0 mg/L, por se desconhecer, mais uma vez, o intervalo de dose de tratamento em efluente. No ensaio final de cada coagulante, foi determinada a CQO solúvel, filtrando as amostras e usando o mesmo método para a determinação de CQO. A CQO solúvel dará uma melhor indicação dos valores reais a obter após a etapa de filtração, dada a retenção da matéria particulada nos filtros, do que a CQO.

Posteriormente foram testados mais 12 reagentes como coagulantes e/ou floculantes, das empresas Rivaz Química S.A. e da SNF/Ambientágua. Estes reagentes são misturas de vários elementos que auxiliam no tratamento de águas residuais e cujos estudos aprofundados são desconhecidos.

Após ser determinado o melhor coagulante a utilizar, foram conduzidos ensaios à escala real nos filtros de areia. Foram conduzidos ensaios de 24, 12 e 6 horas, nos quais se administrou o coagulante escolhido nas tubagens de entrada do efluente final de maneira a perceber o efeito do coagulante com os filtros de areia. As amostras resultantes foram recolhidas nas tubagens de saída de água dos filtros de areia, analisando depois os mesmos parâmetros que nos ensaios à escala piloto.

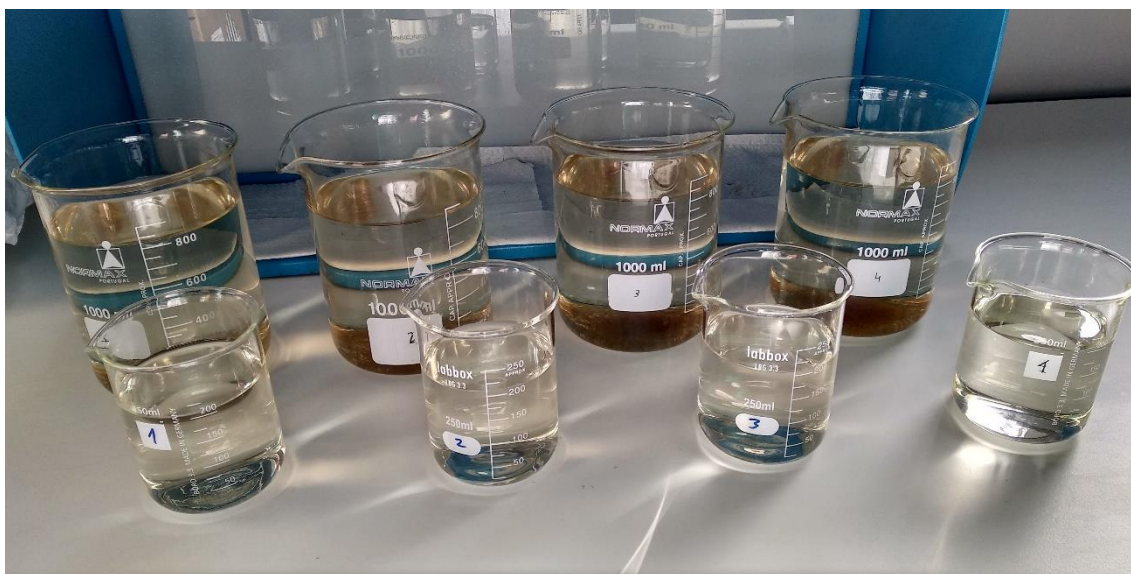


Figura 16 - Ensaio Jar Test finalizado de cloreto de ferro (III) com amostras de água sobrenadante em gobelés, antes das análises laboratoriais. Pode-se observar os flocos formados decantados em cada jarro.

### 2.2.2. Ensaios laboratoriais com filtros de microtamisador

Para estudar a necessidade desta fase no conjunto do tratamento terciário, foram primeiro conduzidos ensaios *Jar Test* à escala piloto de maneira a simular água já



tratada com coagulante saída dos filtros de areia. Foi usado cloreto de ferro (III) como agente coagulante na gama de dose de tratamento escolhida como a mais eficaz tendo em conta os parâmetros analisados na secção 2.2.1. (40,0 a 70,0 mg/L).

Enquanto os *Jar Test* decorriam, eram preparados os filtros microtamisadores para os ensaios de filtração. As folhas de filtro de 5,0  $\mu\text{m}$  foram recortadas em pequenos círculos de maneira a caberem nos funis de Büchner da rampa de filtração. Por cada ensaio de jarro, conseguia-se fazer dois ensaios de filtração, usando dois balões Kitasato ligados a uma bomba de vácuo, como ilustrado na Figura 17. Mais tarde, em ensaios à escala real, foi recolhida água saída dos filtros de areia tratada com cloreto de ferro e passada pelos filtros microtamisadores no laboratório, com a mesma metodologia descrita neste parágrafo.

Foram analisados os mesmos parâmetros físico-químicos que na secção 2.2.1. (exceto a determinação de CQO solúvel e ferro) para se comparar o efluente final com o sobrenadante e o sobrenadante com a água filtrada.



Figura 17 - Ensaios de filtração com filtros microtamisadores à escala piloto.

### 2.2.3. Avaliação de eficácia de etapa de desinfeção química após tratamento terciário

Foi recolhido cerca de 1,5 L de água à saída dos filtros de areia tratada com coagulante sulfato de alumínio. A esta água, analisava-se a turvação e transmitância. Fez-se uma solução de hipoclorito de sódio 13% para facilitar a administração de doses pequenas. Foi colocado 1,0 L de água amostrada num jarro com um agitador magnético

numa placa de agitação/aquecimento JP Selecta Agimatic-E para garantir uma distribuição uniforme do desinfetante. Foi testada uma gama de 1,0 a 5,0 mg/L durante vários intervalos de tempo: 10, 20, 30, 60 e 90 minutos com o objetivo de possibilitar a construção de tabelas C.t, ou seja 'Concentração x tempo de contacto' com redução de coliformes e comparar com a bibliografia. A cada intervalo, eram analisados o cloro livre e total, usando o aparelho Hach Pocket Colorimeter II e os kits DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL, pk/100 e DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL, pk/100. Os resultados estão demonstrados na secção 3.3.1.

Para os ensaios de contagem microbiologia, foi recolhida água saída dos filtros de areia e analisado o teor de SST, turvação e transmitância. Foram cheios frascos de plástico esterilizados com a água amostrada e doseados com diferentes doses de desinfetante. Em cada ensaio houve um frasco sem desinfetante para controlo. O objetivo seria testar três produtos, entre os quais o ácido peracético, mas não foi possível obter este comercialmente em tempo útil. As dosagens de hipoclorito foram de 1,0 a 5,0 mg/L, as de peróxido de hidrogénio de 1,0 a 20,0 mg/L. Os frascos foram depois rotulados, como ilustrado na Figura 18, e enviados para o Instituto da Água da Região do Norte (IAREN), onde foram contabilizados coliformes fecais, totais e *E. coli*. Os resultados foram enviados em boletins para a ETAR Gaia Litoral e consultados depois.

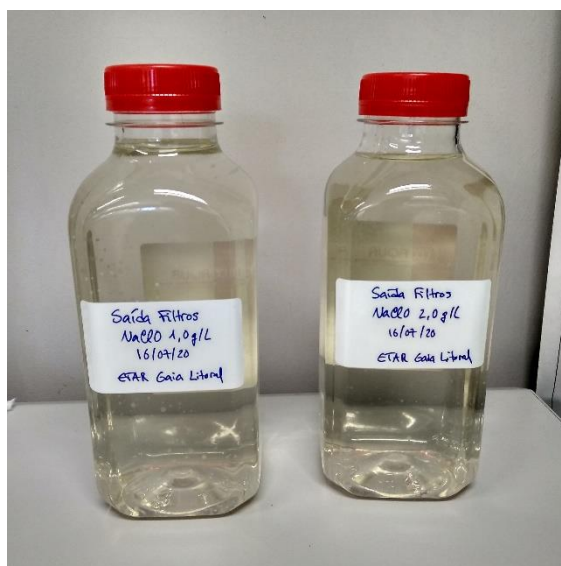


Figura 18 - Amostras de água saída dos filtros de areia tratadas com hipoclorito de sódio, prontas a enviar para o IAREN.

## 3. Resultados

### 3.1. Ensaio *Jar Test* com coagulantes e/ou floculantes

A decisão sobre os coagulantes e/ou floculantes mais vantajosos para a otimização do tratamento terciário foi feita de acordo com os interesses da ETAR. Assim, a ordem de importância foi estabelecida de acordo com a conformidade legal dos seguintes parâmetros: taxa de remoção de SST, SST, turvação, transmitância e CQO.

A totalidade dos resultados das análises aos parâmetros do efluente final encontram-se na Tabela I do Anexo I; da água sobrenadante encontra-se na Tabela II do Anexo I.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados médios e respetivos desvios padrão dos parâmetros avaliados nesta fase, comparados com os valores de referência do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

Tabela 3 - Valores médios e respetivo desvio padrão para as análises efetuadas ao efluente final e à água sobrenadante pipetada dos jarros. Também se encontram descritos os valores de referência de água de rega de Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019.

| Composto                                        | pH          | Taxa de remoção de SST (%) | SST (mg/L)    | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|-------------------------------------------------|-------------|----------------------------|---------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| Efluente                                        | 7,44 ± 0,23 | ---                        | 22,47 ± 22,64 | 12,23 ± 16,35  | 42,51 ± 7,74      | 59,66 ± 32,00              |
| FeCl <sub>3</sub>                               | 7,23 ± 0,23 | 60,38 ± 16,17              | 7,00 ± 1,61   | 2,23 ± 0,62    | 49,60 ± 7,23      | 37,70 ± 15,00              |
| Rifloc 4530                                     | 7,48 ± 0,24 | 58,50 ± 16,41              | 7,00 ± 2,65   | 3,66 ± 1,86    | 50,60 ± 6,77      | 36,97 ± 11,34              |
| Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 6,96 ± 0,29 | 63,63 ± 21,08              | 7,00 ± 2,62   | 1,57 ± 0,59    | 63,10 ± 7,98      | 23,94 ± 8,60               |
| PAX-XL 10                                       | 7,36 ± 0,14 | 53,79 ± 12,41              | 7,00 ± 1,87   | 2,00 ± 0,71    | 47,00 ± 8,63      | 39,13 ± 11,06              |
| D.L. 119/2019                                   | ---         | ---                        | ≤ 10          | ≤ 5            | ---               | ---                        |

Através da análise da Tabela 3, é possível verificar que o valor médio de SST após a adição de todos os coagulantes testados é aproximadamente igual. No entanto, a análise da taxa de remoção de SST demonstra que o sulfato de alumínio apresenta maiores valores para este parâmetro. Adicionalmente, este coagulante oferece uma maior transmitância, menor turvação, menor CQO e menor valor de pH em comparação com os outros coagulantes testados. Por outro lado, após a adição de PAX-XL 10, as amostras obtiveram a menor taxa de remoção de SST e transmitância, e a maior quantidade de CQO.

### 3.1.1. Taxa de remoção de SST

Os gráficos da Figura 19 permitem comparar os resultados relativos à taxa de remoção de SST entre os quatro coagulantes utilizados - cloreto de ferro (III), Rifloc 4530, sulfato de alumínio e PAX-XL 10 - considerando as várias doses de tratamento.

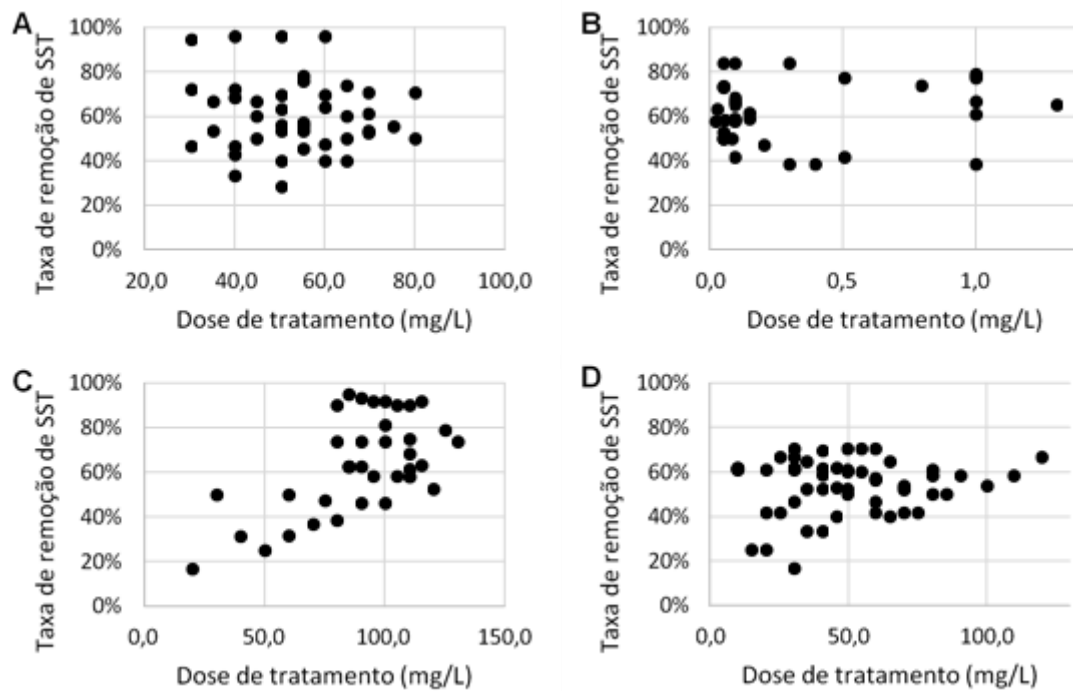


Figura 19 - Taxa de remoção de sólidos suspensos totais (SST) (%) obtida após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10.

Uma vez mais, e de forma mais evidente, os resultados descritos na Tabela 3 são verificados através da análise dos gráficos da Figura 19: o coagulante sulfato de alumínio (Figura 19C), que previamente tinha demonstrado um valor de remoção de SST superior aos restantes, apresentou diversos ensaios com valores de remoção de SST elevados a atingirem os 90 a 95%. As doses de tratamento ideais para a obtenção destes valores são de 80,0 a 115,0 mg/L.

O cloreto de ferro (III) (Figura 19A), apresentou valores na ordem dos 96% de remoção de SST, no entanto, estes valores mais elevados foram obtidos com menos frequência que com o sulfato de alumínio. As doses de tratamento ideais do cloreto de ferro encontram-se entre 30,0 e 60,0 mg/L.

Para o Rifloc 4530 (Figura 19B) e PAX XL (Figura 19D) obtiveram-se valores de remoção de SST mais baixos. No caso do Rifloc 4530, a taxa de remoção mais elevada foi atingida para doses de tratamento entre 0,05 e 0,30 mg/L, rondando os 84%. No caso

do PAX XL 10 as taxas de remoção mais elevadas foram de cerca de 71% para doses de tratamento entre 30,0 e 60,0 mg/L.

### 3.1.2. Teor de SST

Os gráficos da Figura 20 permitem comparar os resultados relativos à análise de SST entre os quatro coagulantes utilizados - cloreto de ferro (III), Rifloc 4530, sulfato de alumínio e PAX-XL 10 - considerando as várias doses de tratamento.

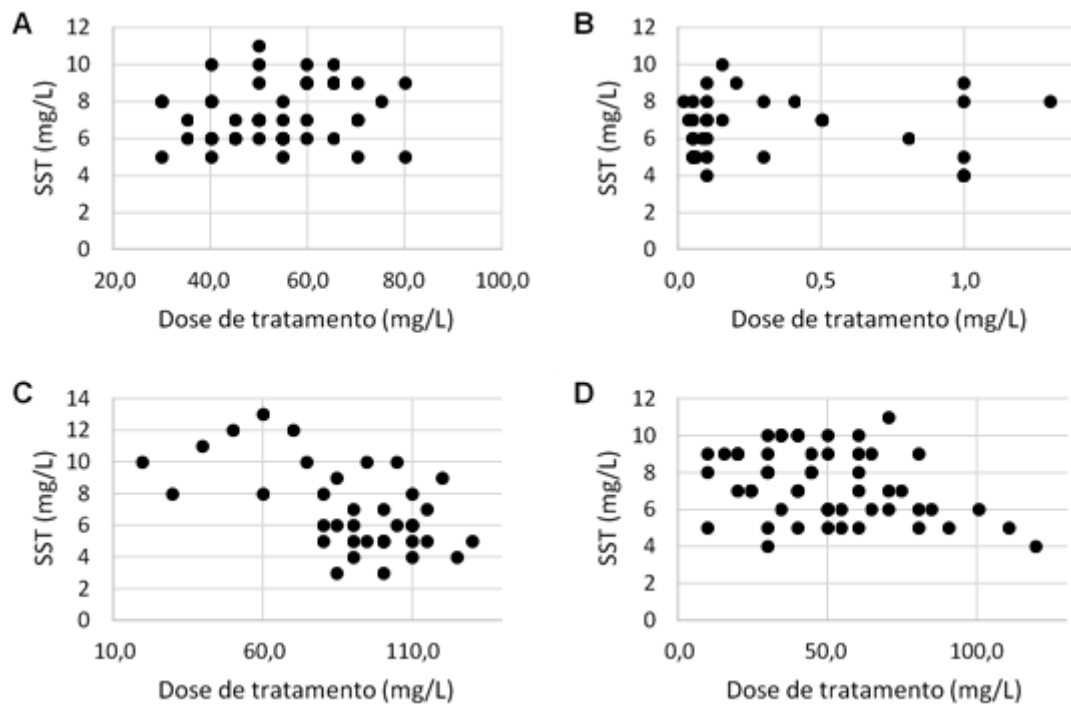


Figura 20 - Valores de sólidos suspensos totais (SST) (mg/L) obtidos após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10.

Pela análise da Figura 20, é possível verificar as conclusões retiradas anteriormente na Tabela 3: o coagulante sulfato de alumínio (Figura 20C) apresenta os melhores resultados relativamente à remoção de SST o que originou os valores mais baixos deste parâmetro (3 mg/L) em doses de tratamento entre 85,0 e 100,0 mg/L.

Relativamente aos restantes coagulantes testados, os valores mínimos de SST obtidos foram ligeiramente superiores. Para o cloreto de ferro (III) (Figura 20A), o menor valor de SST foi de 5 mg/L e foi obtido entre uma dose de tratamento entre 30,0 e 80,0 mg/L. Para o Rifloc 4530 (Figura 20B), o menor valor de SST foi de 4 mg/L numa dose de tratamento entre 0,10 e 1,0 mg/L. Por fim, para o PAX XL 10 (figura 20D), o menor teor de SST foi 4 mg/L numa dose de tratamento entre 30,0 e 120,0 mg/L.

A maioria dos resultados encontra-se abaixo do valor referenciado na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019). Apenas 6 *Jar Test* obtiveram um valor superior a este limite: para o cloreto de ferro (III) entre doses de tratamento de 40,0 a 60 mg/L, para o sulfato de alumínio entre doses de tratamento de 30,0 a 80,0 mg/L e para o PAX XL entre doses de tratamento de 50,0 a 100,0 mg/L.

### 3.1.3. Turvação

Os gráficos da Figura 21 permitem comparar os resultados relativos aos valores de turvação entre os quatro coagulantes utilizados - cloreto de ferro (III), Rifloc 4530, sulfato de alumínio e PAX-XL 10 - considerando as várias doses de tratamento.

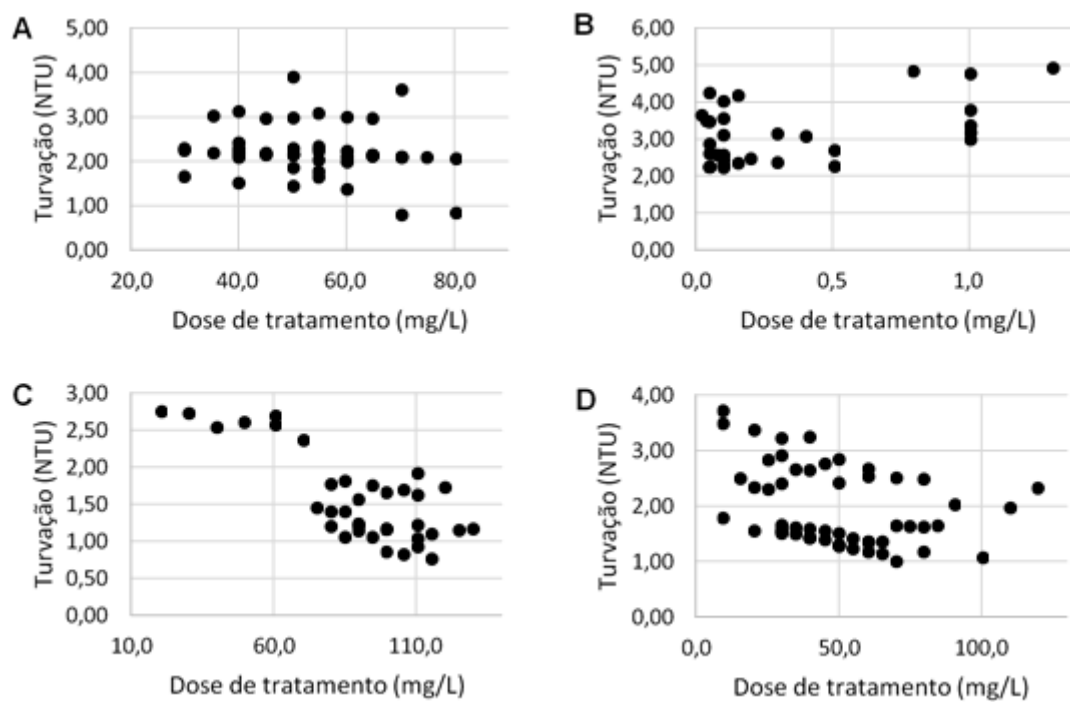


Figura 21 - Valores de turvação (NTU) obtidos após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10.

Como já concluído anteriormente, o coagulante menos eficaz na remoção da turvação foi o Rifloc 4530 (Figura 21B). Com a adição deste, os menores valores de turvação obtidos foram de cerca de 2,23 a 2,28 NTU para doses de tratamento entre 0,05 e 0,50 mg/L.

Com a adição do coagulante cloreto de ferro (III) (Figura 21A), a menor turvação obtida foi de 0,80 e 0,84 NTU para doses de tratamento entre 70,0 e 80,0 mg/L. Estes resultados foram comparáveis ao coagulante sulfato de alumínio (Figura 21C) cujos

menores valores de turvação foram 0,76 a 0,86 NTU para doses de tratamento entre 100,0 e 115,0 mg/L. No entanto, os resultados obtidos para o sulfato de alumínio foram melhores dado que um maior número de *Jar Test* obteve turvação relativamente baixas.

Por fim, com a adição do PAX XL 10 (Figura 21D), os menores valores de turvação obtidos foram de 1,01 a 1,15 NTU para doses de tratamento entre 65,0 e 100,0 mg/L. Todos os resultados apresentados estão abaixo do valor referenciado no Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

### 3.1.4. Transmitância

Os gráficos da Figura 22 permitem comparar os resultados relativos às percentagens de transmitância entre os quatro coagulantes utilizados - cloreto de ferro (III), Rifloc 4530, sulfato de alumínio e PAX-XL 10 - considerando as várias doses de tratamento.

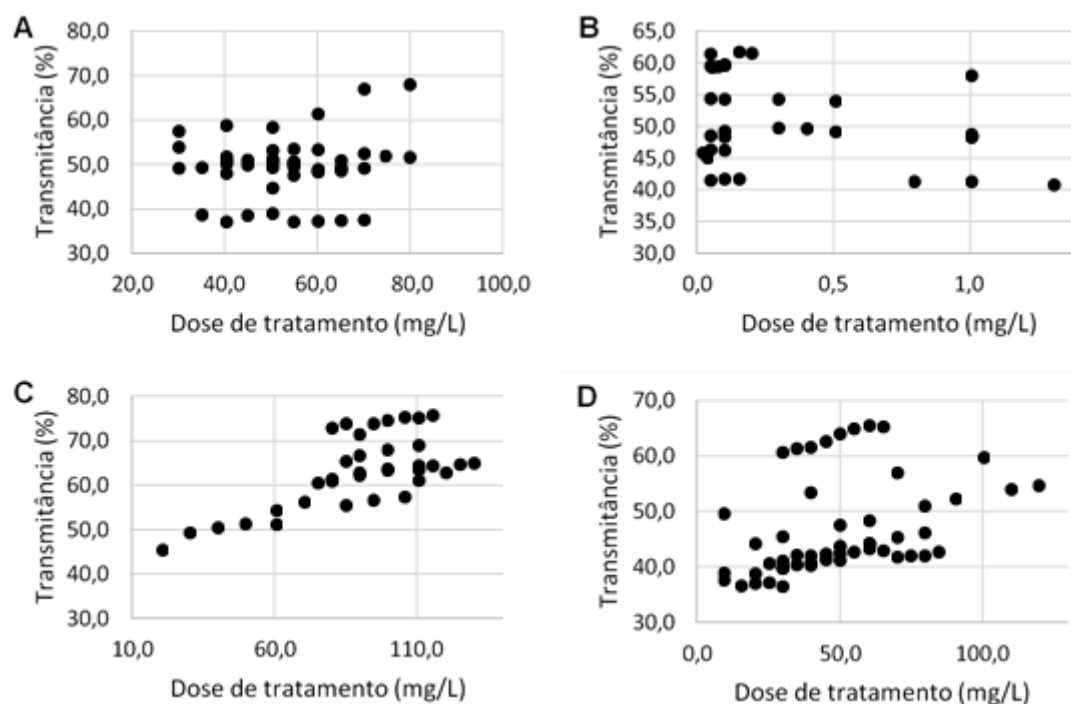


Figura 22 - Percentagem de transmitância (%) obtida após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10.

