

Ana Rita Vieira Santos

Diagnóstico do desempenho operacional de Estações de Tratamento de Água Residual (ETAR) e avaliação do potencial de valorização agrícola do efluente tratado – Casos de estudo das ETAR de Montemor-o-Velho e da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão

Orientadores: Professor Doutor António José Dinis Ferreira Professora Doutora Maria de Lourdes Costa

Coorientadora: Professora Carla Rodrigues

Coimbra, 2018



Ana Rita Vieira Santos

Diagnóstico do desempenho operacional de Estações de Tratamento de Água Residual (ETAR) e avaliação do potencial de valorização agrícola do efluente tratado – Casos de estudo das ETAR de Montemor-o-Velho e da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão

Orientadores: Professor Doutor António José Dinis Ferreira e Professora Doutora Maria de Lourdes Costa

Coorientadora: Professora Carla Rodrigues

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Gestão Ambiental.

Coimbra, 2018



“If the wars of the century were fought over oil,  
the wars of the next century will be fought over water”

(Ismail Serageldin Vice-presidente do World Bank)

## Agradecimentos

Esta dissertação representa o finalizar de uma etapa de aprendizagem e aplicação de conhecimentos em Engenharia do Ambiente. Representa mais do que isso, o cumprir de vários objetivos pessoais, que me proporcionaram experiências únicas e que recordarei com grande alegria.

Embora uma dissertação de mestrado seja, pela sua finalidade, um trabalho individual, há contributos de natureza diversa que não podem nem devem deixar de ser realçados. Foi necessário fazer um percurso de vida que a cada passo me fortalecia de conhecimentos e no qual obtive com o apoio, estímulo e colaboração de diversas pessoas. Para isso contei com a família, docentes, amigos e colegas sem os quais não teria conseguido enfrentar todos os obstáculos que surgiram no meu caminho, nem poderia comemorar todas as minhas vitórias.

Por essa razão, desejo expressar os meus mais sinceros agradecimentos:

Aos meus orientadores científicos Professor Doutor António José Dinis Ferreira e Professora Doutora Maria de Lourdes Costa e à Professora Carla Rodrigues, minha coorientadora científica, pela possibilidade de desenvolver este trabalho sobre as suas orientações providas de extensa experiência na área e também pela disponibilidade para esclarecer as minhas dúvidas, dar sugestões, transmitir conhecimentos e pela sua dedicação e apoio na orientação deste trabalho.

Aos meus pais, Maria da Piedade Santos e Fernando Santos, pela educação que me foi dada e pela oportunidade de frequentar o ensino superior, acompanhado de auxílio, carinho e conforto. Ao meu irmão, Paulo Santos, e ao meu sobrinho, Leonardo Santos, pelo apoio incondicional e confiança. Ao meu primo Pedro Santos pela partilha de conhecimentos sobre fertilização. À família agradeço também a compreensão pelas minhas ausências.

Aos docentes que me acompanharam no meu percurso académico, durante a Licenciatura em Engenharia do Ambiente, na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, em especial ao Professor Doutor João Pedroso Lima, que me incutiu o gosto pelos Recursos Hídricos e aos que me acompanharam durante o Mestrado em Gestão Ambiental, na Escola Superior Agrária de Coimbra.

À Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA, I.P.) – Administração da Região Hidrográfica do Centro (ARH do Centro), pelo acolhimento e possibilidade de realizar o estágio que me viabilizou a recolha de dados para a elaboração deste trabalho.

Ao Chefe da Divisão de Recursos Hídricos Interiores (DRHI), Engenheiro Nuno Bravo, meu coorientador externo, pela disponibilidade, incentivo, apoio e conhecimentos transmitidos na orientação deste trabalho.

À Doutora Daniela Rio Torto Oliveira pela disponibilidade, conhecimentos transmitidos, paciência no esclarecimento de dúvidas e confiança demonstrada.

À Engenheira Ana Paula Malo pelas sugestões, esclarecimento de dúvidas e acompanhamento neste trabalho.

A toda a DRHI da ARH do Centro que desde o primeiro dia me acolheram e me fizeram sentir parte da equipa e aos meus colegas estagiários pela companhia, partilha e interajuda.

É importante não esquecer de agradecer às pessoas que, ainda que de uma forma indireta, fizeram parte deste trabalho através da sua disponibilidade para esclarecimento de dúvidas e acompanhamento nas visitas técnicas, entre as quais, a equipa de vigilantes da natureza da DRHI, Sr. Ilídio Travassos, Sr. Rui Costa e Sr. Vítor Cordeiro, à Engenheira Edite Silva, da Câmara Municipal de Montemor-o-Velho, aos técnicos das Águas do Centro e Litoral e ao Engenheiro Henrique Damásio da Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis.

Agradeço a todos os que de alguma forma, direta ou indiretamente, me fizeram crescer não só a nível profissional, mas também pessoal, que não estejam aqui mencionados.

## Resumo

O principal objetivo do presente relatório de estágio profissionalizante é a avaliação do potencial para valorização agrícola do efluente tratado proveniente de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) localizadas nas regiões do Vale do Mondego e do Vale do Lis. Para tal realizou-se a análise das condições de operação das ETAR do Município de Montemor-o-Velho e da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão, no período de 2014 a 2016.

As principais culturas nos casos de estudo, arroz e milho, foram caracterizadas, por serem aquelas com maior expressão agrícola a nível regional, quanto às necessidades de azoto e fósforo nos seus ciclos, permitindo avaliar se o efluente tem potencial fertilizante ou poluente.

A análise das condições de operação permitiu avaliar a capacidade de utilização hidráulica das ETAR, percentagem