Os coagulantes que obtiveram melhores resultados relativamente à percentagem de transmitância foram o Rifloc 4530 (Figura 22B) e o sulfato de alumínio (Figura 22C) com valores de transmitância sempre acima de 40%. No entanto, de uma maneira geral, a adição de sulfato de alumínio originou maiores percentagens de transmitância com valores de 73,9 a 75,8% para doses de tratamento entre 85,0 e 115,0 mg/L. O Rifloc

4530 (Figura 22B), por sua vez, originou valores de transmitância na ordem dos 61,5 a 61,8% para doses de tratamento entre 0,05 mg/L e 0,20 mg/L.

Os coagulantes cloreto de ferro (III) e PAX XL 10 foram os que obtiveram piores resultados no que diz respeito à transmitância com valores superiores a 35%. A adição de cloreto de ferro (III) (Figura 22A), originou valores de transmitância na ordem dos 67,0 a 68,1 para doses de tratamento entre os 70,0 mg/L e os 80,0 mg/L. Por fim, a adição do PAX XL 10 (Figura 22D) originou percentagens de transmitância na ordem dos 62,6 a 65,5% para doses de tratamento entre 45,0 e 65,0 mg/L.

### 3.1.5. CQO

Os gráficos da Figura 23 permitem comparar os resultados relativos à CQO entre os quatro coagulantes utilizados - cloreto de ferro (III), Rifloc 4530, sulfato de alumínio e PAX-XL 10 - considerando as várias doses de tratamento.

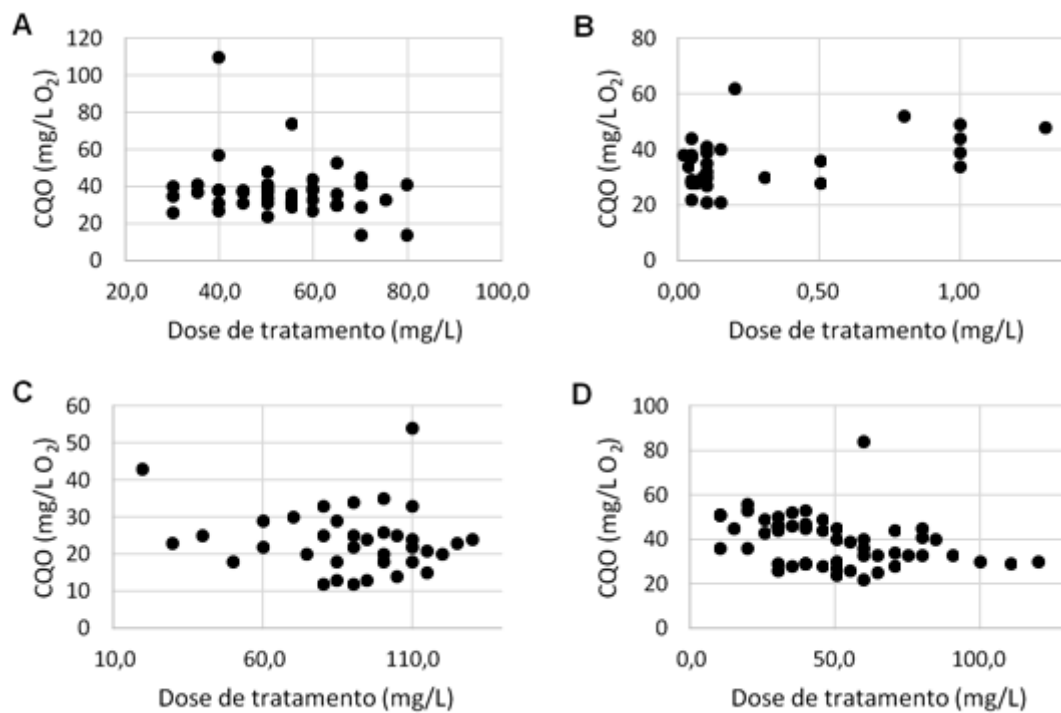


Figura 23 - Valores de CQO (mg/L O<sub>2</sub>) obtidos após a adição dos quatro coagulantes testados, considerando várias doses de tratamento. A) Cloreto de ferro (III); B) Rifloc 4530; C) Sulfato de alumínio; D) PAX-XL 10.

O coagulante com os melhores resultados relativamente ao CQO foi o sulfato de alumínio (Figura 23C). Para este, os valores de CQO obtidos foram os mais baixos (10,0 a 35,0 mg/L O<sub>2</sub>) para doses de tratamento entre 80,0 e 120,0 mg/L. Outros valores



baixos de CQO foram 12,0 e 13,0 mg/L O<sub>2</sub> para doses de tratamento entre 80,0 e 95,0 mg/L.

Com cloreto de ferro (III) (Figura 23A), os valores obtidos estão fundamentalmente entre 20,0 e 50,0 mg/L O<sub>2</sub>. Os menores valores são de 14 mg/L O<sub>2</sub> numa dose de tratamento entre 70,0 e 80 mg/L.

Com Rifloc 4530 (Figura 23B), os valores obtidos estão entre 20,0 e 40,0 mg/L O<sub>2</sub> numa dose de tratamento entre 0,03 e 0,50 mg/L. Os valores mais baixos são de 21,0 e 22,0 mg/L O<sub>2</sub>, entre os 0,05 e os 0,15 mg/L de dose de tratamento.

Por fim, com PAX XL 10 (Figura 23D), os valores encontram-se entre 20,0 e 55,0 mg/L O<sub>2</sub> numa dose de tratamento entre 30,0 e 85,0 mg/L. Os valores mais baixos estão entre 22,0 e 26,0 mg/L O<sub>2</sub> numa dose entre 30,0 e 60,0 mg/L.

### 3.1.6. Determinação de CQO solúvel

Para além das análises referidas anteriormente, foram conduzidas mais duas análises específicas: determinação de CQO solúvel em todas as água sobrenadantes e determinação de ferro para a água sobrenadante tratada com cloreto de ferro (III). Na Tabela 4 estão apresentados os resultados da determinação de CQO solúvel em relação ao coagulante utilizado e a uma dose de tratamento desse mesmo.

Tabela 4 - Resultados da determinação de CQO solúvel para dose de tratamento de cada coagulante.

| Coagulante                                      | Dose de tratamento (mg/L) | CQO solúvel (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|-------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| FeCl <sub>3</sub>                               | 40,0                      | 44                                 |
|                                                 | 45,0                      | 48                                 |
|                                                 | 50,0                      | 53                                 |
|                                                 | 55,0                      | 45                                 |
| Rifloc 4530                                     | 0,05                      | 42                                 |
|                                                 | 0,10                      | 43                                 |
|                                                 | 0,50                      | 40                                 |
|                                                 | 1,00                      | 36                                 |
| Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 80,0                      | 58                                 |
|                                                 | 90,0                      | 45                                 |
|                                                 | 100,0                     | 51                                 |
|                                                 | 110,0                     | 48                                 |
| PAX XL 10                                       | 30,0                      | 52                                 |
|                                                 | 35,0                      | 53                                 |
|                                                 | 40,0                      | 60                                 |
|                                                 | 45,0                      | 56                                 |

Através da análise da Tabela 4, verifica-se que o coagulante Rifloc 4530, com doses de tratamento entre 0,05 e 1,00 mg/L, apresenta valores mais baixos de CQO solúvel.

O menor valor de CQO solúvel foi 36 mg/L O<sub>2</sub> para a dose de tratamento 1,00 mg/L. O maior valor foi de 43 mg/L para 0.10 mg/L.

Por outro lado, o coagulante que apresenta maiores valores de CQO solúvel é o PAX XL10 usado numa dose de tratamento entre 30,0 e 45,0 mg/L. O tratamento com este coagulante apresentou um menor valor de CQO solúvel de 52 para uma dose de tratamento de 30,0 mg/L e um maior valor de CQO solúvel de 60 mg/L para uma dose de tratamento de 40 mg/L.

Para tratamento com cloreto de ferro (III), utilizou-se uma dose entre 40,0 e 55,0 mg/L. O menor valor de CQO solúvel foi 44 mg/L O<sub>2</sub> para uma dose de tratamento de 40,0 mg/L; o maior foi 53 mg/L O<sub>2</sub> para 50,0 mg/L.

Para tratamento com sulfato de alumínio, utilizou-se uma dose entre 80,0 e 110,0 mg/L. O menor valor de CQO solúvel foi 45 mg/L para uma dose de tratamento de 90,0 mg/L; o maior foi 58 mg/L O<sub>2</sub> para 80,0 mg/L.

### 3.1.7. Determinação de Ferro

Na Tabela 5, encontram-se os resultados da determinação do ferro no sobrenadante das amostras de efluente tratados com o cloreto de ferro (III).

Tabela 5 - Resultados para a determinação de Ferro e comparação com o valor referenciado no Decreto-Lei n.º 119/2019.

| Dose de tratamento (mg/L) | Ferro (mg/L Fe) |
|---------------------------|-----------------|
| 35,0                      | 1,04            |
| 40,0                      | 1,12            |
| 40,0                      | 1,44            |
| 45,0                      | 1,12            |
| 45,0                      | 1,27            |
| 50,0                      | 1,28            |
| 50,0                      | 1,24            |
| 55,0                      | 1,35            |
| 55,0                      | 1,63            |
| 60,0                      | 1,68            |
| 65,0                      | 1,68            |
| 70,0                      | 1,71            |
| D.L. n.º 119/2019         | 2,00            |

O menor valor foi de 1,04 mg/L Fe para uma dose de tratamento de 35,0 mg/L. Já o maior valor foi de 1,71 mg/L Fe para uma dose de 70,0 mg/L. Em todas as doses analisadas, o valor de ferro foi sempre inferior ao valor referenciado no Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

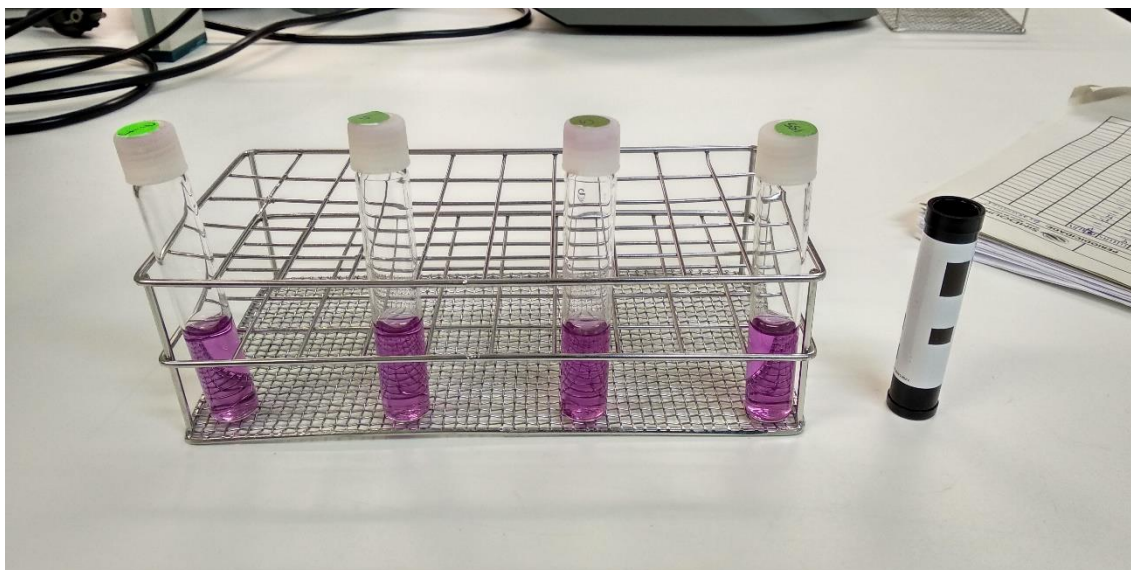


Figura 24 - Cuvetes de reação do kit Merck Spectroquant® Iron Test 0.0025-5.00 mg/L Fe para a determinação de ferro na água sobrenadante dos ensaios com cloreto de ferro (III).

### 3.1.8. Ensaios à escala real

No gráfico da Figura 25 observa-se a taxa de remoção de SST da água amostrada após a filtração de areia no ensaio de 24 horas de 7 de julho de 2020. Os resultados das análises estão na Tabela III do Anexo I.

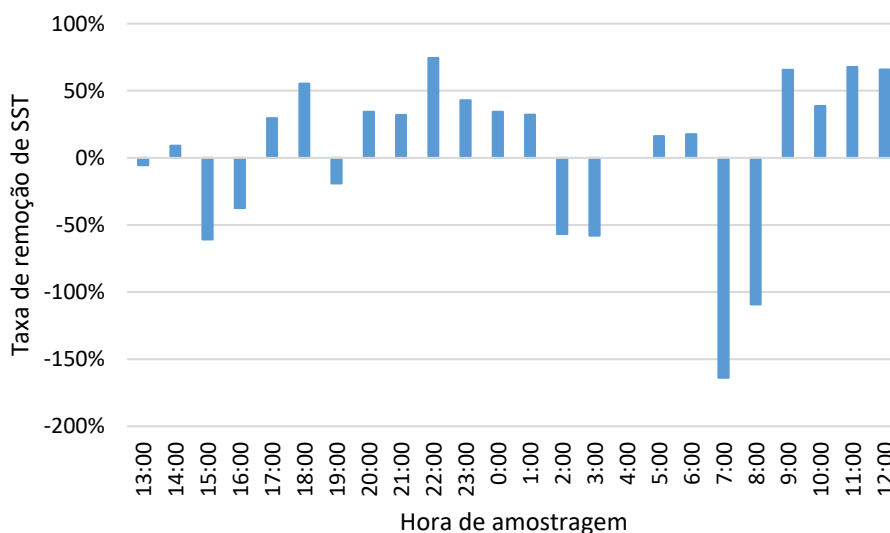


Figura 25 - Representação gráfica da taxa de remoção de SST por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 24 horas de dia 7 de julho de 2020.

Na maior parte das amostragens, a taxa de remoção de SST encontrou-se positiva, atingindo o valor mais elevado de 74,45% às 22:00 horas. No entanto, todos os valores

de SST da água amostrada são superiores ao legislado na Classe A no Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

No gráfico da Figura 26, observa-se a comparação entre os valores de turvação do efluente final e da água recolhida após a filtração de areia no ensaio de 24 horas.

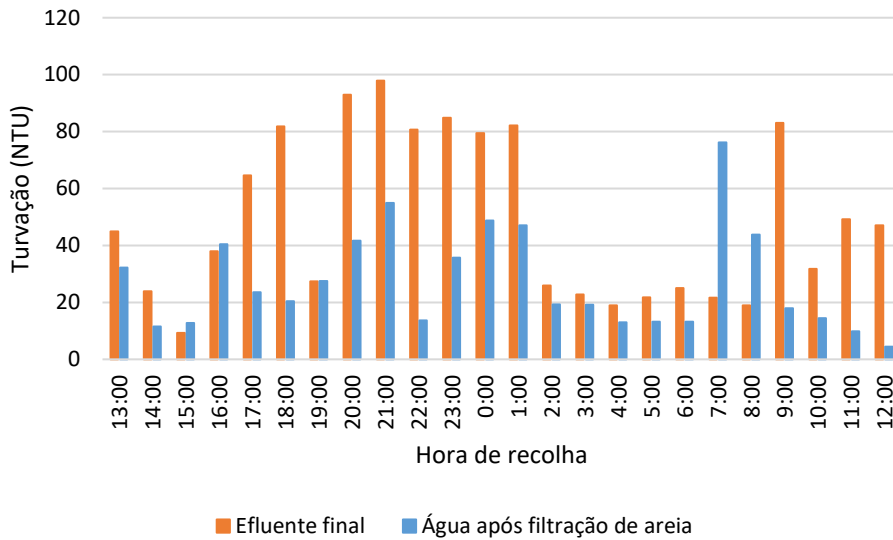


Figura 26 - Representação gráfica dos valores de turvação por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 24 horas de dia 7 de julho de 2020.

Tal como no caso da taxa de remoção de SST, na maior parte das amostragens, o valor de turvação diminuiu do efluente para a água após a filtração. Novamente, todos os valores menos um são superiores ao referenciado na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019). O valor de turvação mais baixo e que respeita o valor legislado foi 4,43 NTU às 12:00 horas.

No gráfico da Figura 27, observa-se a comparação entre os valores de transmitância do efluente final e da água recolhida após a filtração de areia no ensaio de 24 horas.

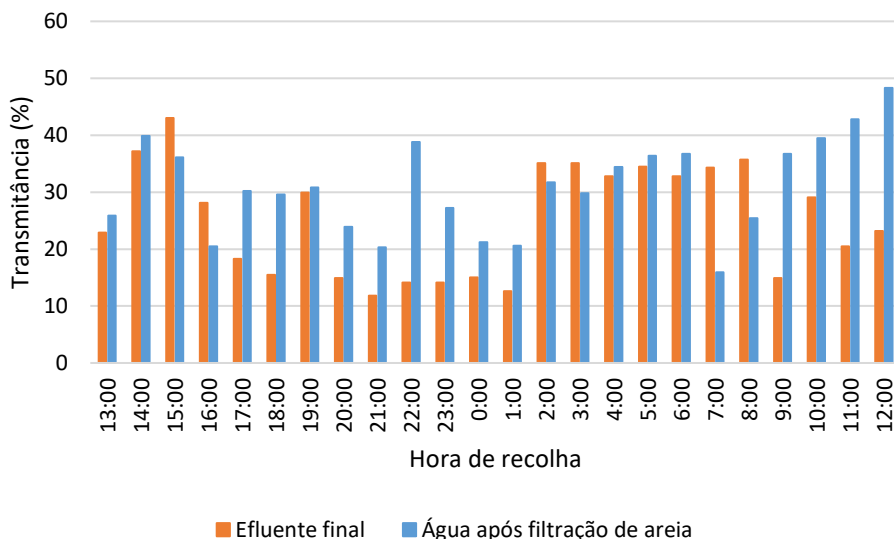


Figura 27 - Representação gráfica dos valores de transmitância por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 24 horas de dia 7 de julho de 2020.

Neste caso, na maioria das horas, o valor de transmitância aumentou do efluente para a água após a filtração. O valor de transmitância mais alto foi 48,3% às 12:00 horas.

No gráfico da Figura 28, observa-se a taxa de remoção de SST da água amostrada após a filtração de areia no ensaio de 12 horas de dia 9 de julho de 2020. Os resultados das análises estão na Tabela IV do Anexo I.

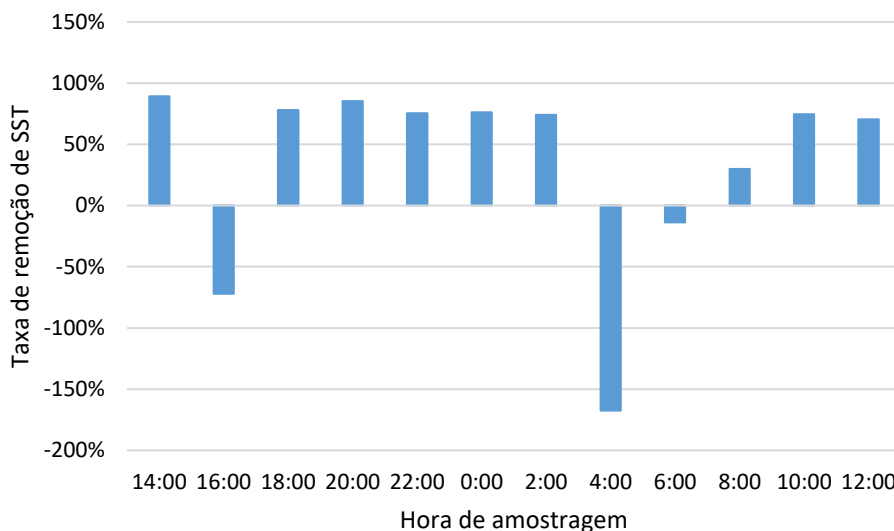


Figura 28 - Representação gráfica da taxa de remoção de SST por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 12 horas de dia 9 de julho de 2020.

Tal como no ensaio de 24 horas, a maioria das amostras apresenta taxa de remoção de SST positiva, chegando a rondar valores entre os 70-80%. O valor mais elevado foi 89,38% às 14:00 horas. No entanto, todos os valores continuaram a ser superiores ao

legislado na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

No gráfico da Figura 29, observa-se a comparação entre os valores de turvação do efluente final e da água recolhida após a filtração de areia no ensaio de 12 horas.

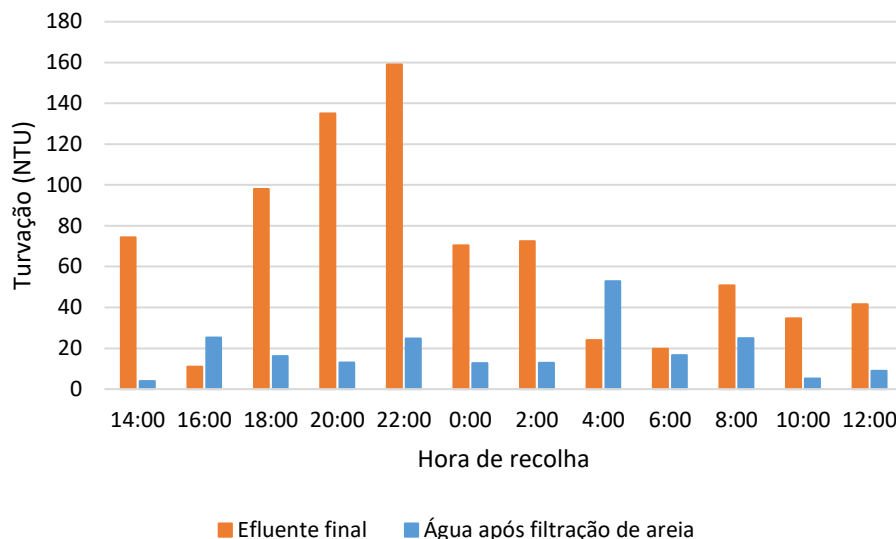


Figura 29 - Representação gráfica dos valores de turvação por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 12 horas de dia 9 de julho de 2020.

Tal como no ensaio de 24 horas, o valor de turvação diminuiu do efluente para a água após a filtração na maioria das recolhas. Todos os valores menos um continuaram a ser superiores ao legislado na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019). O valor de turvação mais baixo e que respeita o valor referenciado foi 3,98 NTU às 14:00 horas.

No gráfico da Figura 30, observa-se a comparação entre os valores de transmitância do efluente final e da água recolhida após a filtração de areia no ensaio de 12 horas.

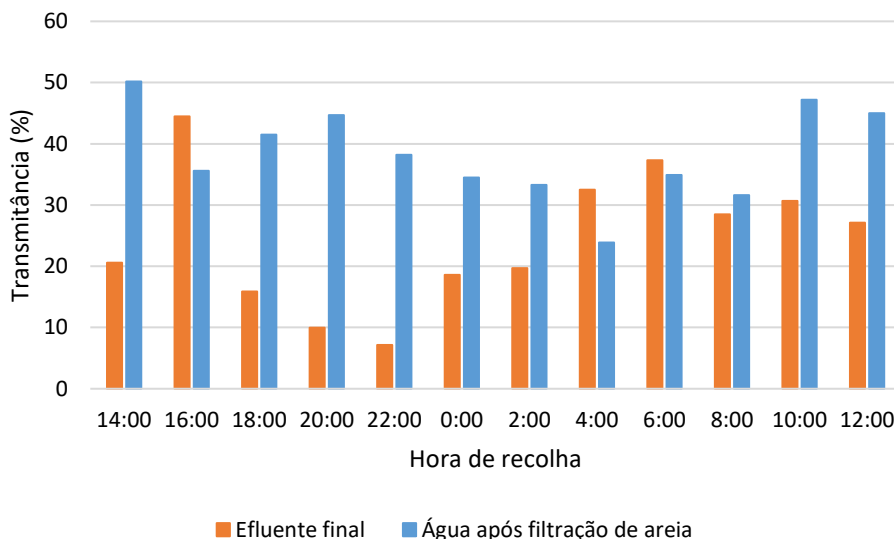


Figura 30 - Representação gráfica dos valores de transmitância por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 12 horas de dia 9 de julho de 2020.

Neste caso, na maioria das horas, o valor de transmitância aumentou do efluente final para a água após a filtração. O valor de transmitância mais alto foi 50,2% às 14:00 horas.

No gráfico da Figura 31, observa-se a taxa de remoção de SST na água amostrada após a filtração de areia no ensaio de 6 horas de dia 17 de julho de 2020. Os resultados das análises estão na Tabela V do Anexo I.

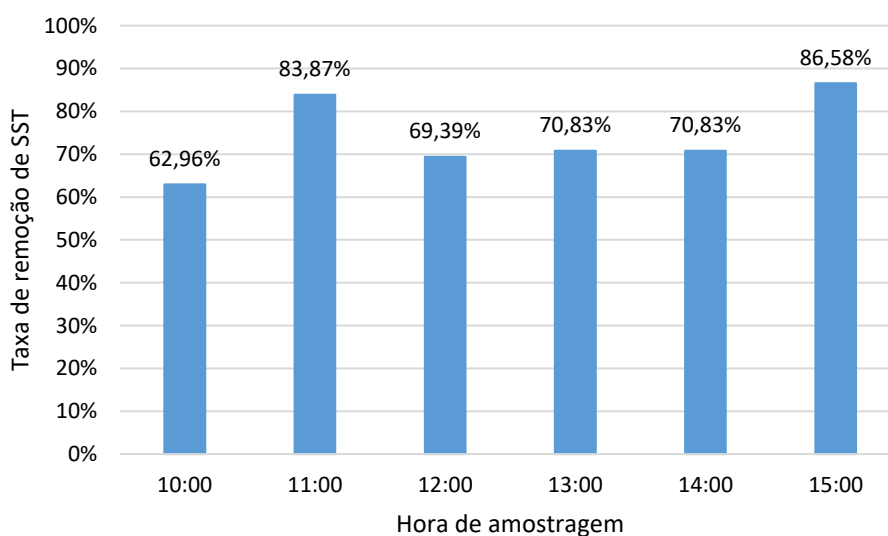


Figura 31 - Representação gráfica da taxa de remoção de SST por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 6 horas de dia 17 de julho de 2020.

Ao contrário dos ensaios de 24 e 12 horas, a taxa de remoção de sólidos foi positiva em todas as amostragens, atingindo um valor máximo de 86,58% às 15:00 horas. No

entanto, todos os valores continuaram a ser superiores ao legislado na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

No gráfico da Figura 32, observa-se a comparação entre os valores de turvação do efluente final e da água recolhida após a filtração de areia no ensaio de 6 horas.

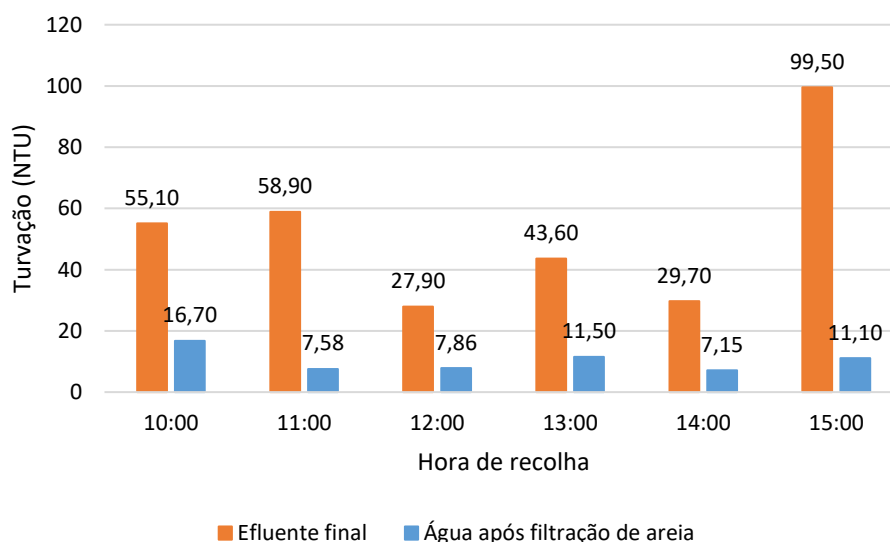


Figura 32 - Representação gráfica dos valores de turvação por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 6 horas de dia 17 de julho de 2020.

O valor de turvação diminuiu do efluente para a água após a filtração em todas. Todos os valores continuaram a ser superiores ao legislado na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019). O valor de turvação mais baixo foi 7,15 NTU às 14:00 horas.

No gráfico da Figura 33, observa-se a comparação entre os valores de transmitância do efluente final e da água recolhida após a filtração de areia no ensaio de 6 horas.



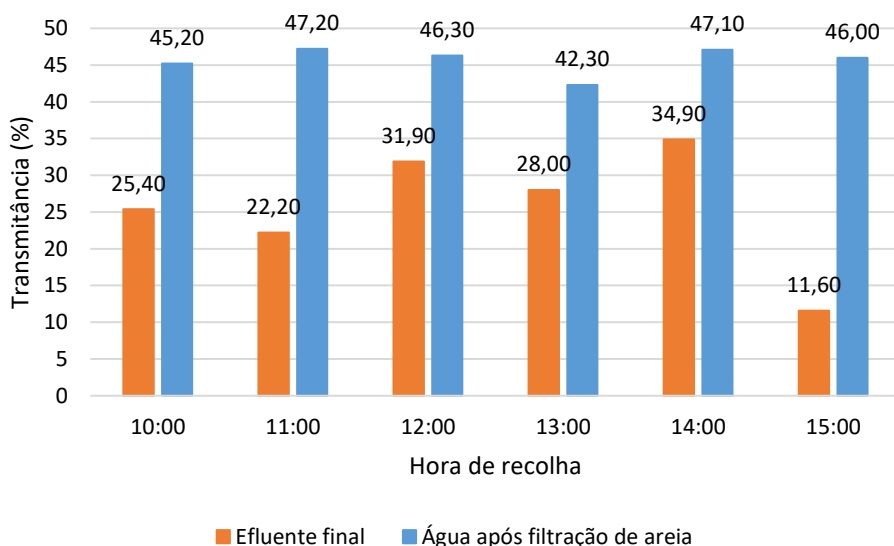


Figura 33 - Representação gráfica dos valores de transmitância por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 6 horas de dia 17 de julho de 2020.

O valor de transmitância aumentou do efluente final para a água após a filtração em todas as recolhas. O valor de transmitância mais alto foi 47,2% às 11:00 horas.

No gráfico da Figura 34, observa-se a taxa de remoção de SST da água amostrada após a filtração de areia no ensaio de 7 horas de dia 22 de setembro de 2020, levado a cabo pela ETAR de Gaia Litoral. Os resultados das análises estão na Tabela VI do Anexo I.

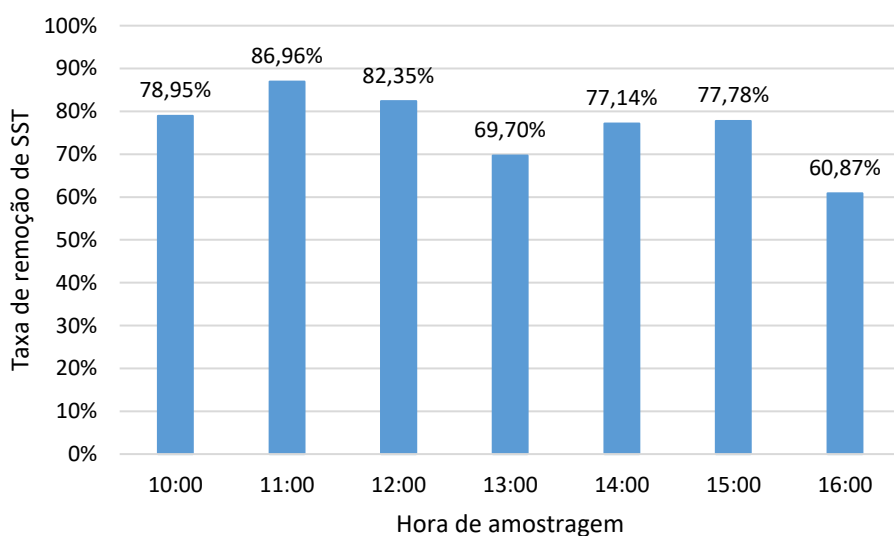


Figura 34 - Representação gráfica da taxa de remoção de SST por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 7 horas de dia 22 de setembro de 2020.

Tal como no ensaio de 6 horas, a taxa de remoção de SST foi positiva em todas as recolhas, atingindo um valor máximo de 86,96% às 11:00 horas. Para além disso, todos

os valores foram inferiores ao valor referenciado na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

No gráfico da Figura 35, observa-se a comparação entre a turvação do efluente final e da água recolhida após a filtração de areia no ensaio de 7 horas.

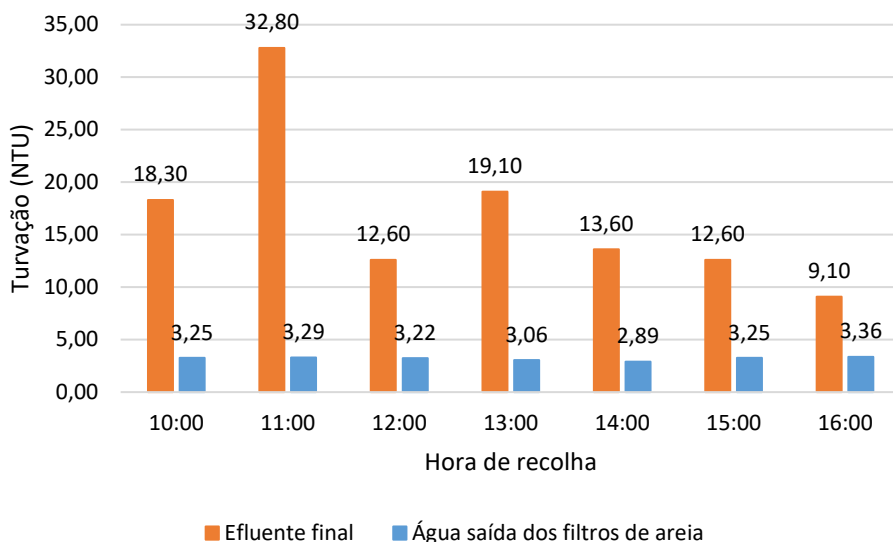


Figura 35 - Representação gráfica dos valores de turvação por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 7 horas de dia 22 de setembro de 2020.

A turvação diminuiu do efluente para a água após a filtração em todas as recolhas. De novo, todos os valores foram inferiores ao valor legislado no Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019). A turvação mais baixa foi 2,89 NTU às 14:00 horas.

No gráfico da Figura 36, observa-se a comparação entre a transmitância do efluente final e da água recolhida após a filtração de areia no ensaio de 7 horas.

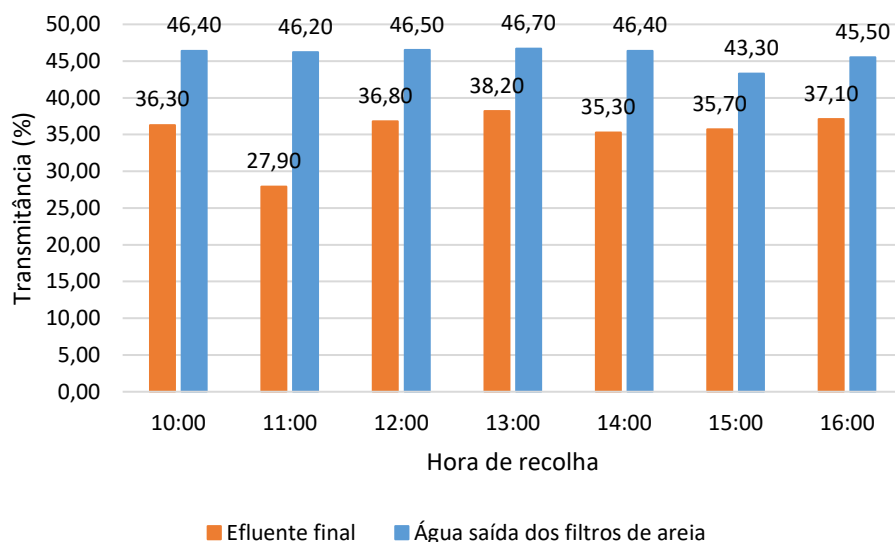


Figura 36 - Representação gráfica dos valores de transmitância por hora da água amostrada após a filtração por areia no ensaio à escala real de 7 horas de dia 22 de setembro de 2020.

A transmitância aumentou do efluente para a água após a filtração em todas as recolhas. A turvação mais alta foi 46,70 % às 13:00 horas, enquanto a mais baixa foi 43,40% às 15:00 horas.

### 3.1.9. Análise de Amónio e Nitratos

A Tabela 6 mostra os valores de Amónia e Nitratos medido no efluente após a filtração de areia durante o período de 4 a 11 de agosto de 2020. Este efluente foi o usado nos ensaios da filtração por microtamisadores.

Tabela 6 - Resultados das análises de determinação de amónia e nitratos em amostras de água filtrada durante o período de 4 a 11 de agosto de 2020 e comparação com o valor de referência na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019.

| Dia de amostragem | Amónia (mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) | Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) |
|-------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 04/08/20          | 38,3                                        | < 0,5                                         |
| 06/08/20          | 25,1                                        | 1,4                                           |
| 11/08/20          | 34,0                                        | 1,1                                           |
| D.L. 119/2019     | 10                                          | ---                                           |

Pode-se verificar que o teor de amónia presente na água saída da filtração de areia ultrapassa o valor referenciado no Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

## 3.2. Ensaios laboratoriais com filtros de microtamisador

### 3.2.1. Ensaios à escala piloto

A totalidade dos resultados das análises ao efluente final, água sobrenadante e água filtrada encontra-se na Tabela I e Tabela II do Anexo II, respetivamente.

A tabela 7 mostra os valores médios de pH, SST, taxa de remoção de SST, Turvação, Transmitância e CQO para o efluente, sobrenadante e água filtrada resultantes dos ensaios à escala piloto com filtros microtamisadores.

Tabela 7 - Resultados médios dos ensaios à escala piloto com filtros microtamisadores para o efluente, sobrenadante e água filtrada, comparados com os valores de referência na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019.

| Água analisada | pH          | Taxa de remoção de SST (%) | SST (mg/L)      | Turvação (NTU)  | Transmitância (%) | CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|----------------|-------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------------|
| Efluente       | 7,38 ± 0,10 | ---                        | 276,25 ± 443,27 | 257,09 ± 428,92 | 33,68 ± 21,66     | 307,75 ± 444,25            |
|                | 7,11 ± 0,10 | 82,67 ± 14,96              | 4,50 ± 2,50     | 1,57 ± 0,57     | 53,60 ± 12,39     | 30,13 ± 10,37              |
| Sobrenadante   | 7,49 ± 0,15 | -36,56 ± 63,33             | 6,00 ± 5,52     | 1,81 ± 0,61     | 53,76 ± 10,51     | 37,50 ± 30,50              |
| D.L. 119/2019  | ---         | ---                        | ≤ 10            | ≤ 5             | ---               | ---                        |

Verifica-se que houve um ligeiro aumento em todos menos num dos parâmetros da água sobrenadante para a água filtrada. A média da taxa de remoção de SST diminuiu para valores negativos.

Em média, os valores de SST e turvação da água passada por filtros microtamisadores estão abaixo dos valores referenciados na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

### 3.2.2. Ensaios à escala real

A Tabela 8 mostra os valores médios de pH, SST, taxa de remoção de SST, Turvação, Transmitância e CQO para o efluente, sobrenadante e água filtrada resultantes dos ensaios à escala real com filtros-microtamisadores.

Tabela 8 - Resultados médios dos ensaios à escala real com filtros microtamisadores para o efluente, água saída dos filtros e água filtrada, comparados com os valores de referência do Decreto-Lei n.º 119/2019.

| Água analisada | pH          | Taxa de remoção de SST (%) | SST (mg/L)    | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|----------------|-------------|----------------------------|---------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| Efluente       | 7,52 ± 0,15 | ---                        | 42,57 ± 19,23 | 25,69 ± 17,31  | 32,29 ± 8,26      | 94,14 ± 28,99              |
|                | 7,55 ± 0,18 | 51,15 ± 28,92              | 17,57 ± 9,33  | 7,59 ± 4,08    |                   | 67,86 ± 35,72              |
| Sobrenadante   | 7,65 ± 0,13 | 21,45 ± 26,32              | 12,93 ± 4,42  | 6,95 ± 4,00    | 41,04 ± 4,57      | 55,29 ± 8,65               |
|                | ---         | ---                        | ≤ 10          | ≤ 5            |                   | ---                        |

Nos ensaios à escala real, como demonstrado na Tabela 8, houve uma ligeira melhoria em SST, turvação e CQO e uma ligeira pioria na taxa de remoção de SST e transmitância. Os desvios padrão para o efluente são muito mais baixos do que nos ensaios à escala piloto, à exceção do pH.

Desta vez, em média, os resultados não vão ao encontro dos valores referenciados pelo Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019), tanto em teor de SST como em turvação.

### 3.3. Avaliação de eficácia de etapa de desinfecção química após tratamento terciário

#### 3.3.1. Determinação de cloro livre e total e dosagem ótima de hipoclorito de sódio

A Tabela 9 mostra os valores de Turvação e Transmitância medido no efluente após a filtração de areia durante o período de 14 a 16 de julho de 2020. Este efluente foi o usado para determinação de cloro livre, total e dosagem ótima de hipoclorito de sódio.

Tabela 9 - Valores de turvação e transmitância da água amostrada na saída dos filtros de areia usada na determinação de cloro livre e total consoante o dia de amostragem.

| Data de amostragem | Turvação (NTU) | Transmitância (%) |
|--------------------|----------------|-------------------|
| 14/07/20           | 11,10          | 40,00             |
| 15/07/20           | 1,53           | 55,00             |
| 16/07/20           | 4,05           | 44,50             |
| D.L. 119/2019      | ≤ 5            | ---               |

Através da Tabela 9, verifica-se que em duas datas de amostragem, o valor de turvação encontra-se abaixo o valor referenciado no Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

No gráfico da Figura 37 estão os resultados da determinação de cloro livre para a dosagem ótima de NaClO consoante o tempo de retenção.

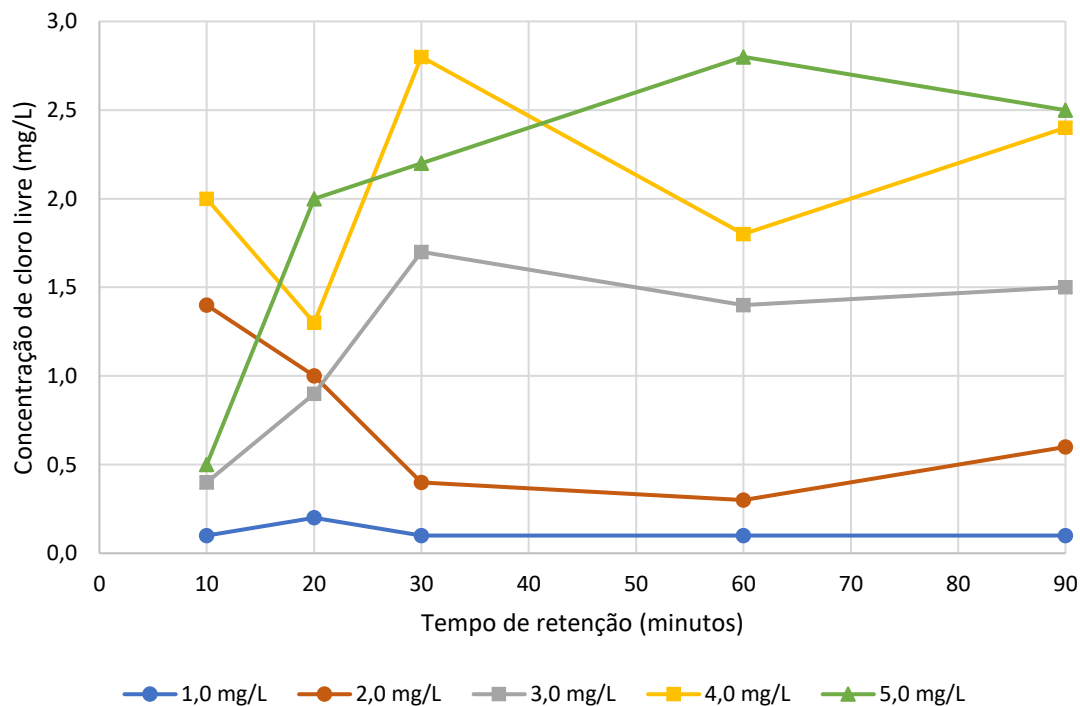


Figura 37 - Resultados da determinação de cloro livre para a dosagem ótima de NaClO. ● - Água saída dos filtros de areia de 14/07/20; ▲ - Água saída dos filtros de areia de 15/07/20; ■ - Água saída dos filtros de areia de 16/07/20.

Foi usada água de dia 14/07 para a dosagem de 1,0 e 2,0 mg/L, de dia 15/07 para 3,0 e 4,0 mg/L e de dia 16/07 para 5,0 mg/L, tanto para a determinação de cloro livre, como de cloro total. O valor de cloro livre mais alto é 2,8 mg/L e pertence tanto a uma dosagem de 4,0 como de 5,0 mg/L, aos 30 e 60 minutos respetivamente. O valor mais baixo é 0,1 mg/L e pertence a uma dose de 1,0 mg/L aos 10, 30, 60 e 90 minutos.

O gráfico da Figura 38 apresenta os resultados da determinação de cloro total para a dosagem ótima de hipoclorito de sódio.

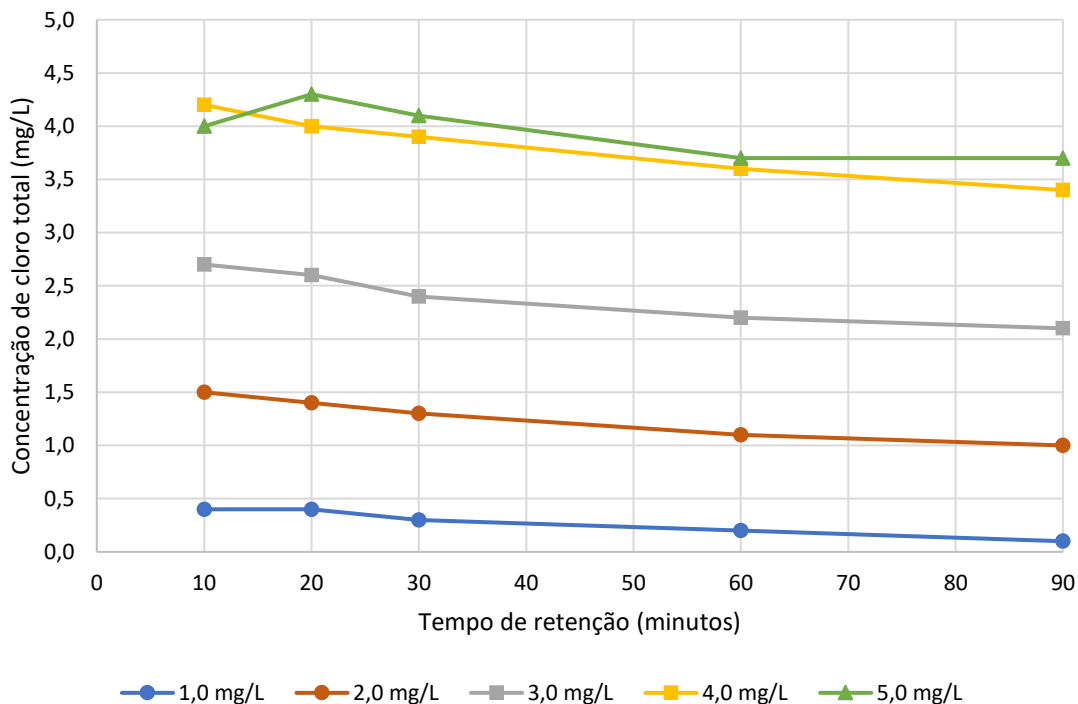


Figura 38 - Resultados da determinação de cloro total para a dosagem ótima de NaClO. ● - Água saída dos filtros de areia de 14/07/20; ▲ - Água saída dos filtros de areia de 15/07/20; ■ - Água saída dos filtros de areia de 16/07/20.

O valor de cloro total mais alto é 4,3 mg/L e a uma dosagem de 5,0 mg/L passados 20 minutos. O valor mais baixo é 0,1 mg/L e pertence a uma dosagem de 1,0 mg/L passados 90 minutos. Os valores das dosagens de 4,0 e 5,0 mg/L são idênticos, enquanto que existe espaçamento de valores com as restantes dosagens. Existe uma tendência de a concentração de cloro total diminuir quanto maior o for tempo de retenção.

### 3.3.2. Quantificação microbiológica

Os resultados dos ensaios de quantificação microbiológica encontram-se na Tabela I do Anexo III, incluindo a taxa de remoção dos microrganismos.

A Tabela 10 mostra os valores de parâmetros físico-químicos analisados da água saída dos filtros de areia na qual se fizeram os ensaios de quantificação microbiológica com hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogénio.

Tabela 10 - Resultados das medições aos parâmetros físico-químicos da água saída dos filtros de areia consoante o dia de amostragem comparados aos valores referenciados na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019.

| Data de amostragem | SST (mg/L) | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | Amónia (mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) | Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) |
|--------------------|------------|----------------|-------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 31/07/20           | 8          | 3,29           | 41,00             | ---                                         | ---                                          |
| 04/08/20           | 16         | 6,07           | 39,30             | 38,30                                       | < 0,50                                       |
| 06/08/20           | 15         | 4,50           | 38,50             | 25,10                                       | 1,40                                         |
| 11/08/20           | 8          | 3,63           | 46,80             | 34,00                                       | 1,10                                         |
| 19/08/20           | 23         | 12,40          | 38,60             | ---                                         | ---                                          |
| 28/08/20           | 11         | 7,46           | 46,50             | ---                                         | ---                                          |
| D.L. 119/2019      | ≤ 10       | ≤ 5,00         | ---               | 10                                          | ---                                          |

Através da análise da Tabela 10, verifica-se que o efluente final tratado com sulfato de alumínio pode atingir valores concordantes com qualidade de Classe A, tanto em SST como turvação. No entanto, a maior parte das amostragens obtiveram valores que não satisfazem os valores referenciados na Classe A do Decreto-Lei nº 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

O gráfico da Figura 39 mostra os resultados da inativação dos ensaios de desinfecção com hipoclorito de sódio em termos logarítmicos.

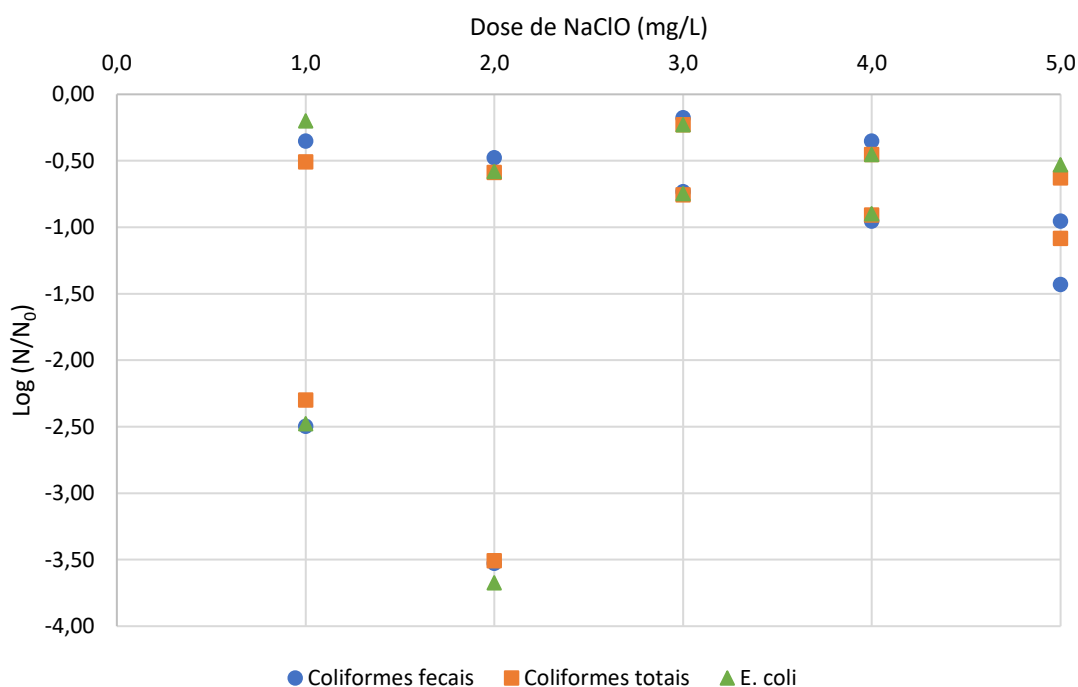


Figura 39 - Resultados da inativação microbiológica em termos logarítmicos usando várias doses de NaClO.

O maior log de inativação para os grupos de microrganismos contados foi atingido para uma dose de 2,0 mg/L (3,63 para coliformes fecais, 3,51 para coliformes totais e 3,67 para *E. coli*). Pelo contrário, o menor log de inativação, também para os três



microrganismos contados, foi atingido para uma dose de 3,0 mg/L (0,18 para coliformes fecais, 0,23 para coliformes totais e *E. coli*). Apenas houve um resultado de contagem microbiológica concordante com o valor referenciado na Classe A do Decreto-Lei n.º 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019), no qual a contagem de *E. coli* foi 0 ufc/100 mL para uma dose de 5,0 mg/L.

O gráfico da Figura 40 mostra os resultados da inativação dos ensaios de desinfecção em termos de remoção microbiológica.

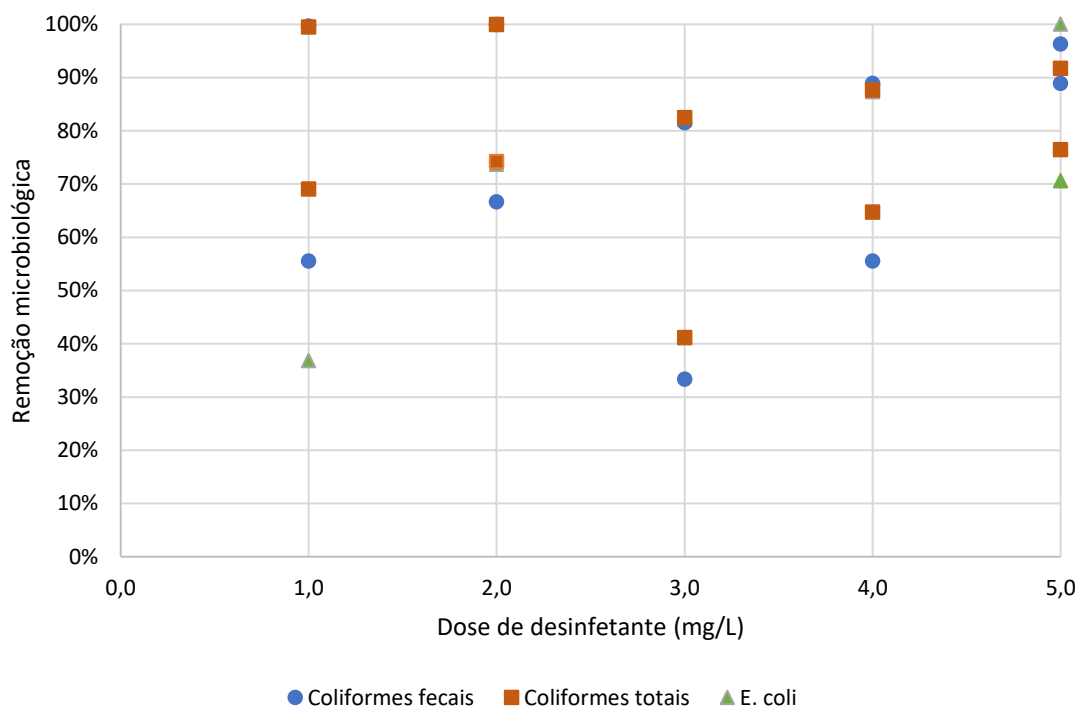


Figura 40 - Resultados da inativação microbiológica em termos logarítmicos usando várias doses de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Pela análise do gráfico da Figura 40, é possível verificar as conclusões retiradas anteriormente na Figura 39. As maiores remoções microbiológicas ocorreram para uma dosagem de 2,0 mg/L de hipoclorito de sódio, atingindo 99,97% em coliformes fecais e totais e 99,98% em *E. coli*. A dosagem de 5,0 mg/L também apresentou resultados satisfatórios, chegando mesmo a remover totalmente a quantidade de *E. coli* (100%). A maioria dos resultados encontra-se acima dos 70%.

O gráfico da Figura 41 mostra os resultados da inativação dos ensaios de desinfecção com peróxido de hidrogénio em termos logarítmicos.

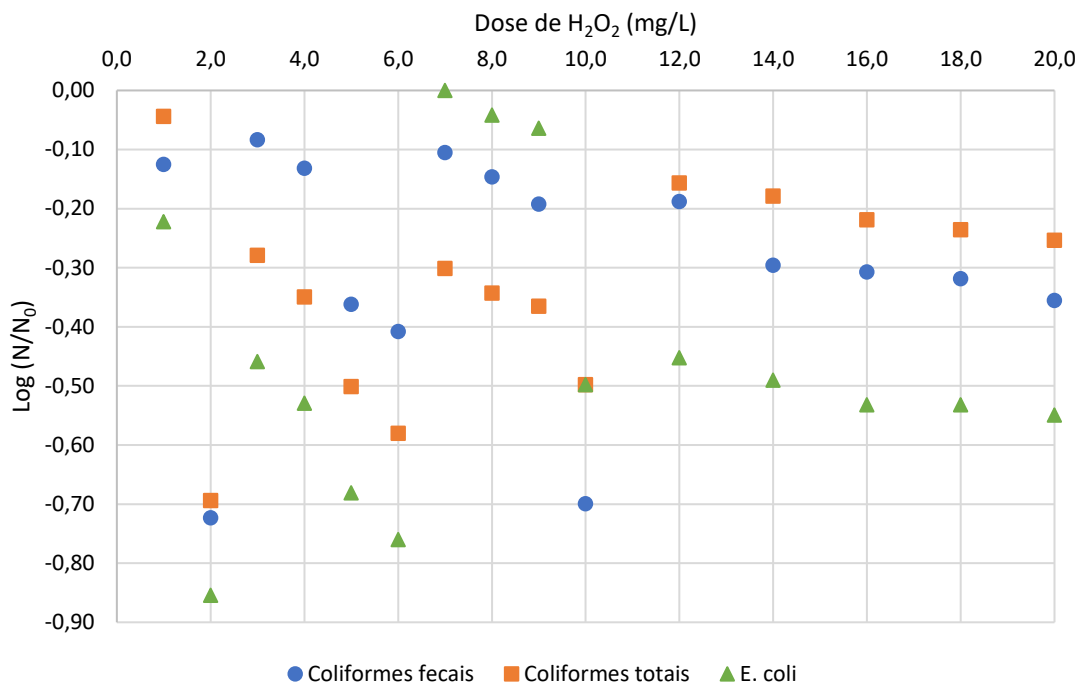


Figura 41 - Resultados da inativação microbiológica em termos de taxa de remoção usando várias doses de NaClO.

O maior log de inativação para os grupos de microrganismos contados foi atingido para uma dose de 2,0 mg/L (0,69 para coliformes totais, 0,72 para coliformes fecais e 0,85 para *E. coli*). Pelo contrário, o menor log de inativação para coliformes fecais foi 0,08 para uma dose de 3,0 mg/L, para coliformes totais foi 0,04 para uma dose de 1,0 mg/L e para *E. coli* foi 0,0 mg/L para uma dose de 7,0 mg/L. Nenhum dos valores de contagem esteve abaixo dos valores referenciados no Decreto-Lei nº 119/2019 (Ambiente e Transição Energética, 2019).

O gráfico da Figura 42 mostra os resultados da inativação dos ensaios de desinfecção com peróxido de hidrogénio em termos de remoção microbiológica.

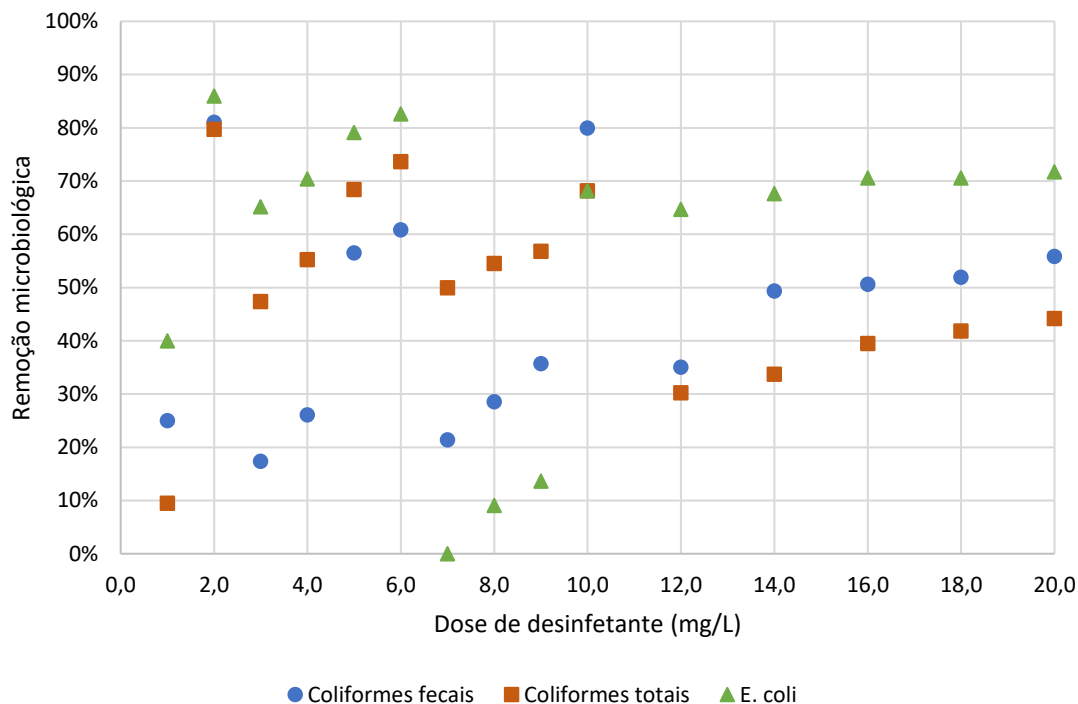


Figura 42 - Resultados da inativação microbiológica em termos de taxa de remoção usando várias doses de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

A análise do gráfico da Figura 42 permite verificar as conclusões retiradas do gráfico da Figura 41. Houve maior remoção microbiológica para uma dosagem de 2,0 mg/L de peróxido de hidrogénio, atingindo valores de 81,07% para coliformes fecais, 79,76% para coliformes totais e 86,00% para *E. coli*. A maioria dos resultados encontra-se abaixo dos 70%.

## 4. Discussão

### 4.1. Jar Test com coagulantes e/ou floculantes

Em relação à decisão do melhor coagulante, tendo em conta todos os resultados obtidos, optou-se por escolher primeiramente o cloreto de ferro (III) por haver já em rigor um contrato com a SIMDOURO para fornecimento do coagulante noutra ETAR e pela sua relação custo/dose, depois optando pelo sulfato de alumínio. Esta mudança deveu-se aos efeitos corrosivos do cloreto de ferro (III) nas tubagens que levam o coagulante até aos filtros de areia e conseqüente gasto monetário em reparações, o que diminui a relação benefício/custo. Ambos apresentaram os melhores resultados para taxa de remoção de sólidos suspensos totais, turvação, transmitância e CQO. O sulfato de alumínio apresentou valores ligeiramente melhores de SST, turvação, transmitância e

CQO comparado com cloreto de ferro (III). Embora o cloreto de ferro tivesse apresentado resultados mais precisos, e a eficácia do sulfato de alumínio seja condicionada por uma gama de pH mais curta do efluente final, é o coagulante que apresenta melhores resultados. Dessa forma, foi escolhido como o coagulante a ser utilizado no tratamento terciário, usando uma gama de dose de tratamento de 80,0 a 115,0 mg/L, focando numa dosagem de 100,0 mg/L. Em estudos semelhantes foram testadas concentrações inferiores de sulfato de alumínio na otimização do processo de coagulação-floculação de ETAR do Brasil e de Espanha. Ao contrário destes estudos, os resultados obtidos para o sulfato de alumínio foram mais baixos que para outros coagulantes com pouca redução de CQO e turvação (Campos *et al.*, 2013; Delgado *et al.*, 2003). Este facto pode dever-se a uma fraca otimização da concentração necessária de sulfato de alumínio ou de diferenças entre os parâmetros físico-químicos dos diferentes efluentes que condicionam a eficácia do coagulante.

Apesar de na metodologia à escala piloto os resultados estarem em concordância com a legislação e serem esperados, tal não se verificou consistentemente nos ensaios à escala real até à data final de estágio. Durante esta fase, foi ainda utilizado o coagulante cloreto de ferro (III), mas depois já se pode continuar com o coagulante escolhido pelos melhores resultados em geral. Vários fatores contribuíram para a grande variabilidade de resultados:

- A captação de água para alimentação dos filtros de areia é efetuada num poço antes da descarga final, podendo existir alguma acumulação de sólidos, sobretudo nas horas de menor caudal, em que a qualidade da água que alimenta os filtros não deverá ser idêntica à do efluente final;
- A existência de decantadores fora de serviço por períodos de algumas horas ou dias devido a avaria/reparação condicionou a qualidade da água alimentada aos filtros e, conseqüentemente, a qualidade da água filtrada obtida nos ensaios à escala real;
- Os ensaios à escala real foram realizados (com exceção do realizado em setembro) em período de plena obra de reabilitação dos reatores biológicos, condicionando uma vez mais a qualidade da água alimentada aos filtros de areia;
- O ponto de amostragem disponível estava colocado no filtro de areia que estava fora de serviço e, apesar de ser uma tubagem comum, nem sempre era garantida a representatividade da amostra. Houve alguns erros de amostragem da água sobrenadante que podem ter alterado o que poderia ser outrora um resultado esperado. Em vários dias, não se conseguiram analisar alguns dos parâmetros pois havia falta de material para esta experiência, dando prioridade às atividades de rotina da ETAR.

A eficácia dos filtros de areia depende também da presença de uma camada de biofilme na parte superior do material percolador. Esta camada, criada pela colmatação física nas primeiras passagens de efluente final pelos filtros de areia, age como um filtro natural para as partículas orgânicas e inorgânicas. Para tal se formar, tinha de se deixar os filtros funcionar por algumas horas, mas era destruída quando se reiniciavam.

O teor de amónia e nitratos também ultrapassa o valor referenciado na legislação. Estes parâmetros são necessariamente controlados no processo biológico e não tanto na etapa de tratamento terciário. Os valores de amónia/nitratos são mais altos do que noutras ETAR porque a mesma não foi concebida para processos de nitrificação/desnitrificação. A alteração em curso nos reatores biológicos permitirá remover nutrientes se a legislação assim o vier a obrigar, fazendo assim cumprir com os limites mais apertados que o Decreto-Lei nº 119/2019 obriga. No entanto, as perspetivas futuras apontam para uma melhoria significativa na remoção de sólidos e CQO e melhora de turvação e transmitância. Os resultados atingidos dia 22 de setembro de 2020 mostram que, com a primeira fase de intervenções prestes a terminar, a qualidade do efluente final melhorou consideravelmente, e conseqüentemente melhorou a qualidade da água filtrada. Assim que todas as intervenções nos reatores terminarem, o sistema será capaz de melhorar o tratamento biológico, resultando num efluente menos carregado, auxiliando o tratamento terciário na melhoria mais profunda da água. Aconselha-se que futuros estudos idênticos sejam levados a cabo de maneira a confirmar esta melhoria do tratamento secundário e respetiva melhoria no tratamento terciário.

## 4.2. Ensaios laboratoriais com filtros de microtamisador

O aumento dos valores de todos os parâmetros analíticos na fase de escala piloto da água sobrenadante para a água filtrada associa-se a uma metodologia com falhas, sem conseguir simular plenamente o desenho original. Os filtros microtamisadores colmataram rapidamente usando apenas a gravidade como força motriz da água, que seria a melhor simulação para os filtros de areia presentes no tratamento terciário. Isto não permitia obter água suficiente para as análises e, por essa razão, para ultrapassar este problema, recorreu-se à filtração de vácuo usando os balões Kitasato. No entanto, e apesar de os resultados estarem em concordância com a legislação, houve uma pioria em praticamente todos os parâmetros. De notar também a má qualidade do efluente final, coincidente com o início das obras de manutenção dos reatores biológicos do tratamento secundário.

O mesmo não se pode dizer dos ensaios à escala real. A água sobrenadante teve origem nos filtros de areia com tratamento, na altura, de coagulante cloreto de ferro (III), e sofreu os mesmos problemas descritos na secção anterior. Esta água tem piores valores analíticos por haver menos controlo que nos *Jar Test*. Dessa forma, a água filtrada pelos filtros microtamisadores apresentou uma ligeira melhoria em relação à água sobrenadante. Embora a maior parte dos valores seja superior ao referenciado na legislação, obtiveram-se resultados perto e até no limite dessa mesma. Em média, todos os parâmetros analíticos melhoraram com o uso dos filtros microtamisadores. No entanto, essa melhoria é pouco satisfatória para os objetivos estabelecidos pela ETAR, que pretendia uma diminuição de 50% nos parâmetros. A razão benefício/custo não justifica atualmente o emprego de filtros microtamisadores na saída da água dos filtros de areia. A melhor operação para complementar o uso de coagulante poderá ser encontrada através de estudos sobre o tamanho das partículas presentes tanto no efluente final, como na água saída dos filtros de areia, e deverá passar, possivelmente, por uma filtração complementar por membranas de ultrafiltração.

### 4.3. Avaliação de eficácia de etapa de desinfeção química após tratamento terciário

Apesar de se observar uma tendência linear descendente na determinação do cloro total, ou seja, quanto maior for o tempo de contacto, menor é a sua concentração, tal não se observa na determinação de cloro livre, especialmente a partir da dosagem de 3,0 mg/L. Esta evolução é natural e chama-se decaimento do cloro ao longo do tempo, podendo ser explicada também pela presença de diferentes teores de matéria orgânica que compete com os microrganismos pelas reações de oxidação do cloro (Souza & Daniel, 2005).

O hipoclorito de sódio é o desinfetante que apresenta melhores resultados de eficácia de inativação microbiológica. Seriam precisas grandes doses de peróxido de hidrogénio ( $\geq 20,0$  mg/L) para atingir os mesmos resultados. Novamente, os diferentes teores de matéria orgânica presente na água a desinfetar podem ter desempenhado um papel importante na obtenção de resultados de inativação diferentes para as mesmas doses de desinfetante, pelos mesmos motivos que na determinação de cloro livre (Souza & Daniel, 2005). O hipoclorito de sódio atingiu bons valores de inativação para os três organismos estudados especificamente, uma vez que os valores se encontram perto uns dos outros em cada dose. Chegou-se a não haver registo de indivíduos de *E. coli* quando a dose foi 5,0 mg/L. Por essa razão, esse valor não entrou no gráfico da

Figura 39. Observa-se que em todas as doses de peróxido de hidrogénio, exceto quatro, a eficácia de inativação de *E. coli* foi superior à dos coliformes totais e fecais. Existe uma tendência de que quanto maior for a dose de desinfetante, maior será a eficácia de inativação nos desinfetantes estudados, mesmo que sejam aplicados em águas com parâmetros físico-químicos diferentes.

O principal fator na desinfecção de água é a concentração de desinfetante pelo tempo de contacto com os microrganismos (Lenntech). Este fator foi pouco controlado nos ensaios, uma vez que após o término dos mesmos, os frascos tinham de ser transportados para a entidade que os analisou por falta do equipamento necessário para realizar as análises pretendidas. O tempo de contacto variou entre poucas horas em alguns ensaios e dias noutros, dificultando a exatidão dos valores pretendidos para o tempo de retenção pensado inicialmente. Outro fator é o tipo de microrganismo presente na água e a sua idade. Bactérias jovens são mais facilmente inibidas do que bactérias maduras (Lenntech). Uma vez que a ETAR Gaia Litoral está equipada com recirculação de lamas biológicas, a idade dos microrganismos é mais avançada. A *E. coli* é um bom indicador de desinfecção, uma vez que é uma bactéria mais resistente ao hipoclorito de sódio (Lenntech). No entanto, existem protozoários como *Giardia* que são ainda mais resistentes, pondo em causa a segurança das doses administradas. Estudos com estes organismos em concreto são aconselhados. A temperatura também pode causar oscilações nos resultados. Temperaturas mais altas ajudam na velocidade de reação, mas também pode causar volatilização ou desintegração do desinfetante (Lenntech). Este fator não foi um problema, visto que a água saída dos filtros se encontrou a temperaturas amenas entre 15 e 20 °C.

## 5. Conclusões

Para as condições do efluente final durante a realização do estágio, o sulfato de alumínio mostrou ser o melhor coagulante, numa gama entre os 80,0 e os 115,0 mg/L, focando a dosagem em 100,0 mg/L. A água tratada com este coagulante atingiu, em média, os melhores resultados em todos os parâmetros analisados (SST, taxa de remoção de SST, turvação, transmitância e CQO).

O emprego de uma fase de filtração por microtamisadores não se justifica de momento na ETAR Gaia Litoral, visto que a eficácia de remoção dos vários parâmetros não atingiu os valores desejados. São aconselhados estudos de diferentes categorias para se obter uma melhor compreensão da qualidade do efluente final:

- continuação dos *Jar Test* com a qualidade do efluente final estabilizada;

- estudos sobre o tamanho das partículas presentes no efluente final e água saída dos filtros de areia de maneira a perceber se a filtração por filtro microtamizador é necessária, ou se se opta por ultrafiltração.

Para as condições presentes na ETAR Gaia Litoral, o hipoclorito de sódio mostrou ser o melhor desinfetante numa gama de dosagem entre os 1,0 e os 5,0 mg/L.

Tendo em conta os resultados para todas as fases do estágio, conclui-se assim que a ETAR Gaia Litoral beneficiaria do uso de uma fase de coagulação/floculação com sulfato de alumínio juntamente com filtração de areia e de uma fase de desinfecção química com hipoclorito de sódio após o tratamento por radiação ultravioleta. Aconselham-se amostragens semanais para monitorizar a evolução da qualidade do efluente final e da água saída dos filtros de areia.

## 6. Referências

- Águas de Portugal. (2015). Missão e visão. Retrieved from <https://www.adp.pt/pt/grupo-adp/missao-e-visao/?id=6>
- Aliada Química de Portugal, L. (2013). Kemira PAX-XL 10. In (pp. 32). Bondalti: Aliada Química de Portugal, Lda.
- Ambiente e Transição Energética. Decreto-Lei n.º 119/2019, (2019).
- Amin, A., Al Bazed, G., & Abdel-Fatah, M. A. (2020). Experimental study and mathematical model of coagulation/sedimentation units for treatment of food processing wastewater. *Ain Shams Engineering Journal*. doi:10.1016/j.asej.2020.08.001
- ASTM International. (2002). Standard test methods for chemical oxygen demand (dichromate oxygen demand) of water. In: ASTM International.
- Barbot, E., Dussouillez, P., Bottero, J. Y., & Moulin, P. (2010). Coagulation of bentonite suspension by polyelectrolytes or ferric chloride: Floc breakage and reformation. *Chemical Engineering Journal*, 156(1), 83-91. doi:10.1016/j.cej.2009.10.001
- Campos, J. C., Machado, B. d. S., Blonski, M. E. D., Bila, D. M., & Ferreira, J. A. (2013). Evaluation of coagulation/flocculation process in the landfill leachate treatment at the Municipal Wastewater Treatment Plant. *Revista Ambiente & Água*, 8, 43-53. Retrieved from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2013000300004&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2013000300004&nrm=iso)
- Chekli, L., Eripret, C., Park, S. H., Tabatabai, S. A. A., Vronska, O., Tamburic, B., Kim, J. H., & Shon, H. K. (2017). Coagulation performance and floc characteristics of polytitanium tetrachloride (PTC) compared with titanium tetrachloride (TiCl<sub>4</sub>) and



- ferric chloride (FeCl<sub>3</sub>) in algal turbid water. *Separation and Purification Technology*, 175, 99-106. doi:10.1016/j.seppur.2016.11.019
- Chowdhry, S., & Koné, D. (2012). *Business Analysis of Fecal Sludge Management: Emptying and Transportation Services in Africa and Asia*.
- Comissão Especializada de Qualidade da Água. (2012). *FT-QO-01 - Trihalometanos*.
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., & Savelli, H. (2010). *Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development*. UNEP, UN-HABITAT.
- Delgado, S., Diaz, F., Garcia, D., & Otero, N. (2003). Behaviour of Inorganic Coagulants in Secondary Effluents from a Conventional Wastewater Treatment Plant. *Filtration & Separation*, 40(7), 42-46. doi:10.1016/s0015-1882(03)00732-8
- Deutsches Institut für Normung. (1983). Cations (Group E); Determination of Ammonia Nitrogen (E 5). In *German Standard Methods for the Examination of Water, Waste Water and Sludge* (Vol. 38406-5:1983, pp. 14): Deutsches Institut für Normung.
- Deutsches Institut für Normung. (1997). Water quality. In *Determination of nitrogen - Part 1: Method using oxidative digestion with peroxodisulfate* (Vol. 11905-1:1997): Deutsches Institut für Normung.
- Deutsches Institut für Normung. (2011). Anions (Group D) - Part 9: Spectrometric Determination of Nitrate (D 9). In *German Standard Methods for Examination of Water, Waste Water and Sludge* (Vol. 38405-9:2011, pp. 17): Deutsches Institut für Normung.
- Dominguez, J. R., Gonzalez, T., Garcia, H. M., Sanchez-Lavado, F., & Beltran de Heredia, J. (2007). Aluminium sulfate as coagulant for highly polluted cork processing wastewaters: removal of organic matter. *Journal of Hazardous Materials*, 148(1-2), 15-21. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.05.003
- Drinan, J. E., & Spellman, F. (2012). *Water and wastewater treatment: A guide for the nonengineering professional*: Crc Press.
- European Environment Agency. (2020). Urban waste water treatment in Europe. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/urban-waste-water-treatment/urban-waste-water-treatment-assessment-5>
- Galloux, J., Chekli, L., Phuntsho, S., Tijing, L. D., Jeong, S., Zhao, Y. X., Gao, B. Y., Park, S. H., & Shon, H. K. (2015). Coagulation performance and floc characteristics of polytitanium tetrachloride and titanium tetrachloride compared with ferric chloride for coal mining wastewater treatment. *Separation and Purification Technology*, 152, 94-100. doi:10.1016/j.seppur.2015.08.009

- Grehs, B. W. N., Lopes, A. R., Moreira, N. F. F., Fernandes, T., Linton, M. A. O., Silva, A. M. T., Manaia, C. M., Carissimi, E., & Nunes, O. C. (2019). Removal of microorganisms and antibiotic resistance genes from treated urban wastewater: A comparison between aluminium sulphate and tannin coagulants. *Water Research*, 166. doi:10.1016/j.watres.2019.115056
- Huey, G. M., & Meyer, M. L. (2010). Turbidity as an Indicator of Water Quality in Diverse Watersheds of the Upper Pecos River Basin. *Water*, 2(2), 273-284. doi:10.3390/w2020273
- International Organization for Standardization. (1984). Water quality. In *Determination of ammonium - Part 1: Manual spectrometric method* (Vol. 7150-1:1984, pp. 7): International Organization for Standardization.
- International Organization for Standardization. (2004). Water quality. In *Determination of phosphorus - Ammonium molybdate spectrometric method* (Vol. 6878:2004, pp. 21): International Organization for Standardization.
- International Organization for Standardization. (2018). Water quality. In *Determination of the chemical oxygen demand index (ST-COD) - Small-scale sealed-tube method* (Vol. 15705:2002, pp. 18): International Organization for Standardization.
- Kemira PAX XL 10. (2016). Retrieved from <https://www.quimitecnica.com/produto/kemira-pax-xl-10/>
- Kiepper, B. H. (2009). Effects of tertiary microsieving on the composition of poultry processing wastewater. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(4), 716-724. doi:10.3382/japr.2009-00035
- Lefebvre, E., & Legube, B. (1993). Coagulation-floculation par le chlorure ferrique de quelques acides organiques et phenols en solution aqueuse. *Water Research*, 27(3), 433-447. doi:10.1016/0043-1354(93)90044-i
- Lenntech. Disinfectants: Chlorine. Retrieved from <https://www.lenntech.com/processes/disinfection/chemical/disinfectants-chlorine.htm>
- Lenntech. Disinfectants: Sodium hypochlorite. Retrieved from <https://www.lenntech.com/processes/disinfection/chemical/disinfectants-sodium-hypochlorite.htm>
- Lenntech. Factors that influence water disinfection. Retrieved from <https://www.lenntech.com/processes/disinfection/factors/factors-disinfection-water.htm>
- National Center for Biotechnology Information. (2020a). PubChem Compound Summary for CID 784, Hydrogen peroxide. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hydrogen-peroxide>

- National Center for Biotechnology Information. (2020b). PubChem Compound Summary for CID 24380, Ferric chloride. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ferric-chloride>
- National Center for Biotechnology Information. (2020c). PubChem Compound Summary for CID 24850, Aluminum sulfate. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aluminum-sulfate>
- National Center for Biotechnology Information. (2020d). PubChem Compound Summary for CID 23665760, Sodium hypochlorite. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-hypochlorite>
- Percent Transmittance in Treated Wastewater. Retrieved from <https://www.chemscan.com/percent-transmittance-in-treated-wastewater.html#>
- Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020*. (2015). Retrieved from <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=1098>
- Rice, E. W., Baird, R. B., & Eaton, A. D. (2017). *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Rivaz Química. (2017). RIFLOC 4525 e 4530: Coagulantes Orgânicos Avançados. In Rivaz Química (Ed.).
- Samstag, R., & Gharagozian, A. (1998). *Appropriate Technology for Sewage Pollution Control for the Wider Caribbean Region*.
- Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Almada. ETAR de Valdeão. Retrieved from <https://www.smasalmada.pt/web/portal/etar-de-valdeao>
- SIMDOURO. (2017a). ETAR Gaia Litoral. Retrieved from <https://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etargaialit>
- SIMDOURO. (2017b). ETAR Lever. Retrieved from <https://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etarlev>
- SIMDOURO. (2017c). SIMDOURO - Quem somos. Retrieved from <https://www.simdouro.pt/dados.php?ref=quem-somos>
- SNF Floerger. (2017). Drinking Water. In S. Floerger (Ed.), (pp. 29): SNF Floerger.
- Souza, J. B. d., & Daniel, L. A. (2005). Comparação entre hipoclorito de sódio e ácido peracético na inativação de *E. coli*, colifagos e *C. perfringens* em água com elevada concentração de matéria orgânica. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10(2), 111-117. doi:10.1590/s1413-41522005000200004

- Spellman, F. R. (2003). Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations. In *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations* (pp. 669). CRC Press Company: Lewis Publishers.
- Turbidity and Water. (2020). Retrieved from [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/turbidity-and-water?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/turbidity-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)
- United States Environmental Protection Agency. (1971). Phosphorous, All Forms (Colorimetric, Ascorbic Acid, Single Reagent). In (Vol. 365.2, pp. 7): United States Environmental Protection Agency.
- United States Environmental Protection Agency. (1974). Acidity (Titrimetric). In (Vol. 305.1, pp. 2): United States Environmental Protection Agency.
- United States Environmental Protection Agency. (1978). Phosphorous, All Forms (Colorimetric, Ascorbic Acid, Two Reagent). In (Vol. 365.3, pp. 5): United States Environmental Protection Agency.
- United States Environmental Protection Agency. (1993). The Determination of Chemical Oxygen Demand by Semi-automated Colormetry. In (Vol. 410.4, pp. 13): United States Environmental Protection Agency.
- Venditto, T., Ponzelli, M., Sarathy, S., Ray, A. K., & Santoro, D. (2020). A microsieve-based filtration process for combined sewer overflow treatment with nutrient control: Modeling and experimental studies. *Water Research*, 170, 115328. doi:doi.org/10.1016/j.watres.2019.115328
- Zhou, Y., Liang, Z., & Wang, Y. (2008). Decolorization and COD removal of secondary yeast wastewater effluents by coagulation using aluminum sulfate. *Desalination*, 225(1-3), 301-311. doi:10.1016/j.desal.2007.07.010

# Anexo I

Tabela I - Resultados das análises aos parâmetros físico-químicos do efluente final nos *Jar Test*.

| Data de amostragem | Ensaio | Tipo     | pH   | SST (mg/L) | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|--------------------|--------|----------|------|------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| 11/11/19           | 1      | Pontual  | 7,40 | 15         | 7,48           | 45,60             | 168                        |
| 12/11/19           | 2      | Composta | 7,66 | 18         | 7,42           | 45,10             | 53                         |
| 13/11/19           | 3      | Composta | 7,70 | 19         | 7,01           | 43,80             | 62                         |
| 13/11/19           | 4      | Pontual  | 7,24 | 23         | 13,20          | 46,60             | 73                         |
| 15/11/19           | 5      | Pontual  | 7,45 | 18         | 8,52           | 48,40             | 50                         |
| 15/11/19           | 6      | Pontual  | 7,44 | 14         | 6,43           | 50,60             | 39                         |
| 18/11/19           | 7      | Pontual  | 7,39 | 19         | 13,10          | 42,30             | 51                         |
| 19/11/19           | 8      | Composta | 7,67 | 26         | 11,20          | 36,00             | 57                         |
| 20/11/19           | 9      | Composta | 7,75 | 19         | 8,85           | 39,90             | 72                         |
| 21/11/19           | 10     | Pontual  | 7,26 | 22         | 9,87           | 49,30             | 61                         |
| 21/11/19           | 11     | Pontual  | 7,32 | 12         | 5,87           | 57,00             | 37                         |
| 22/11/19           | 12     | Composta | 7,79 | 31         | 23,20          | 37,70             | 71                         |
| 25/11/19           | 13     | Composta | 7,80 | 23         | 6,51           | 39,70             | 55                         |
| 25/11/19           | 14     | Pontual  | 7,44 | 12         | 3,20           | 47,60             | 38                         |
| 26/11/19           | 15     | Composta | 7,73 | 12         | 5,83           | 41,50             | 40                         |
| 26/11/19           | 16     | Pontual  | 7,72 | 19         | 7,89           | 44,80             | 49                         |
| 27/11/19           | 17     | Pontual  | 7,48 | 13         | 7,92           | 47,70             | 47                         |
| 28/11/19           | 18     | Pontual  | 7,38 | 16         | 9,18           | 44,40             | 35                         |
| 28/11/19           | 19     | Composta | 7,73 | 24         | 9,41           | 43,50             | 52                         |
| 29/11/19           | 20     | Pontual  | 7,48 | 19         | 15,40          | 44,60             | 49                         |
| 29/11/19           | 21     | Pontual  | 7,48 | 19         | 15,40          | 44,60             | 49                         |
| 02/12/19           | 22     | Pontual  | 7,45 | 13         | 9,16           | 43,20             | 43                         |
| 03/12/19           | 23     | Pontual  | 7,53 | 12         | 6,15           | 40,00             | 45                         |
| 03/12/19           | 24     | Pontual  | 7,53 | 12         | 6,15           | 40,00             | 45                         |
| 04/12/19           | 25     | Pontual  | 7,57 | 15         | 3,70           | 35,40             | 60                         |
| 04/12/19           | 26     | Pontual  | 7,57 | 15         | 3,70           | 35,40             | 60                         |
| 05/12/19           | 27     | Pontual  | 7,53 | 12         | 4,63           | 33,90             | 50                         |
| 05/12/19           | 28     | Pontual  | 7,53 | 12         | 4,63           | 33,90             | 50                         |
| 06/12/19           | 29     | Pontual  | 7,51 | 21         | 9,17           | 33,50             | 60                         |
| 06/12/19           | 30     | Pontual  | 7,51 | 21         | 9,17           | 33,50             | 60                         |
| 09/12/19           | 31     | Pontual  | 7,36 | 15         | 9,33           | 37,10             | 52                         |
| 09/12/19           | 32     | Pontual  | 7,36 | 15         | 9,33           | 37,10             | 52                         |
| 10/12/19           | 33     | Pontual  | 7,62 | 14         | 7,20           | 31,70             | 35                         |
| 10/12/19           | 34     | Pontual  | 7,62 | 14         | 7,20           | 31,70             | 35                         |
| 11/12/19           | 35     | Pontual  | 7,71 | 20         | 10,10          | 25,60             | 72                         |
| 11/12/19           | 36     | Pontual  | 7,71 | 20         | 10,10          | 25,60             | 72                         |
| 12/12/19           | 37     | Pontual  | 7,49 | 23         | 12,10          | 31,90             | 68                         |
| 12/12/19           | 38     | Pontual  | 7,49 | 23         | 12,10          | 31,90             | 68                         |
| 13/12/19           | 39     | Pontual  | 7,24 | 17         | 8,64           | 48,50             | 43                         |
| 13/12/19           | 40     | Pontual  | 7,24 | 17         | 8,64           | 48,50             | 43                         |
| 16/12/19           | 41     | Pontual  | 6,95 | 60         | 35,10          | 32,00             | 57                         |
| 16/12/19           | 42     | Pontual  | 6,95 | 60         | 35,10          | 32,00             | 57                         |

| Data de amostragem | Ensaio | Tipo    | pH   | SST (mg/L) | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|--------------------|--------|---------|------|------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| 17/12/19           | 43     | Pontual | 6,88 | 16         | 7,70           | 49,50             | 63                         |
| 17/12/19           | 44     | Pontual | 6,88 | 16         | 7,70           | 49,50             | 63                         |
| 18/12/19           | 45     | Pontual | 7,24 | 25         | 14,80          | 38,10             | 59                         |
| 18/12/19           | 46     | Pontual | 7,24 | 25         | 14,80          | 38,10             | 59                         |
| 19/12/19           | 47     | Pontual | 7,20 | 147        | 103,00         | 14,00             | 196                        |
| 19/12/19           | 48     | Pontual | 7,20 | 147        | 103,00         | 14,00             | 196                        |
| 20/12/19           | 49     | Pontual | 6,96 | 17         | 8,63           | 55,00             | 33                         |
| 20/12/19           | 50     | Pontual | 6,96 | 17         | 8,63           | 55,00             | 33                         |
| 23/12/19           | 51     | Pontual | 7,24 | 13         | 8,59           | 46,20             | ---                        |
| 23/12/19           | 52     | Pontual | 7,24 | 13         | 8,59           | 46,20             | ---                        |
| 09/01/20           | 53     | Pontual | 7,56 | 21         | 10,10          | 28,90             | 62                         |
| 09/01/20           | 54     | Pontual | 7,56 | 21         | 10,10          | 28,90             | 62                         |
| 11/02/20           | 55     | Pontual | 7,46 | 11         | 4,93           | 49,20             | 45                         |
| 14/02/20           | 56     | Pontual | 7,47 | 18         | 7,19           | 46,90             | 55                         |
| 18/02/20           | 57     | Pontual | 7,45 | 5          | 7,98           | 40,80             | 58                         |
| 20/02/20           | 58     | Pontual | 7,57 | 58         | 37,40          | 24,30             | 113                        |
| 21/02/20           | 59     | Pontual | 7,42 | 27         | 14,00          | 34,20             | ---                        |
| 03/03/20           | 60     | Pontual | 7,34 | 19         | 6,29           | 39,90             | 61                         |
| 04/03/20           | 61     | Pontual | 7,30 | 21         | 6,47           | 37,00             | ---                        |
| 06/03/20           | 62     | Pontual | 7,26 | 12         | 4,58           | 47,50             | ---                        |
| 11/03/20           | 63     | Pontual | 7,23 | ---        | 6,66           | 37,60             | ---                        |
| 13/05/20           | 64     | Pontual | 7,28 | 29         | ---            | 40,00             | 60                         |
| 15/05/20           | 65     | Pontual | 7,14 | 18         | ---            | 47,10             | 49                         |
| 25/05/20           | 66     | Pontual | 7,43 | 21         | 7,94           | 43,40             | 55                         |
| 26/05/20           | 67     | Pontual | 7,26 | 56         | 17,10          | 36,70             | 78                         |
| 28/05/20           | 68     | Pontual | 7,33 | 71         | 28,00          | 22,00             | 106                        |
| 09/06/20           | 69     | Pontual | 7,45 | 38         | 18,80          | 28,80             | 91                         |
| 22/06/20           | 70     | Pontual | 7,15 | 50         | 24,60          | 26,80             | 63                         |
| 23/06/20           | 71     | Pontual | 7,22 | 154        | 46,10          | 7,86              | 181                        |
| 25/06/20           | 72     | Pontual | 7,17 | 28         | 12,40          | 35,40             | 55                         |
| 26/06/20           | 73     | Pontual | 7,01 | 396        | 238,00         | 4,66              | 316                        |
| 29/06/20           | 74     | Pontual | 7,07 | 164        | 106,00         | 13,60             | 162                        |
| 30/06/20           | 75     | Pontual | 7,07 | 210        | 110,00         | 10,90             | 216                        |
| 01/07/20           | 76     | Pontual | 7,12 | 69         | 28,80          | 29,80             | 89                         |

Tabela II - Resultados das análises aos parâmetros físico-químicos da água sobrenadante amostrada nos *Jar Test*.

| Data de amostragem | Ensaio | Jarro | Coagulante        | Taxa de coagulante (mg/L) | Floculante | Taxa de floculante (mg/L) | pH   | SST (mg/L) | Taxa de sólidos removidos | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) | CQO solúvel (mg/L O <sub>2</sub> ) | Ferro (mg/L Fe) |
|--------------------|--------|-------|-------------------|---------------------------|------------|---------------------------|------|------------|---------------------------|----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 11/11/19           | 1      | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 30,00                     | ---        | ---                       | 7,36 | 8          | 46,67%                    | 2,30           | 53,9              | 35                         | ---                                | ---             |
| 11/11/19           | 1      | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 40,00                     | ---        | ---                       | 7,28 | 10         | 33,33%                    | 2,43           | 51,8              | 31                         | ---                                | ---             |
| 11/11/19           | 1      | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 50,00                     | ---        | ---                       | 7,23 | 9          | 40,00%                    | 1,86           | 51,2              | 34                         | ---                                | ---             |
| 12/11/19           | 2      | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 30,00                     | ---        | ---                       | 7,55 | 5          | 72,22%                    | 2,25           | 49,2              | 40                         | ---                                | ---             |
| 12/11/19           | 2      | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 35,00                     | ---        | ---                       | 7,51 | 6          | 66,67%                    | 2,20           | 49,3              | 37                         | ---                                | ---             |
| 12/11/19           | 2      | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 40,00                     | ---        | ---                       | 7,50 | 5          | 72,22%                    | 2,09           | 50,2              | 38                         | ---                                | ---             |
| 12/11/19           | 2      | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 45,00                     | ---        | ---                       | 7,44 | 6          | 66,67%                    | 2,15           | 50,0              | 38                         | ---                                | ---             |
| 13/11/19           | 3      | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 40,00                     | ---        | ---                       | 7,47 | 6          | 68,42%                    | 2,20           | 48,0              | 110                        | ---                                | ---             |
| 13/11/19           | 3      | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 50,00                     | ---        | ---                       | 7,41 | 7          | 63,16%                    | 2,15           | 49,3              | 41                         | ---                                | ---             |
| 13/11/19           | 3      | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 60,00                     | ---        | ---                       | 7,36 | 10         | 47,37%                    | 2,00           | 49,0              | 44                         | ---                                | ---             |
| 13/11/19           | 3      | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 70,00                     | ---        | ---                       | 7,31 | 9          | 52,63%                    | 2,09           | 49,2              | 45                         | ---                                | ---             |
| 13/11/19           | 4      | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 50,00                     | ---        | ---                       | 7,17 | 7          | 69,57%                    | 2,17           | 53,2              | 37                         | ---                                | ---             |
| 13/11/19           | 4      | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | ---        | ---                       | 7,15 | 5          | 78,26%                    | 2,03           | 53,5              | 31                         | ---                                | ---             |
| 13/11/19           | 4      | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 60,00                     | ---        | ---                       | 7,11 | 7          | 69,57%                    | 2,11           | 53,4              | 39                         | ---                                | ---             |
| 13/11/19           | 4      | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 65,00                     | ---        | ---                       | 7,09 | 6          | 73,91%                    | 2,12           | 49,3              | 30                         | ---                                | ---             |
| 15/11/19           | 5      | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 65,00                     | ---        | ---                       | 7,12 | 9          | 50,00%                    | 2,15           | 51,0              | 53                         | ---                                | ---             |

| Data de amostragem | Ensaio | Jarro | Coagulante                                      | Taxa de coagulante (mg/L) | Floculante | Taxa de floculante (mg/L) | pH   | SST (mg/L) | Taxa de sólidos removidos | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | COO (mg/L O <sub>2</sub> ) | COO solúvel (mg/L O <sub>2</sub> ) | Ferro (mg/L Fe) |
|--------------------|--------|-------|-------------------------------------------------|---------------------------|------------|---------------------------|------|------------|---------------------------|----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 15/11/19           | 5      | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 70,00                     | ---        | ---                       | 7,10 | 7          | 61,11%                    | 2,11           | 52,5              | 29                         | ---                                | ---             |
| 15/11/19           | 5      | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 75,00                     | ---        | ---                       | 7,09 | 8          | 56,56%                    | 2,09           | 52,0              | 33                         | ---                                | ---             |
| 15/11/19           | 5      | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 80,00                     | ---        | ---                       | 7,08 | 9          | 50,00%                    | 2,07           | 51,7              | 41                         | ---                                | ---             |
| 15/11/19           | 6      | 1     | FeCl <sub>3</sub>                               | 40,00                     | ---        | ---                       | 7,60 | 8          | 42,86%                    | 2,30           | 50,9              | 57                         | 44                                 | 1,12            |
| 15/11/19           | 6      | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 45,00                     | ---        | ---                       | 7,51 | 7          | 50,00%                    | 2,20           | 51,1              | 31                         | 48                                 | 1,12            |
| 15/11/19           | 6      | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 50,00                     | ---        | ---                       | 7,49 | 10         | 28,57%                    | 2,29           | 50,5              | 31                         | 53                                 | 1,28            |
| 15/11/19           | 6      | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 55,00                     | ---        | ---                       | 7,45 | 6          | 57,14%                    | 2,24           | 50,7              | 31                         | 45                                 | 1,35            |
| 18/11/19           | 7      | 1     | Rifloc 4530                                     | 0,10                      | ---        | ---                       | 7,37 | 6          | 68,42%                    | 3,12           | 48,4              | 32                         | ---                                | ---             |
| 18/11/19           | 7      | 2     | Rifloc 4530                                     | 1,00                      | ---        | ---                       | 7,36 | 4          | 78,95%                    | 3,19           | 48,4              | 39                         | ---                                | ---             |
| 18/11/19           | 7      | 3     | Rifloc 4530                                     | 10,00                     | ---        | ---                       | 7,35 | 14         | 26,32%                    | 9,06           | 43,2              | 34                         | ---                                | ---             |
| 18/11/19           | 7      | 4     | Rifloc 4530                                     | 100,00                    | ---        | ---                       | 7,37 | 16         | 15,79%                    | 7,61           | 44,6              | 76                         | ---                                | ---             |
| 19/11/19           | 8      | 1     | Rifloc 4530                                     | 0,05                      | ---        | ---                       | 7,77 | 7          | 73,08%                    | 4,26           | 41,5              | 44                         | ---                                | ---             |
| 19/11/19           | 8      | 2     | Rifloc 4530                                     | 0,10                      | ---        | ---                       | 7,79 | 9          | 66,38%                    | 4,04           | 41,7              | 41                         | ---                                | ---             |
| 19/11/19           | 8      | 3     | Rifloc 4530                                     | 0,15                      | ---        | ---                       | 7,80 | 10         | 61,54%                    | 4,19           | 41,7              | 40                         | ---                                | ---             |
| 20/11/19           | 9      | 1     | Rifloc 4530                                     | 0,02                      | ---        | ---                       | 7,75 | 8          | 57,89%                    | 3,65           | 45,9              | 38                         | ---                                | ---             |
| 20/11/19           | 9      | 2     | Rifloc 4530                                     | 0,03                      | ---        | ---                       | 7,75 | 7          | 63,16%                    | 3,50           | 45,1              | 34                         | ---                                | ---             |
| 20/11/19           | 9      | 3     | Rifloc 4530                                     | 0,05                      | ---        | ---                       | 7,75 | 5          | 73,68%                    | 3,48           | 46,4              | 38                         | ---                                | ---             |
| 20/11/19           | 9      | 4     | Rifloc 4530                                     | 0,10                      | ---        | ---                       | 7,73 | 8          | 57,89%                    | 3,56           | 46,3              | 39                         | ---                                | ---             |
| 21/11/19           | 10     | 1     | Rifloc 4530                                     | 1,00                      | ---        | ---                       | 7,58 | 5          | 77,27%                    | 3,38           | 58,1              | 44                         | ---                                | ---             |
| 21/11/19           | 10     | 2     | Rifloc 4530                                     | 10,00                     | ---        | ---                       | 7,57 | 13         | 40,91%                    | 10,60          | 53,0              | 37                         | ---                                | ---             |
| 21/11/19           | 11     | 1     | Rifloc 4530                                     | 0,05                      | ---        | ---                       | 7,36 | 6          | 50,00%                    | 2,61           | 59,6              | 29                         | ---                                | ---             |
| 21/11/19           | 11     | 2     | Rifloc 4530                                     | 0,06                      | ---        | ---                       | 7,36 | 5          | 58,33%                    | 2,61           | 59,4              | 28                         | ---                                | ---             |
| 21/11/19           | 11     | 3     | Rifloc 4530                                     | 0,08                      | ---        | ---                       | 7,34 | 6          | 50,00%                    | 2,59           | 59,5              | 30                         | ---                                | ---             |
| 21/11/19           | 11     | 4     | Rifloc 4530                                     | 0,10                      | ---        | ---                       | 7,38 | 7          | 41,67%                    | 2,45           | 59,8              | 27                         | ---                                | ---             |
| 22/11/19           | 12     | 1     | Rifloc 4530                                     | 0,05                      | ---        | ---                       | 7,70 | 5          | 83,87%                    | 2,26           | 54,4              | 28                         | ---                                | ---             |
| 22/11/19           | 12     | 2     | Rifloc 4530                                     | 0,10                      | ---        | ---                       | 7,70 | 5          | 83,87%                    | 2,23           | 54,3              | 30                         | ---                                | ---             |
| 22/11/19           | 12     | 3     | Rifloc 4530                                     | 0,30                      | ---        | ---                       | 7,70 | 5          | 83,87%                    | 2,37           | 54,3              | 30                         | ---                                | ---             |
| 22/11/19           | 12     | 4     | Rifloc 4530                                     | 0,50                      | ---        | ---                       | 7,72 | 7          | 77,42%                    | 2,28           | 54,0              | 28                         | ---                                | ---             |
| 25/11/19           | 13     | 2     | Rifloc 4530                                     | 0,80                      | ---        | ---                       | 7,70 | 6          | 73,91%                    | 4,84           | 41,3              | 52                         | ---                                | ---             |
| 25/11/19           | 13     | 3     | Rifloc 4530                                     | 1,00                      | ---        | ---                       | 7,70 | 9          | 60,87%                    | 4,78           | 41,3              | 49                         | ---                                | ---             |
| 25/11/19           | 13     | 4     | Rifloc 4530                                     | 1,30                      | ---        | ---                       | 7,70 | 8          | 65,22%                    | 4,93           | 40,8              | 48                         | ---                                | ---             |
| 25/11/19           | 14     | 1     | Rifloc 4530                                     | 0,05                      | ---        | ---                       | 7,36 | 6          | 50,00%                    | 2,26           | 48,6              | 37                         | 42                                 | ---             |
| 25/11/19           | 14     | 2     | Rifloc 4530                                     | 0,10                      | ---        | ---                       | 7,37 | 4          | 66,67%                    | 2,30           | 49,3              | 35                         | 43                                 | ---             |
| 25/11/19           | 14     | 3     | Rifloc 4530                                     | 0,50                      | ---        | ---                       | 7,34 | 7          | 41,67%                    | 2,70           | 49,2              | 36                         | 40                                 | ---             |
| 25/11/19           | 14     | 4     | Rifloc 4530                                     | 1,00                      | ---        | ---                       | 7,40 | 4          | 66,67%                    | 3,00           | 48,4              | 34                         | 36                                 | ---             |
| 26/11/19           | 15     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 20,00                     | ---        | ---                       | 7,72 | 10         | 16,67%                    | 2,76           | 45,5              | 43                         | ---                                | ---             |
| 26/11/19           | 15     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 45,00                     | ---        | ---                       | 7,65 | 16         | -33,33%                   | 3,53           | 44,6              | 41                         | ---                                | ---             |
| 26/11/19           | 15     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 75,00                     | ---        | ---                       | 7,51 | 17         | -41,67%                   | 3,26           | 47,5              | 38                         | ---                                | ---             |
| 26/11/19           | 15     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 100,00                    | ---        | ---                       | 7,42 | 15         | -25,00%                   | 3,14           | 49,7              | 35                         | ---                                | ---             |
| 26/11/19           | 16     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 60,00                     | ---        | ---                       | 7,30 | 13         | 31,58%                    | 2,70           | 54,4              | 29                         | ---                                | ---             |
| 26/11/19           | 16     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 70,00                     | ---        | ---                       | 7,24 | 12         | 36,84%                    | 2,37           | 56,2              | 30                         | ---                                | ---             |
| 26/11/19           | 16     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 110,00                    | ---        | ---                       | 7,16 | 8          | 57,89%                    | 1,92           | 61,2              | 22                         | ---                                | ---             |
| 26/11/19           | 16     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 120,00                    | ---        | ---                       | 7,11 | 9          | 52,63%                    | 1,73           | 62,8              | 20                         | ---                                | ---             |
| 27/11/19           | 17     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 80,00                     | ---        | ---                       | 7,08 | 8          | 38,46%                    | 1,77           | 61,4              | 25                         | ---                                | ---             |
| 27/11/19           | 17     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 90,00                     | ---        | ---                       | 7,02 | 7          | 46,15%                    | 1,57           | 62,3              | 25                         | ---                                | ---             |
| 27/11/19           | 17     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 100,00                    | ---        | ---                       | 7,03 | 7          | 46,15%                    | 1,66           | 63,7              | 26                         | ---                                | ---             |
| 27/11/19           | 17     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 110,00                    | ---        | ---                       | 6,99 | 5          | 61,54%                    | 1,63           | 64,4              | 24                         | ---                                | ---             |
| 28/11/19           | 18     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 30,00                     | ---        | ---                       | 7,27 | 8          | 50,00%                    | 2,73           | 49,4              | 23                         | ---                                | ---             |
| 28/11/19           | 18     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 40,00                     | ---        | ---                       | 7,25 | 11         | 31,25%                    | 2,54           | 50,5              | 25                         | ---                                | ---             |
| 28/11/19           | 18     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 50,00                     | ---        | ---                       | 7,24 | 12         | 25,00%                    | 2,61           | 51,4              | 18                         | ---                                | ---             |
| 28/11/19           | 18     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 60,00                     | ---        | ---                       | 7,23 | 8          | 50,00%                    | 2,58           | 51,2              | 22                         | ---                                | ---             |
| 28/11/19           | 19     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 85,00                     | ---        | ---                       | 7,34 | 9          | 62,50%                    | 1,82           | 55,5              | 29                         | ---                                | ---             |
| 28/11/19           | 19     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 95,00                     | ---        | ---                       | 7,30 | 10         | 58,33%                    | 1,76           | 56,7              | 24                         | ---                                | ---             |
| 28/11/19           | 19     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 105,00                    | ---        | ---                       | 7,26 | 10         | 58,33%                    | 1,70           | 57,4              | 25                         | ---                                | ---             |
| 29/11/19           | 20     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 75,00                     | ---        | ---                       | 7,03 | 10         | 47,37%                    | 1,45           | 60,5              | 20                         | ---                                | ---             |
| 29/11/19           | 20     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 115,00                    | ---        | ---                       | 6,94 | 7          | 63,16%                    | 1,10           | 64,4              | 21                         | ---                                | ---             |
| 29/11/19           | 20     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 125,00                    | ---        | ---                       | 6,91 | 4          | 78,95%                    | 1,15           | 64,7              | 23                         | ---                                | ---             |
| 29/11/19           | 20     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 130,00                    | ---        | ---                       | 6,91 | 5          | 73,68%                    | 1,17           | 65,0              | 24                         | ---                                | ---             |
| 29/11/19           | 21     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 80,00                     | ---        | ---                       | 6,98 | 5          | 73,68%                    | 1,40           | 61,0              | 33                         | 58                                 | ---             |
| 29/11/19           | 21     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 90,00                     | ---        | ---                       | 6,99 | 5          | 73,68%                    | 1,24           | 62,8              | 34                         | 45                                 | ---             |
| 29/11/19           | 21     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 100,00                    | ---        | ---                       | 6,98 | 5          | 73,68%                    | 1,16           | 63,5              | 35                         | 51                                 | ---             |
| 29/11/19           | 21     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 110,00                    | ---        | ---                       | 6,95 | 6          | 68,42%                    | 1,22           | 63,6              | 33                         | 48                                 | ---             |
| 02/12/19           | 22     | 1     | PAX-XL 10                                       | 10,00                     | ---        | ---                       | 7,42 | 5          | 61,54%                    | 1,79           | 49,6              | 36                         | ---                                | ---             |
| 02/12/19           | 22     | 2     | PAX-XL 10                                       | 40,00                     | ---        | ---                       | 7,40 | 5          | 61,54%                    | 1,43           | 53,5              | 29                         | ---                                | ---             |
| 02/12/19           | 22     | 3     | PAX-XL 10                                       | 70,00                     | ---        | ---                       | 7,35 | 6          | 53,85%                    | 1,01           | 57,0              | 28                         | ---                                | ---             |
| 02/12/19           | 22     | 4     | PAX-XL 10                                       | 100,00                    | ---        | ---                       | 7,31 | 6          | 53,85%                    | 1,08           | 59,8              | 30                         | ---                                | ---             |
| 03/12/19           | 23     | 1     | PAX-XL 10                                       | 20,00                     | ---        | ---                       | 7,44 | 7          | 41,67%                    | 1,56           | 44,2              | 36                         | ---                                | ---             |
| 03/12/19           | 23     | 2     | PAX-XL 10                                       | 30,00                     | ---        | ---                       | 7,44 | 4          | 66,67%                    | 1,52           | 45,5              | 29                         | ---                                | ---             |
| 03/12/19           | 23     | 3     | PAX-XL 10                                       | 50,00                     | ---        | ---                       | 7,38 | 6          | 50,00%                    | 1,31           | 47,6              | 27                         | ---                                | ---             |
| 03/12/19           | 23     | 4     | PAX-XL 10                                       | 60,00                     | ---        | ---                       | 7,38 | 7          | 41,67%                    | 1,35           | 48,4              | 33                         | ---                                | ---             |
| 03/12/19           | 24     | 1     | PAX-XL 10                                       | 80,00                     | ---        | ---                       | 7,54 | 5          | 58,33%                    | 1,18           | 51,0              | 33                         | ---                                | ---             |
| 03/12/19           | 24     | 2     | PAX-XL 10                                       | 90,00                     | ---        | ---                       | 7,39 | 5          | 58,33%                    | 2,03           | 52,3              | 33                         | ---                                | ---             |
| 03/12/19           | 24     | 3     | PAX-XL 10                                       | 110,00                    | ---        | ---                       | 7,30 | 5          | 58,33%                    | 1,98           | 54,0              | 29                         | ---                                | ---             |
| 03/12/19           | 24     | 4     | PAX-XL 10                                       | 120,00                    | ---        | ---                       | 7,22 | 4          | 66,67%                    | 2,33           | 54,7              | 30                         | ---                                | ---             |
| 04/12/19           | 25     | 1     | PAX-XL 10                                       | 30,00                     | ---        | ---                       | 7,40 | 8          | 46,67%                    | 1,66           | 40,0              | 50                         | ---                                | ---             |
| 04/12/19           | 25     | 2     | PAX-XL 10                                       | 35,00                     | ---        | ---                       | 7,40 | 10         | 33,33%                    | 1,62           | 40,5              | 52                         | ---                                | ---             |
| 04/12/19           | 25     | 3     | PAX-XL 10                                       | 40,00                     | ---        | ---                       | 7,39 | 10         | 33,33%                    | 1,60           | 40,8              | 53                         | ---                                | ---             |
| 04/12/19           | 25     | 4     | PAX-XL 10                                       | 45,00                     | ---        | ---                       | 7,37 | 9          | 40,00%                    | 1,56           | 41,4              | 49                         | ---                                | ---             |
| 04/12/19           | 26     | 1     | PAX-XL 10                                       | 50,00                     | ---        | ---                       | 7,63 | 6          | 60,00%                    | 1,51           | 41,2              | 30                         | ---                                | ---             |
| 04/12/19           | 26     | 2     | PAX-XL 10                                       | 55,00                     | ---        | ---                       | 7,38 | 6          | 60,00%                    | 1,42           | 42,7              | 39                         | ---                                | ---             |
| 04/12/19           | 26     | 3     | PAX-XL 10                                       | 60,00                     | ---        | ---                       | 7,40 | 8          | 46,67%                    | 1,37           | 43,3              | 36                         | ---                                | ---             |
| 04/12/19           | 26     | 4     | PAX-XL 10                                       | 65,00                     | ---        | ---                       | 7,36 | 9          | 40,00%                    | 1,37           | 43,0              | 33                         | ---                                | ---             |
| 05/12/19           | 27     | 1     | PAX-XL 10                                       | 15,00                     | ---        | ---                       | 7,43 | 9          | 25,00%                    | 2,50           | 36,7              | 45                         | ---                                | ---             |
| 05/12/19           | 27     | 2     | PAX-XL 10                                       | 20,00                     | ---        | ---                       | 7,42 | 9          | 25,00%                    | 2,34           | 37,1              | 56                         | ---                                | ---             |
| 05/12/19           | 27     | 3     | PAX-XL 10                                       | 25,00                     | ---        | ---                       | 7,42 | 7          | 41,67%                    | 2,31           | 37,2              | 43                         | ---                                | ---             |
| 05/12/19           | 27     | 4     | PAX-XL 10                                       | 30,00                     | ---        | ---                       | 7,42 | 10         | 16,67%                    | 2,41           | 36,5              | 46                         | ---                                | ---             |
| 05/12/19           | 28     | 1     | PAX-XL 10                                       | 70,00                     | ---        | ---                       | 7,42 | 7          | 41,67%                    | 1,65           | 41,8              | 34                         | ---                                | ---             |
| 05/12/19           | 28     | 2     | PAX-XL 10                                       | 75,00                     | ---        | ---                       | 7,47 | 7          | 41,67%                    | 1,64           | 42,1              | 33                         | ---                                | ---             |
| 05/12/19           | 28     | 3     | PAX-XL 10                                       | 80,00                     | ---        | ---                       | 7,61 | 6          | 50,00%                    | 1,63           | 42,1              | 41                         | ---                                | ---             |
| 05/12/19           | 28     | 4     | PAX-XL 10                                       | 85,00                     | ---        | ---                       | 7,40 | 6          | 50,00%                    | 1,65           | 42,8              | 40                         | ---                                | ---             |

| Data de amostragem | Ensaio | Jarro | Coagulante                                      | Taxa de coagulante (mg/L) | Floculante  | Taxa de floculante (mg/L) | pH   | SST (mg/L) | Taxa de sólidos removidos | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | CCO (mg/L O <sub>2</sub> ) | CCO solúvel (mg/L O <sub>2</sub> ) | Ferro (mg/L Fe) |
|--------------------|--------|-------|-------------------------------------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|------|------------|---------------------------|----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 06/12/19           | 29     | 1     | PAX-XL 10                                       | 10,00                     | ---         | ---                       | 7,41 | 8          | 61,90%                    | 3,49           | 39,0              | 51                         | ---                                | ---             |
| 06/12/19           | 29     | 2     | PAX-XL 10                                       | 25,00                     | ---         | ---                       | 7,41 | 7          | 66,67%                    | 2,84           | 40,7              | 49                         | ---                                | ---             |
| 06/12/19           | 29     | 3     | PAX-XL 10                                       | 45,00                     | ---         | ---                       | 7,41 | 8          | 61,90%                    | 2,77           | 42,4              | 44                         | ---                                | ---             |
| 06/12/19           | 29     | 4     | PAX-XL 10                                       | 60,00                     | ---         | ---                       | 7,35 | 9          | 57,14%                    | 2,54           | 44,2              | 40                         | ---                                | ---             |
| 06/12/19           | 30     | 1     | PAX-XL 10                                       | 30,00                     | ---         | ---                       | 7,69 | 8          | 61,90%                    | 2,92           | 41,1              | 44                         | 52                                 | ---             |
| 06/12/19           | 30     | 2     | PAX-XL 10                                       | 35,00                     | ---         | ---                       | 7,51 | 10         | 52,38%                    | 2,66           | 42,2              | 46                         | 53                                 | ---             |
| 06/12/19           | 30     | 3     | PAX-XL 10                                       | 40,00                     | ---         | ---                       | 7,37 | 10         | 52,38%                    | 2,65           | 42,0              | 45                         | 60                                 | ---             |
| 06/12/19           | 30     | 4     | PAX-XL 10                                       | 50,00                     | ---         | ---                       | 7,38 | 10         | 52,38%                    | 2,42           | 43,8              | 40                         | 56                                 | ---             |
| 09/12/19           | 31     | 1     | FeCl <sub>3</sub>                               | 35,00                     | ---         | ---                       | 7,29 | 7          | 53,33%                    | 3,03           | 38,7              | 41                         | ---                                | 1,04            |
| 09/12/19           | 31     | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 40,00                     | ---         | ---                       | 7,31 | 8          | 46,67%                    | 3,13           | 37,2              | 38                         | ---                                | 1,44            |
| 09/12/19           | 31     | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 45,00                     | ---         | ---                       | 7,29 | 6          | 60,00%                    | 2,97           | 38,6              | 37                         | ---                                | 1,27            |
| 09/12/19           | 31     | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 50,00                     | ---         | ---                       | 7,26 | 7          | 53,33%                    | 2,98           | 39,0              | 39                         | ---                                | 1,24            |
| 09/12/19           | 32     | 1     | FeCl <sub>3</sub>                               | 55,00                     | ---         | ---                       | 7,25 | 7          | 53,33%                    | 3,08           | 37,1              | 36                         | ---                                | 1,63            |
| 09/12/19           | 32     | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 60,00                     | ---         | ---                       | 7,23 | 9          | 40,00%                    | 3,00           | 37,3              | 38                         | ---                                | 1,68            |
| 09/12/19           | 32     | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 65,00                     | ---         | ---                       | 7,26 | 9          | 40,00%                    | 2,97           | 37,4              | 36                         | ---                                | 1,68            |
| 09/12/19           | 32     | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 70,00                     | ---         | ---                       | 7,30 | 7          | 53,33%                    | 3,62           | 37,6              | 41                         | ---                                | 1,71            |
| 10/12/19           | 33     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 80,00                     | ---         | ---                       | 7,27 | 21         | -50,00%                   | 6,35           | 32,5              | 40                         | ---                                | ---             |
| 10/12/19           | 33     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 85,00                     | ---         | ---                       | 7,26 | 20         | -42,86%                   | 6,01           | 32,7              | 25                         | ---                                | ---             |
| 10/12/19           | 33     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 90,00                     | ---         | ---                       | 7,25 | 19         | -35,71%                   | 5,87           | 33,9              | 23                         | ---                                | ---             |
| 10/12/19           | 33     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 95,00                     | ---         | ---                       | 7,23 | 20         | -42,86%                   | 5,69           | 34,7              | 26                         | ---                                | ---             |
| 10/12/19           | 34     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 100,00                    | ---         | ---                       | 7,23 | 19         | -35,71%                   | 5,46           | 35,7              | 48                         | ---                                | ---             |
| 10/12/19           | 34     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 105,00                    | ---         | ---                       | 7,23 | 18         | -28,57%                   | 5,29           | 36,3              | 47                         | ---                                | ---             |
| 10/12/19           | 34     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 110,00                    | ---         | ---                       | 7,26 | 19         | -35,71%                   | 5,35           | 36,4              | 50                         | ---                                | ---             |
| 10/12/19           | 34     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 115,00                    | ---         | ---                       | 7,36 | 19         | -35,71%                   | 5,65           | 36,0              | 43                         | ---                                | ---             |
| 11/12/19           | 35     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 80,00                     | ---         | ---                       | 7,30 | 20         | 0,00%                     | 3,72           | 37,7              | 51                         | ---                                | ---             |
| 11/12/19           | 35     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 85,00                     | ---         | ---                       | 7,26 | 17         | 15,00%                    | 3,38           | 38,8              | 54                         | ---                                | ---             |
| 11/12/19           | 35     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 90,00                     | ---         | ---                       | 7,26 | 19         | 5,00%                     | 3,23           | 39,8              | 50                         | ---                                | ---             |
| 11/12/19           | 35     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 95,00                     | ---         | ---                       | 7,25 | 21         | -5,00%                    | 3,25           | 40,3              | 56                         | ---                                | ---             |
| 11/12/19           | 36     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 100,00                    | ---         | ---                       | 7,24 | 15         | 25,00%                    | 2,85           | 42,5              | 56                         | ---                                | ---             |
| 11/12/19           | 36     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 105,00                    | ---         | ---                       | 7,23 | 17         | 15,00%                    | 2,68           | 44,2              | 53                         | ---                                | ---             |
| 11/12/19           | 36     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 110,00                    | ---         | ---                       | 7,22 | 19         | 5,00%                     | 2,52           | 45,4              | 51                         | ---                                | ---             |
| 11/12/19           | 36     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 115,00                    | ---         | ---                       | 7,41 | 15         | 25,00%                    | 2,49           | 46,2              | 53                         | ---                                | ---             |
| 12/12/19           | 37     | 1     | PAX-XL 10                                       | 10,00                     | ---         | ---                       | 7,39 | 9          | 60,87%                    | 3,72           | 37,7              | 51                         | ---                                | ---             |
| 12/12/19           | 37     | 2     | PAX-XL 10                                       | 20,00                     | ---         | ---                       | 7,41 | 9          | 60,87%                    | 3,38           | 38,8              | 53                         | ---                                | ---             |
| 12/12/19           | 37     | 3     | PAX-XL 10                                       | 30,00                     | ---         | ---                       | 7,36 | 9          | 60,87%                    | 3,23           | 39,8              | 46                         | ---                                | ---             |
| 12/12/19           | 37     | 4     | PAX-XL 10                                       | 40,00                     | ---         | ---                       | 7,37 | 7          | 69,57%                    | 3,25           | 40,3              | 47                         | ---                                | ---             |
| 12/12/19           | 38     | 1     | PAX-XL 10                                       | 50,00                     | ---         | ---                       | 7,56 | 9          | 60,87%                    | 2,85           | 42,5              | 45                         | ---                                | ---             |
| 12/12/19           | 38     | 2     | PAX-XL 10                                       | 60,00                     | ---         | ---                       | 7,32 | 10         | 56,52%                    | 2,68           | 44,2              | 84                         | ---                                | ---             |
| 12/12/19           | 38     | 3     | PAX-XL 10                                       | 70,00                     | ---         | ---                       | 7,31 | 11         | 52,17%                    | 2,52           | 45,4              | 44                         | ---                                | ---             |
| 12/12/19           | 38     | 4     | PAX-XL 10                                       | 80,00                     | ---         | ---                       | 7,32 | 9          | 60,87%                    | 2,49           | 46,2              | 45                         | ---                                | ---             |
| 13/12/19           | 39     | 1     | PAX-XL 10                                       | 30,00                     | ---         | ---                       | 7,12 | 5          | 70,59%                    | 1,57           | 60,7              | 26                         | ---                                | ---             |
| 13/12/19           | 39     | 2     | PAX-XL 10                                       | 35,00                     | ---         | ---                       | 7,08 | 6          | 64,71%                    | 1,50           | 61,4              | 28                         | ---                                | ---             |
| 13/12/19           | 39     | 3     | PAX-XL 10                                       | 40,00                     | ---         | ---                       | 7,11 | 7          | 58,82%                    | 1,43           | 61,6              | 29                         | ---                                | ---             |
| 13/12/19           | 39     | 4     | PAX-XL 10                                       | 45,00                     | ---         | ---                       | 7,08 | 8          | 52,94%                    | 1,40           | 62,6              | 28                         | ---                                | ---             |
| 13/12/19           | 40     | 1     | PAX-XL 10                                       | 50,00                     | ---         | ---                       | 7,06 | 5          | 70,59%                    | 1,29           | 64,0              | 24                         | ---                                | ---             |
| 13/12/19           | 40     | 2     | PAX-XL 10                                       | 55,00                     | ---         | ---                       | 7,02 | 5          | 70,59%                    | 1,24           | 64,9              | 26                         | ---                                | ---             |
| 13/12/19           | 40     | 3     | PAX-XL 10                                       | 60,00                     | ---         | ---                       | 7,07 | 5          | 70,59%                    | 1,18           | 65,5              | 22                         | ---                                | ---             |
| 13/12/19           | 40     | 4     | PAX-XL 10                                       | 65,00                     | ---         | ---                       | 7,27 | 6          | 64,71%                    | 1,15           | 65,3              | 25                         | ---                                | ---             |
| 16/12/19           | 41     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 80,00                     | ---         | ---                       | 6,54 | 6          | 90,00%                    | 1,20           | 72,9              | 12                         | ---                                | ---             |
| 16/12/19           | 41     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 85,00                     | ---         | ---                       | 6,55 | 3          | 95,00%                    | 1,06           | 73,9              | 13                         | ---                                | ---             |
| 16/12/19           | 41     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 90,00                     | ---         | ---                       | 6,51 | 4          | 93,33%                    | 1,14           | 71,5              | 12                         | ---                                | ---             |
| 16/12/19           | 41     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 95,00                     | ---         | ---                       | 6,45 | 5          | 91,67%                    | 1,06           | 74,0              | 13                         | ---                                | ---             |
| 16/12/19           | 42     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 100,00                    | ---         | ---                       | 6,54 | 5          | 91,67%                    | 0,86           | 74,7              | 18                         | ---                                | ---             |
| 16/12/19           | 42     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 105,00                    | ---         | ---                       | 6,54 | 6          | 90,00%                    | 0,82           | 75,4              | 14                         | ---                                | ---             |
| 16/12/19           | 42     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 110,00                    | ---         | ---                       | 6,53 | 6          | 90,00%                    | 0,93           | 75,3              | 54                         | ---                                | ---             |
| 16/12/19           | 42     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 115,00                    | ---         | ---                       | 6,63 | 5          | 91,67%                    | 0,76           | 75,8              | 15                         | ---                                | ---             |
| 17/12/19           | 43     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 85,00                     | ---         | ---                       | 6,89 | 6          | 62,50%                    | 1,40           | 65,4              | 18                         | ---                                | ---             |
| 17/12/19           | 43     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 90,00                     | ---         | ---                       | 6,80 | 6          | 62,50%                    | 1,21           | 66,7              | 22                         | ---                                | ---             |
| 17/12/19           | 43     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 85,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,83 | 9          | 43,75%                    | 2,13           | 64,7              | 25                         | ---                                | ---             |
| 17/12/19           | 43     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 90,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,80 | 5          | 68,75%                    | 1,33           | 66,3              | 20                         | ---                                | ---             |
| 17/12/19           | 44     | 1     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 100,00                    | ---         | ---                       | 6,74 | 3          | 81,25%                    | 1,17           | 68,1              | 20                         | ---                                | ---             |
| 17/12/19           | 44     | 2     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 110,00                    | ---         | ---                       | 6,76 | 4          | 75,00%                    | 1,04           | 69,0              | 18                         | ---                                | ---             |
| 17/12/19           | 44     | 3     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 100,00                    | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,83 | 5          | 68,75%                    | 1,06           | 68,0              | 14                         | ---                                | ---             |
| 17/12/19           | 44     | 4     | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 110,00                    | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,87 | 6          | 62,50%                    | 1,13           | 68,3              | 17                         | ---                                | ---             |
| 18/12/19           | 45     | 1     | FeCl <sub>3</sub>                               | 50,00                     | ---         | ---                       | 7,07 | 11         | 56,00%                    | 3,91           | 44,8              | 48                         | ---                                | ---             |
| 18/12/19           | 45     | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 55,00                     | ---         | ---                       | 7,06 | 6          | 76,00%                    | 2,34           | 47,7              | 33                         | ---                                | ---             |
| 18/12/19           | 45     | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 50,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 7,08 | 8          | 68,00%                    | 2,46           | 47,7              | 33                         | ---                                | ---             |
| 18/12/19           | 45     | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 55,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 7,07 | 9          | 64,00%                    | 4,05           | 46,4              | 34                         | ---                                | ---             |
| 18/12/19           | 46     | 1     | FeCl <sub>3</sub>                               | 60,00                     | ---         | ---                       | 7,25 | 9          | 64,00%                    | 2,24           | 48,4              | 33                         | ---                                | ---             |
| 18/12/19           | 46     | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 65,00                     | ---         | ---                       | 7,21 | 10         | 60,00%                    | 2,14           | 48,6              | 30                         | ---                                | ---             |
| 18/12/19           | 46     | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 60,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 7,23 | 9          | 64,00%                    | 2,31           | 49,3              | 58                         | ---                                | ---             |
| 18/12/19           | 46     | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 65,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 7,32 | 8          | 68,00%                    | 2,01           | 49,9              | 28                         | ---                                | ---             |
| 19/12/19           | 47     | 1     | FeCl <sub>3</sub>                               | 30,00                     | ---         | ---                       | 6,97 | 8          | 94,56%                    | 1,66           | 57,5              | 26                         | ---                                | ---             |
| 19/12/19           | 47     | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 40,00                     | ---         | ---                       | 6,95 | 6          | 95,92%                    | 1,52           | 58,9              | 27                         | ---                                | ---             |
| 19/12/19           | 47     | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 30,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,95 | 7          | 95,24%                    | 1,70           | 58,9              | 69                         | ---                                | ---             |
| 19/12/19           | 47     | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 40,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,96 | 6          | 95,92%                    | 1,52           | 59,7              | 27                         | ---                                | ---             |
| 19/12/19           | 48     | 1     | FeCl <sub>3</sub>                               | 50,00                     | ---         | ---                       | 6,82 | 6          | 95,92%                    | 1,45           | 58,4              | 24                         | ---                                | ---             |
| 19/12/19           | 48     | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 60,00                     | ---         | ---                       | 6,89 | 6          | 95,92%                    | 1,37           | 61,4              | 27                         | ---                                | ---             |
| 19/12/19           | 48     | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 50,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,88 | 6          | 95,92%                    | 1,39           | 58,8              | 25                         | ---                                | ---             |
| 19/12/19           | 48     | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 60,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 7,03 | 6          | 95,92%                    | 1,34           | 60,2              | 24                         | ---                                | ---             |
| 20/12/19           | 49     | 1     | FeCl <sub>3</sub>                               | 70,00                     | ---         | ---                       | 6,63 | 5          | 70,59%                    | 0,80           | 67,0              | 14                         | ---                                | ---             |
| 20/12/19           | 49     | 2     | FeCl <sub>3</sub>                               | 80,00                     | ---         | ---                       | 6,58 | 5          | 70,59%                    | 0,84           | 68,1              | 14                         | ---                                | ---             |
| 20/12/19           | 49     | 3     | FeCl <sub>3</sub>                               | 70,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,63 | 4          | 76,47%                    | 0,83           | 66,6              | 15                         | ---                                | ---             |
| 20/12/19           | 49     | 4     | FeCl <sub>3</sub>                               | 80,00                     | Rifloc 4530 | 0,15                      | 6,00 | 5          | 70,59%                    | 0,73           | 68,5              | 15                         | ---                                | ---             |
| 20/12/19           | 50     | 1     | Rifloc 4530                                     | 0,05                      | ---         | ---                       | 7,23 | 8          | 52,94%                    | 2,88           | 61,5              | 22                         | ---                                | ---             |
| 20/12/19           | 50     | 2     | Rifloc 4530                                     | 0,10                      | ---         | ---                       | 7,10 | 7          | 58,82%                    | 2,58           | 59,7              | 21                         | ---                                | ---             |
| 20/12/19           | 50     | 3     | Rifloc 4530                                     | 0,15                      | ---         | ---                       | 7,00 | 7          | 58,82%                    | 2,36           | 61,8              | 21                         | ---                                | ---             |
| 20/12/19           | 50     | 4     | Rifloc 4530                                     | 0,20                      | ---         | ---                       | 6,96 | 9          | 47,06%                    | 2,48           | 61,6              | 62                         | ---                                | ---             |
| 23/12/19           | 51     | 1     | Rifloc 4530                                     | 0,30                      | ---         | ---                       | 7,19 | 8          | 38,46%                    | 3,16           | 49,8              | ---                        | ---                                | ---             |
| 23/12/19           | 51     | 2     | Rifloc 4530                                     | 0,40                      | ---         | ---                       | 7,25 | 8          | 38,46%                    | 3,08           | 49,7              | ---                        | ---                                | ---             |



| Data de amostragem | Ensaio | Jarro | Coagulante        | Taxa de coagulante (mg/L) | Floculante     | Taxa de floculante (mg/L) | pH   | SST (mg/L) | Taxa de sólidos removidos | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | CCO (mg/L O <sub>2</sub> ) | CCO solúvel (mg/L O <sub>2</sub> ) | Ferro (mg/L Fe) |
|--------------------|--------|-------|-------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|------|------------|---------------------------|----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 23/12/19           | 51     | 4     | Rifloc 4530       | 1,00                      | ---            | ---                       | 7,26 | 8          | 38,46%                    | 3,79           | 48,8              | ---                        | ---                                | ---             |
| 11/02/20           | 55     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | ---            | ---                       | 7,30 | 6          | 45,45%                    | 1,65           | 49,5              | 29                         | ---                                | ---             |
| 11/02/20           | 55     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 4530    | 0,15                      | 7,35 | 5          | 54,55%                    | 1,65           | 49,8              | 32                         | ---                                | ---             |
| 14/02/20           | 56     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | ---            | ---                       | 7,62 | 8          | 55,56%                    | 1,78           | 50,3              | 74                         | ---                                | ---             |
| 14/02/20           | 56     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,15                      | 7,48 | 7          | 61,11%                    | 1,56           | 53,2              | 37                         | ---                                | ---             |
| 18/02/20           | 57     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,05                      | 7,24 | 8          | -60,00%                   | 1,53           | 51,9              | 35                         | ---                                | ---             |
| 18/02/20           | 57     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,10                      | 7,21 | 6          | -20,00%                   | 1,51           | 52,8              | 40                         | ---                                | ---             |
| 18/02/20           | 57     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,50                      | 7,25 | ---        | ---                       | 1,44           | 54,1              | 31                         | ---                                | ---             |
| 18/02/20           | 57     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 1,00                      | 7,24 | 6          | -20,00%                   | 2,02           | 52,4              | 36                         | ---                                | ---             |
| 20/02/20           | 58     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,10                      | 7,37 | 4          | 93,10%                    | 1,48           | 50,5              | 47                         | ---                                | ---             |
| 20/02/20           | 58     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,20                      | 7,34 | 7          | 87,93%                    | 1,39           | 52,2              | 43                         | ---                                | ---             |
| 20/02/20           | 58     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,30                      | 7,41 | 7          | 87,93%                    | 1,37           | 52,7              | 46                         | ---                                | ---             |
| 20/02/20           | 58     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,40                      | 7,38 | 7          | 87,93%                    | 1,37           | 52,5              | 45                         | ---                                | ---             |
| 21/02/20           | 59     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,60                      | 7,26 | 8          | 70,37%                    | 1,40           | 47,7              | ---                        | ---                                | ---             |
| 21/02/20           | 59     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,70                      | 7,25 | 8          | 70,37%                    | 1,46           | 46,9              | ---                        | ---                                | ---             |
| 21/02/20           | 59     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,80                      | 7,29 | ---        | ---                       | 1,65           | 46,5              | ---                        | ---                                | ---             |
| 21/02/20           | 59     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1000    | 0,90                      | 7,30 | ---        | ---                       | 1,46           | 46,9              | ---                        | ---                                | ---             |
| 03/03/20           | 60     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1001    | 0,10                      | 7,12 | 7          | 63,16%                    | 1,49           | 42,9              | 38                         | ---                                | ---             |
| 03/03/20           | 60     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1001    | 0,20                      | 7,11 | 7          | 63,16%                    | 1,37           | 43,9              | 39                         | ---                                | ---             |
| 03/03/20           | 60     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1001    | 0,30                      | 7,13 | 4          | 78,95%                    | 1,17           | 47,0              | 38                         | ---                                | ---             |
| 03/03/20           | 60     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1001    | 0,90                      | 7,17 | 6          | 68,42%                    | 1,37           | 46,4              | 38                         | ---                                | ---             |
| 04/03/20           | 61     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1001    | 0,50                      | 7,14 | 7          | 66,67%                    | 1,51           | 45,4              | ---                        | ---                                | ---             |
| 04/03/20           | 61     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1001    | 0,60                      | 7,15 | 7          | 66,67%                    | 1,65           | 45,8              | ---                        | ---                                | ---             |
| 04/03/20           | 61     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1001    | 1,00                      | 7,13 | 8          | 61,90%                    | 1,58           | 44,6              | ---                        | ---                                | ---             |
| 04/03/20           | 61     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 1001    | 1,50                      | 7,12 | 7          | 66,67%                    | 1,70           | 44,6              | ---                        | ---                                | ---             |
| 06/03/20           | 62     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 65      | 0,08                      | 7,14 | 5          | 58,33%                    | 1,52           | 47,2              | ---                        | ---                                | ---             |
| 06/03/20           | 62     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 65      | 0,10                      | 7,16 | 5          | 58,33%                    | 1,57           | 47,9              | ---                        | ---                                | ---             |
| 06/03/20           | 62     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 65      | 0,20                      | 7,15 | 8          | 33,33%                    | 1,65           | 47,9              | ---                        | ---                                | ---             |
| 06/03/20           | 62     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Rifloc 65      | 0,30                      | 7,14 | 8          | 33,33%                    | 1,61           | 48,0              | ---                        | ---                                | ---             |
| 11/03/20           | 63     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 0,10                      | 7,20 | ---        | ---                       | 1,98           | 42,8              | ---                        | ---                                | ---             |
| 11/03/20           | 63     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 0,50                      | 7,21 | ---        | ---                       | 1,73           | 44,4              | ---                        | ---                                | ---             |
| 11/03/20           | 63     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 1,00                      | 7,23 | ---        | ---                       | 1,72           | 44,8              | ---                        | ---                                | ---             |
| 11/03/20           | 63     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 5,00                      | 7,16 | ---        | ---                       | 1,82           | 45,3              | ---                        | ---                                | ---             |
| 13/05/20           | 64     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 0,50                      | 7,05 | 8          | 72,41%                    | ---            | 51,8              | 35                         | ---                                | ---             |
| 13/05/20           | 64     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 1,00                      | 7,10 | 7          | 75,86%                    | ---            | 51,1              | 44                         | ---                                | ---             |
| 13/05/20           | 64     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 2,00                      | 7,14 | 10         | 65,52%                    | ---            | 50,9              | 36                         | ---                                | ---             |
| 13/05/20           | 64     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 3,00                      | 7,17 | 9          | 68,97%                    | ---            | 52,0              | 35                         | ---                                | ---             |
| 15/05/20           | 65     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 0,50                      | 7,05 | 10         | 44,44%                    | ---            | 55,5              | 30                         | ---                                | ---             |
| 15/05/20           | 65     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 0,70                      | 7,05 | 4          | 77,78%                    | ---            | 55,6              | 29                         | ---                                | ---             |
| 15/05/20           | 65     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 0,90                      | 7,06 | 8          | 55,56%                    | ---            | 57,3              | 29                         | ---                                | ---             |
| 15/05/20           | 65     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 121P  | 1,00                      | 7,05 | 9          | 50,00%                    | ---            | 55,7              | 30                         | ---                                | ---             |
| 25/05/20           | 66     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 60,00                     | Ambifloc 121P  | 0,50                      | 7,19 | 10         | 52,38%                    | 1,88           | 49,4              | 34                         | ---                                | ---             |
| 25/05/20           | 66     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 60,00                     | Ambifloc 121P  | 0,60                      | 7,20 | 7          | 66,67%                    | 1,83           | 49,4              | 37                         | ---                                | ---             |
| 25/05/20           | 66     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 60,00                     | Ambifloc 121P  | 0,70                      | 7,21 | 9          | 57,14%                    | 1,73           | 50,4              | 39                         | ---                                | ---             |
| 25/05/20           | 66     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 60,00                     | Ambifloc 121P  | 0,80                      | 7,21 | 9          | 57,14%                    | 1,83           | 48,7              | 55                         | ---                                | ---             |
| 26/05/20           | 67     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 0,50                      | 7,14 | 7          | 87,50%                    | 2,11           | 49,6              | 36                         | ---                                | ---             |
| 26/05/20           | 67     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 1,00                      | 7,17 | 5          | 91,07%                    | 1,85           | 50,4              | 36                         | ---                                | ---             |
| 28/05/20           | 68     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 1,00                      | 7,17 | 6          | 91,55%                    | 2,68           | 48,0              | 46                         | ---                                | ---             |
| 28/05/20           | 68     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 2,00                      | 7,17 | 6          | 91,55%                    | 2,43           | 48,6              | 46                         | ---                                | ---             |
| 28/05/20           | 68     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 3,00                      | 7,19 | 7          | 90,14%                    | 2,83           | 46,7              | 46                         | ---                                | ---             |
| 28/05/20           | 68     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 4,00                      | 7,17 | 6          | 91,55%                    | 2,44           | 47,1              | 47                         | ---                                | ---             |
| 09/06/20           | 69     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 1,00                      | 7,17 | 8          | 78,95%                    | 2,80           | 45,5              | 42                         | ---                                | ---             |
| 09/06/20           | 69     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 1,50                      | 7,15 | 7          | 81,58%                    | 2,83           | 45,7              | 42                         | ---                                | ---             |
| 09/06/20           | 69     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 2,00                      | 7,16 | 8          | 78,95%                    | 3,11           | 44,8              | 41                         | ---                                | ---             |
| 09/06/20           | 69     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 145P  | 2,50                      | 7,16 | 11         | 71,05%                    | 2,92           | 45,0              | 44                         | ---                                | ---             |
| 22/06/20           | 70     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,10                      | 6,89 | 4          | 92,00%                    | 2,24           | 48,5              | 25                         | ---                                | ---             |
| 22/06/20           | 70     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,50                      | 6,88 | 6          | 88,00%                    | 2,13           | 49,8              | 25                         | ---                                | ---             |
| 22/06/20           | 70     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 1,00                      | 6,91 | 7          | 86,00%                    | 2,38           | 50,9              | 21                         | ---                                | ---             |
| 22/06/20           | 70     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 1,50                      | 6,90 | 7          | 86,00%                    | 3,29           | 52,7              | 26                         | ---                                | ---             |
| 23/06/20           | 71     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,50                      | 7,03 | 10         | 93,51%                    | 2,30           | 48,1              | 26                         | ---                                | ---             |

| Data de amostragem | Ensaio | Jarro | Coagulante        | Taxa de coagulante (mg/L) | Floculante     | Taxa de floculante (mg/L) | pH   | SST (mg/L) | Taxa de sólidos removidos | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | COO (mg/L O <sub>2</sub> ) | COO solúvel (mg/L O <sub>2</sub> ) | Ferro (mg/L Fe) |
|--------------------|--------|-------|-------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|------|------------|---------------------------|----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 23/06/20           | 71     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,70                      | 6,99 | 9          | 94,16%                    | 2,25           | 48,4              | 27                         | ---                                | ---             |
| 23/06/20           | 71     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,90                      | 6,99 | 12         | 92,21%                    | 2,19           | 49,0              | 22                         | ---                                | ---             |
| 23/06/20           | 71     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 1,00                      | 6,97 | 11         | 92,86%                    | 1,96           | 48,9              | 28                         | ---                                | ---             |
| 25/06/20           | 72     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 2,00                      | 6,96 | 9          | 67,86%                    | 2,62           | 45,6              | 25                         | ---                                | ---             |
| 25/06/20           | 72     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 3,00                      | 6,96 | 10         | 64,29%                    | 3,51           | 46,7              | 30                         | ---                                | ---             |
| 25/06/20           | 72     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 4,00                      | 6,96 | 10         | 64,29%                    | 4,48           | 46,8              | 29                         | ---                                | ---             |
| 25/06/20           | 72     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 5,00                      | 6,98 | 12         | 57,14%                    | 3,96           | 48,2              | 27                         | ---                                | ---             |
| 26/06/20           | 73     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,10                      | 6,86 | 12         | 96,97%                    | 2,02           | 48,2              | 35                         | ---                                | ---             |
| 26/06/20           | 73     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,20                      | 6,86 | 9          | 97,73%                    | 2,05           | 48,3              | 35                         | ---                                | ---             |
| 26/06/20           | 73     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,30                      | 6,86 | 10         | 97,47%                    | 1,79           | 48,8              | 33                         | ---                                | ---             |
| 26/06/20           | 73     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 6000P | 0,40                      | 6,85 | 13         | 96,72%                    | 2,10           | 48,8              | 33                         | ---                                | ---             |
| 29/06/20           | 74     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 0,10                      | 6,90 | 11         | 93,29%                    | 1,95           | 49,8              | 21                         | ---                                | ---             |
| 29/06/20           | 74     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 0,50                      | 6,90 | 10         | 93,90%                    | 1,97           | 49,4              | 26                         | ---                                | ---             |
| 29/06/20           | 74     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 1,00                      | 6,90 | 11         | 93,29%                    | 2,09           | 49,9              | 27                         | ---                                | ---             |
| 29/06/20           | 74     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 2,00                      | 6,91 | 14         | 91,46%                    | 2,83           | 49,3              | 30                         | ---                                | ---             |
| 30/06/20           | 75     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 3,00                      | 6,90 | 10         | 95,24%                    | 3,79           | 48,9              | 29                         | ---                                | ---             |
| 30/06/20           | 75     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 4,00                      | 6,90 | 12         | 94,29%                    | 4,33           | 40,6              | 28                         | ---                                | ---             |
| 30/06/20           | 75     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 5,00                      | 6,89 | 10         | 95,24%                    | 5,03           | 52,9              | 28                         | ---                                | ---             |
| 30/06/20           | 75     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 6,00                      | 6,90 | 13         | 93,81%                    | 5,34           | 50,8              | 32                         | ---                                | ---             |
| 01/07/20           | 76     | 1     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 0,10                      | 6,91 | 6          | 91,30%                    | 1,57           | 48,1              | 33                         | ---                                | ---             |
| 01/07/20           | 76     | 2     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 0,20                      | 6,91 | 6          | 91,30%                    | 1,83           | 48,0              | 32                         | ---                                | ---             |
| 01/07/20           | 76     | 3     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 0,30                      | 6,92 | 6          | 91,30%                    | 1,72           | 47,5              | 30                         | ---                                | ---             |
| 01/07/20           | 76     | 4     | FeCl <sub>3</sub> | 55,00                     | Ambifloc 7020P | 0,40                      | 6,94 | 5          | 92,75%                    | 1,79           | 47,5              | 29                         | ---                                | ---             |

Tabela III - Resultados das análises aos parâmetros físico-químicos do efluente final e água saída dos filtros de areia do ensaio de 24 horas de dia 7 de julho de 2020.

| Hora de amostragem | SST EF (mg/L) | Turvação EF (NTU) | Transmitância EF (%) | SST SF (mg/L) | Turvação SF (NTU) | Transmitância SF (%) | Taxa de remoção de SST |
|--------------------|---------------|-------------------|----------------------|---------------|-------------------|----------------------|------------------------|
| 13:00              | 73            | 44,9              | 22,9                 | 77            | 32,2              | 25,9                 | -5,48%                 |
| 14:00              | 44            | 23,9              | 37,2                 | 40            | 11,5              | 39,9                 | 9,09%                  |
| 15:00              | 28            | 9,24              | 43,0                 | 45            | 12,8              | 36,1                 | -60,71%                |
| 16:00              | 72            | 38,0              | 28,1                 | 99            | 40,4              | 20,5                 | -37,50%                |
| 17:00              | 108           | 64,6              | 18,3                 | 76            | 23,6              | 30,2                 | 29,63%                 |
| 18:00              | 141           | 81,8              | 15,5                 | 63            | 20,4              | 29,6                 | 55,32%                 |
| 19:00              | 58            | 27,4              | 29,9                 | 69            | 27,5              | 30,8                 | -18,97%                |
| 20:00              | 134           | 92,9              | 14,9                 | 88            | 41,7              | 23,9                 | 34,33%                 |
| 21:00              | 156           | 97,9              | 11,8                 | 106           | 54,9              | 20,3                 | 32,05%                 |
| 22:00              | 137           | 80,7              | 14,1                 | 35            | 13,7              | 38,8                 | 74,45%                 |
| 23:00              | 128           | 84,8              | 14,1                 | 73            | 35,7              | 27,2                 | 42,97%                 |
| 0:00               | 146           | 79,5              | 15,0                 | 96            | 48,8              | 21,2                 | 34,25%                 |
| 1:00               | 140           | 82,1              | 12,6                 | 95            | 47,1              | 20,6                 | 32,14%                 |
| 2:00               | 30            | 25,9              | 35,1                 | 47            | 19,3              | 31,7                 | -56,67%                |
| 3:00               | 31            | 22,8              | 35,1                 | 49            | 19,2              | 29,8                 | -58,06%                |
| 4:00               | 36            | 19,0              | 32,8                 | 36            | 13,0              | 34,4                 | 0,00%                  |
| 5:00               | 43            | 21,8              | 34,5                 | 36            | 13,2              | 36,4                 | 16,28%                 |

|       |     |      |      |     |      |      |          |
|-------|-----|------|------|-----|------|------|----------|
| 6:00  | 45  | 25,0 | 32,8 | 37  | 13,2 | 36,7 | 17,78%   |
| 7:00  | 47  | 21,6 | 34,3 | 124 | 76,2 | 15,9 | -163,83% |
| 8:00  | 43  | 18,9 | 35,7 | 90  | 43,8 | 25,4 | -109,30% |
| 9:00  | 119 | 83,1 | 14,9 | 41  | 17,9 | 36,7 | 65,55%   |
| 10:00 | 57  | 31,8 | 29,1 | 35  | 14,5 | 39,5 | 38,60%   |
| 11:00 | 87  | 49,2 | 20,5 | 28  | 9,82 | 42,8 | 67,82%   |
| 12:00 | 82  | 47,1 | 23,2 | 28  | 4,43 | 48,3 | 65,85%   |

<sup>1</sup> EF - efluente final; SF - água saída da filtração de areia

Tabela IV - Resultados das análises aos parâmetros físico-químicos do efluente final e água saída dos filtros de areia do ensaio de 12 horas de dia 9 de julho de 2020.

| Hora de amostragem | SST EF (mg/L) | Turvação EF (NTU) | Transmitância EF (%) | SST SF (mg/L) | Turvação SF (NTU) | Transmitância SF (%) | Taxa de remoção de SST |
|--------------------|---------------|-------------------|----------------------|---------------|-------------------|----------------------|------------------------|
| 14:00              | 113           | 74,3              | 20,6                 | 12            | 3,98              | 50,2                 | 89,38%                 |
| 16:00              | 25            | 11,0              | 44,5                 | 43            | 25,2              | 35,6                 | -72,00%                |
| 18:00              | 155           | 98,1              | 15,9                 | 34            | 16,2              | 41,5                 | 78,06%                 |
| 20:00              | 191           | 135               | 9,99                 | 28            | 13,1              | 44,7                 | 85,34%                 |
| 22:00              | 208           | 159               | 7,15                 | 51            | 24,8              | 38,2                 | 75,48%                 |
| 0:00               | 122           | 70,5              | 18,6                 | 29            | 12,7              | 34,5                 | 76,23%                 |
| 2:00               | 108           | 72,5              | 19,7                 | 28            | 12,9              | 33,3                 | 74,07%                 |
| 4:00               | 43            | 24,0              | 32,5                 | 115           | 52,9              | 23,9                 | -167,44%               |
| 6:00               | 36            | 19,8              | 37,3                 | 41            | 16,6              | 34,9                 | -13,89%                |
| 8:00               | 70            | 50,9              | 28,5                 | 49            | 24,9              | 31,6                 | 30,00%                 |
| 10:00              | 55            | 34,6              | 30,7                 | 14            | 5,13              | 47,2                 | 74,55%                 |
| 12:00              | 64            | 41,6              | 27,1                 | 19            | 8,92              | 45,0                 | 70,31%                 |

<sup>1</sup> EF - efluente final; SF - água saída da filtração de areia

Tabela V - Resultados das análises aos parâmetros físico-químicos do efluente final e água saída dos filtros de areia do ensaio de 6 horas de dia 17 de julho de 2020.

| Hora de amostragem | SST EF (mg/L) | Turvação EF (NTU) | Transmitância EF (%) | SST SF (mg/L) | Turvação SF (NTU) | Transmitância SF (%) | Taxa de remoção de SST |
|--------------------|---------------|-------------------|----------------------|---------------|-------------------|----------------------|------------------------|
| 10:00              | 81            | 55,10             | 25,40                | 30            | 16,70             | 45,20                | 62,96%                 |
| 11:00              | 93            | 58,90             | 22,20                | 15            | 7,58              | 47,20                | 83,87%                 |
| 12:00              | 49            | 27,90             | 31,90                | 15            | 7,86              | 46,30                | 69,39%                 |
| 13:00              | 72            | 43,60             | 28,00                | 21            | 11,50             | 42,30                | 70,83%                 |
| 14:00              | 48            | 29,70             | 34,90                | 14            | 7,15              | 47,10                | 70,83%                 |
| 15:00              | 149           | 99,50             | 11,60                | 20            | 11,10             | 46,00                | 86,58%                 |

<sup>1</sup> EF - efluente final; SF - água saída da filtração de areia

Tabela VI - Resultados das análises aos parâmetros físico-químicos do efluente final e água saída dos filtros de areia do ensaio de 6 horas de dia 22 de setembro de 2020.

| Hora de amostragem | SST EF (mg/L) | Turvação EF (NTU) | Transmitância EF (%) | SST SF (mg/L) | Turvação SF (NTU) | Transmitância SF (%) | Taxa de remoção de SST |
|--------------------|---------------|-------------------|----------------------|---------------|-------------------|----------------------|------------------------|
| 10:00              | 38            | 18,30             | 36,30                | 8             | 3,25              | 46,40                | 78,95%                 |
| 11:00              | 69            | 32,80             | 27,90                | 9             | 3,29              | 46,20                | 86,96%                 |
| 12:00              | 34            | 12,60             | 36,80                | 6             | 3,22              | 46,50                | 82,35%                 |
| 13:00              | 33            | 19,10             | 38,20                | 10            | 3,06              | 46,70                | 69,70%                 |
| 14:00              | 35            | 13,60             | 35,30                | 8             | 2,89              | 46,40                | 77,14%                 |
| 15:00              | 27            | 12,60             | 35,70                | 6             | 3,25              | 43,30                | 77,78%                 |
| 16:00              | 23            | 9,10              | 37,10                | 9             | 3,36              | 45,50                | 60,87%                 |

<sup>1</sup> EF - efluente final; SF - água saída da filtração de areia

## Anexo II

Tabela I - Resultados das análises aos parâmetros físico-químicos do efluente final amostrado para os ensaios de filtração com filtros microtamisadores.

| Data de amostragem | Ensaio | Tipo    | pH   | SST (mg/L) | Turvação (NTU) | Transmitância (%) | CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|--------------------|--------|---------|------|------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| 14/01/20           | 1      | Pontual | 7,46 | 23         | 11,00          | 29,80             | 68                         |
| 15/01/20           | 2      | Pontual | 7,50 | 1044       | 1000,00        | 0,03              | 1077                       |
| 16/01/20           | 3      | Pontual | 7,28 | 21         | 10,10          | 48,90             | 45                         |
| 17/01/20           | 4      | Pontual | 7,27 | 17         | 7,25           | 56,00             | 41                         |
| 20/01/20           | 5      | Pontual | 7,52 | 71         | 62,10          | 23,10             | 119                        |
| 21/01/20           | 6      | Pontual | 7,44 | 26         | 15,20          | 34,60             | 81                         |
| 22/01/20           | 7      | Pontual | 7,80 | 33         | 13,70          | 32,80             | 69                         |
| 23/01/20           | 8      | Pontual | 7,48 | 64         | 36,10          | 21,90             | 116                        |
| 24/01/20           | 9      | Pontual | 7,61 | 37         | 19,30          | 30,90             | 136                        |
| 12/02/20           | 10     | Pontual | 7,29 | 14         | 6,55           | 48,90             | 47                         |
| 13/02/20           | 11     | Pontual | 7,49 | 53         | 26,90          | 33,80             | 91                         |

Tabela II - Resultados das análises aos parâmetros físico-químicos da água sobrenadante e da água filtrada amostradas para os ensaios de filtração com filtros microtamisadores.

| Data de amostragem | Ensaio | Jero | Coagulante        | Taxa de coagulação (mg/L) |     | Módulo (pH) |      | SST |     | SST    |        | Taxa de sólidos removidos |        | Taxa de sólidos removidos |         | Rácio de SST |      | Turbidez |       | Turbidez |      | Transmitância |       | Transmitância |     | CQO a1 |     | CQO a2 |     |
|--------------------|--------|------|-------------------|---------------------------|-----|-------------|------|-----|-----|--------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|---------|--------------|------|----------|-------|----------|------|---------------|-------|---------------|-----|--------|-----|--------|-----|
|                    |        |      |                   | a.1                       | a.2 | a.1         | a.2  | a.1 | a.2 | a.1    | a.2    | a.1                       | a.2    | a.1                       | a.2     | a.1          | a.2  | a.1      | a.2   | a.1      | a.2  | a.1           | a.2   | a.1           | a.2 | a.1    | a.2 | a.1    | a.2 |
| 14/01/20           | 1      | 1    | FACl <sub>2</sub> | 40,00                     | 5   | 7,28        | 7,62 | 2   | 10  | 63,22% | 17     | 10                        | 63,22% | 17,38%                    | 137,00% | 2,68         | 2,62 | 34,50    | 35,80 | 1,04     | 1,04 | 25,90         | 25    | 93            | 93  | 68     | 68  |        |     |
| 14/01/20           | 1      | 2    | FACl <sub>2</sub> | 60,00                     | 5   | 7,28        | 7,71 | 2   | 19  | 62,22% | 17,38% | 137,00%                   | 2,68   | 2,62                      | 34,50   | 35,80        | 1,04 | 1,04     | 25,90 | 25       | 93   | 93            | 68    | 68            | 68  | 68     |     |        |     |
| 15/01/20           | 2      | 1    | FACl <sub>2</sub> | 40,00                     | 5   | 7,28        | 7,41 | 4   | 2   | 96,66% | 16,71% | 120,00%                   | 1,57   | 1,50                      | 26,70   | 26,50        | 1,00 | 1,00     | 26,70 | 26,50    | 1,00 | 1,00          | 26,70 | 26,50         | 27  | 27     |     |        |     |
| 15/01/20           | 2      | 2    | FACl <sub>2</sub> | 60,00                     | 5   | 7,27        | 7,43 | 4   | 2   | 98,22% | 16,71% | 120,00%                   | 1,57   | 1,50                      | 26,70   | 26,50        | 1,00 | 1,00     | 26,70 | 26,50    | 1,00 | 1,00          | 26,70 | 26,50         | 27  | 27     |     |        |     |
| 16/01/20           | 3      | 1    | FACl <sub>2</sub> | 40,00                     | 5   | 7,28        | 7,31 | 1   | 2   | 99,22% | 16,48% | 120,00%                   | 1,58   | 1,48                      | 26,10   | 26,00        | 1,00 | 1,00     | 26,10 | 26,00    | 1,00 | 1,00          | 26,10 | 26,00         | 25  | 25     |     |        |     |
| 16/01/20           | 3      | 2    | FACl <sub>2</sub> | 60,00                     | 5   | 7,28        | 7,24 | 1   | 2   | 99,22% | 16,48% | 120,00%                   | 1,57   | 1,48                      | 26,10   | 26,00        | 1,00 | 1,00     | 26,10 | 26,00    | 1,00 | 1,00          | 26,10 | 26,00         | 25  | 25     |     |        |     |
| 17/01/20           | 4      | 1    | FACl <sub>2</sub> | 40,00                     | 5   | 7,28        | 7,65 | 5   | 6   | 70,55% | 16,71% | 120,00%                   | 1,52   | 1,73                      | 26,70   | 28,50        | 1,05 | 1,05     | 26,70 | 28,50    | 1,05 | 1,05          | 26,70 | 28,50         | 24  | 24     |     |        |     |
| 17/01/20           | 4      | 2    | FACl <sub>2</sub> | 60,00                     | 5   | 8,37        | 7,50 | 3   | 2   | 73,55% | 16,28% | 120,00%                   | 1,53   | 1,58                      | 27,00   | 28,20        | 1,04 | 1,04     | 27,00 | 28,20    | 1,04 | 1,04          | 27,00 | 28,20         | 21  | 21     |     |        |     |
| 20/01/20           | 5      | 1    | ---               | ---                       | 5   | 7,45        | 7,57 | 40  | 25  | 43,66% | 14,29% | 120,00%                   | 1,74   | 1,68                      | 30,60   | 31,20        | 1,02 | 1,02     | 30,60 | 31,20    | 1,02 | 1,02          | 30,60 | 31,20         | 78  | 78     |     |        |     |
| 20/01/20           | 5      | 2    | ---               | ---                       | 5   | 7,45        | 7,57 | 40  | 25  | 43,66% | 14,29% | 120,00%                   | 1,74   | 1,68                      | 30,60   | 31,20        | 1,02 | 1,02     | 30,60 | 31,20    | 1,02 | 1,02          | 30,60 | 31,20         | 78  | 78     |     |        |     |
| 21/01/20           | 6      | 1    | ---               | ---                       | 5   | 7,58        | 7,52 | 12  | 10  | 51,65% | 17,52% | 120,00%                   | 1,68   | 1,65                      | 28,00   | 28,00        | 1,00 | 1,00     | 28,00 | 28,00    | 1,00 | 1,00          | 28,00 | 28,00         | 60  | 60     |     |        |     |
| 21/01/20           | 6      | 2    | ---               | ---                       | 5   | 7,58        | 7,52 | 12  | 10  | 51,65% | 17,52% | 120,00%                   | 1,68   | 1,65                      | 28,00   | 28,00        | 1,00 | 1,00     | 28,00 | 28,00    | 1,00 | 1,00          | 28,00 | 28,00         | 60  | 60     |     |        |     |
| 22/01/20           | 7      | 1    | ---               | ---                       | 5   | 7,28        | 7,28 | 11  | 11  | 66,67% | 15,57% | 120,00%                   | 1,63   | 1,55                      | 26,50   | 26,50        | 1,00 | 1,00     | 26,50 | 26,50    | 1,00 | 1,00          | 26,50 | 26,50         | 45  | 45     |     |        |     |
| 22/01/20           | 7      | 2    | ---               | ---                       | 5   | 7,28        | 7,28 | 11  | 10  | 66,67% | 15,57% | 120,00%                   | 1,63   | 1,55                      | 26,50   | 26,50        | 1,00 | 1,00     | 26,50 | 26,50    | 1,00 | 1,00          | 26,50 | 26,50         | 45  | 45     |     |        |     |
| 23/01/20           | 8      | 1    | ---               | ---                       | 5   | 7,36        | 7,50 | 13  | 10  | 78,69% | 14,29% | 120,00%                   | 1,57   | 1,50                      | 26,70   | 26,50        | 1,01 | 1,01     | 26,70 | 26,50    | 1,01 | 1,01          | 26,70 | 26,50         | 50  | 50     |     |        |     |
| 23/01/20           | 8      | 2    | ---               | ---                       | 5   | 7,36        | 7,50 | 13  | 10  | 78,69% | 14,29% | 120,00%                   | 1,57   | 1,50                      | 26,70   | 26,50        | 1,01 | 1,01     | 26,70 | 26,50    | 1,01 | 1,01          | 26,70 | 26,50         | 50  | 50     |     |        |     |
| 24/01/20           | 9      | 1    | ---               | ---                       | 5   | 7,57        | 7,52 | 16  | 11  | 86,76% | 10,27% | 120,00%                   | 1,74   | 1,62                      | 30,10   | 28,40        | 1,06 | 1,06     | 30,10 | 28,40    | 1,06 | 1,06          | 30,10 | 28,40         | 151 | 151    |     |        |     |
| 24/01/20           | 9      | 2    | ---               | ---                       | 5   | 7,57        | 7,52 | 16  | 11  | 86,76% | 10,27% | 120,00%                   | 1,74   | 1,62                      | 30,10   | 28,40        | 1,06 | 1,06     | 30,10 | 28,40    | 1,06 | 1,06          | 30,10 | 28,40         | 151 | 151    |     |        |     |
| 12/02/20           | 10     | 1    | ---               | ---                       | 5   | 7,22        | 7,22 | 16  | 13  | 14,29% | 7,14%  | 120,00%                   | 1,42   | 1,32                      | 26,50   | 26,50        | 1,00 | 1,00     | 26,50 | 26,50    | 1,00 | 1,00          | 26,50 | 26,50         | 52  | 52     |     |        |     |
| 12/02/20           | 10     | 2    | ---               | ---                       | 5   | 7,22        | 7,48 | 16  | 15  | 14,29% | 7,14%  | 120,00%                   | 1,42   | 1,32                      | 26,50   | 26,50        | 1,00 | 1,00     | 26,50 | 26,50    | 1,00 | 1,00          | 26,50 | 26,50         | 45  | 45     |     |        |     |
| 13/02/20           | 11     | 1    | ---               | ---                       | 5   | 7,30        | 7,28 | 16  | 14  | 17,70% | 6,35%  | 120,00%                   | 1,50   | 1,38                      | 27,00   | 26,50        | 1,01 | 1,01     | 27,00 | 26,50    | 1,01 | 1,01          | 27,00 | 26,50         | 48  | 48     |     |        |     |
| 13/02/20           | 11     | 2    | ---               | ---                       | 5   | 7,30        | 7,28 | 15  | 14  | 17,70% | 6,35%  | 120,00%                   | 1,50   | 1,38                      | 27,00   | 26,50        | 1,01 | 1,01     | 27,00 | 26,50    | 1,01 | 1,01          | 27,00 | 26,50         | 48  | 48     |     |        |     |

<sup>1</sup> a.f. - antes da filtração de areia; d.f. - depois da filtração de areia

# Anexo III

Tabela I - Resultados das análises de contagem microbiológica da água saída dos filtros de areia com e sem desinfetante.

| Data de amostragem | Desinfetante                  | Dose de desinfetante (mg/L) | Coliformes fecais (ufc/100 mL) | Coliformes totais (ufc/100 mL) | <i>E. coli</i> (ufc/100 mL) | Remoção de coliformes fecais | Remoção de coliformes totais | Remoção de <i>E. coli</i> | log N/N <sub>0</sub> coliformes fecais | log N/N <sub>0</sub> coliformes totais | log N/N <sub>0</sub> <i>E. coli</i> |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| 31/07/20           | S/desinfetante                | ---                         | 280000                         | 420000                         | 250000                      | ---                          | ---                          | ---                       | ---                                    | ---                                    | ---                                 |
| 31/07/20           | NaClO                         | 1,0                         | 890                            | 2100                           | 830                         | 99,68%                       | 99,50%                       | 99,67%                    | -2,50                                  | -2,30                                  | -2,48                               |
| 31/07/20           | NaClO                         | 2,0                         | 83                             | 130                            | 53                          | 99,97%                       | 99,97%                       | 99,98%                    | -3,53                                  | -3,51                                  | -3,67                               |
| 31/07/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 1,0                         | 210000                         | 380000                         | 150000                      | 25,00%                       | 9,52%                        | 40,00%                    | -0,12                                  | -0,04                                  | -0,22                               |
| 31/07/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 2,0                         | 53000                          | 85000                          | 35000                       | 81,07%                       | 79,76%                       | 86,00%                    | -0,72                                  | -0,69                                  | -0,85                               |
| 04/08/20           | S/desinfetante                | ---                         | 230000                         | 380000                         | 230000                      | ---                          | ---                          | ---                       | ---                                    | ---                                    | ---                                 |
| 04/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 3,0                         | 190000                         | 200000                         | 80000                       | 17,39%                       | 47,37%                       | 65,22%                    | -0,08                                  | -0,28                                  | -0,46                               |
| 04/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 4,0                         | 170000                         | 170000                         | 68000                       | 26,09%                       | 55,26%                       | 70,43%                    | -0,13                                  | -0,35                                  | -0,53                               |
| 04/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 5,0                         | 100000                         | 120000                         | 48000                       | 56,52%                       | 68,42%                       | 79,13%                    | -0,36                                  | -0,50                                  | -0,68                               |
| 04/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 6,0                         | 90000                          | 100000                         | 40000                       | 60,87%                       | 73,68%                       | 82,61%                    | -0,41                                  | -0,58                                  | -0,76                               |
| 06/08/20           | S/desinfetante                | ---                         | 140000                         | 440000                         | 88000                       | ---                          | ---                          | ---                       | ---                                    | ---                                    | ---                                 |
| 06/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 7,0                         | 110000                         | 220000                         | 88000                       | 21,43%                       | 50,00%                       | 0,00%                     | -0,10                                  | -0,30                                  | 0,00                                |
| 06/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 8,0                         | 100000                         | 200000                         | 80000                       | 28,57%                       | 54,55%                       | 9,09%                     | -0,15                                  | -0,34                                  | -0,04                               |
| 06/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 9,0                         | 90000                          | 190000                         | 76000                       | 35,71%                       | 56,82%                       | 13,64%                    | -0,19                                  | -0,36                                  | -0,06                               |
| 06/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 10,0                        | 28000                          | 140000                         | 28000                       | 80,00%                       | 68,18%                       | 68,18%                    | -0,70                                  | -0,50                                  | -0,50                               |
| 11/06/20           | S/desinfetante                | ---                         | 90000                          | 170000                         | 34000                       | ---                          | ---                          | ---                       | ---                                    | ---                                    | ---                                 |
| 11/06/20           | NaClO                         | 3,0                         | 60000                          | 100000                         | 20000                       | 33,33%                       | 41,18%                       | 41,18%                    | -0,18                                  | -0,23                                  | -0,23                               |
| 11/06/20           | NaClO                         | 4,0                         | 40000                          | 60000                          | 12000                       | 55,56%                       | 64,71%                       | 64,71%                    | -0,35                                  | -0,45                                  | -0,45                               |
| 11/06/20           | NaClO                         | 5,0                         | 10000                          | 40000                          | 10000                       | 88,89%                       | 76,47%                       | 70,59%                    | -0,95                                  | -0,63                                  | -0,53                               |
| 19/08/20           | S/desinfetante                | ---                         | 77000                          | 86000                          | 34000                       | ---                          | ---                          | ---                       | ---                                    | ---                                    | ---                                 |
| 19/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 12,0                        | 50000                          | 60000                          | 12000                       | 35,06%                       | 30,23%                       | 64,71%                    | -0,19                                  | -0,16                                  | -0,45                               |
| 19/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 14,0                        | 39000                          | 57000                          | 11000                       | 49,35%                       | 33,72%                       | 67,65%                    | -0,30                                  | -0,18                                  | -0,49                               |
| 19/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 16,0                        | 38000                          | 52000                          | 10000                       | 50,65%                       | 39,53%                       | 70,59%                    | -0,31                                  | -0,22                                  | -0,53                               |
| 19/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 18,0                        | 37000                          | 50000                          | 10000                       | 51,95%                       | 41,86%                       | 70,59%                    | -0,32                                  | -0,24                                  | -0,53                               |
| 19/08/20           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 20,0                        | 34000                          | 48000                          | 9600                        | 55,84%                       | 44,19%                       | 71,76%                    | -0,36                                  | -0,25                                  | -0,55                               |
| 28/08/20           | S/desinfetante                | ---                         | 27000                          | 97000                          | 19000                       | ---                          | ---                          | ---                       | ---                                    | ---                                    | ---                                 |
| 28/08/20           | NaClO                         | 1,0                         | 12000                          | 30000                          | 12000                       | 55,56%                       | 69,07%                       | 36,84%                    | -0,35                                  | -0,51                                  | -0,20                               |
| 28/08/20           | NaClO                         | 2,0                         | 9000                           | 25000                          | 5000                        | 66,67%                       | 74,23%                       | 73,68%                    | -0,48                                  | -0,59                                  | -0,58                               |
| 28/08/20           | NaClO                         | 3,0                         | 5000                           | 17000                          | 3400                        | 81,48%                       | 82,47%                       | 82,11%                    | -0,73                                  | -0,76                                  | -0,75                               |
| 28/08/20           | NaClO                         | 4,0                         | 3000                           | 12000                          | 2400                        | 88,89%                       | 87,63%                       | 87,37%                    | -0,95                                  | -0,91                                  | -0,90                               |
| 28/08/20           | NaClO                         | 5,0                         | 1000                           | 8000                           | 0                           | 96,30%                       | 91,75%                       | 100,00%                   | -1,43                                  | -1,08                                  | ---                                 |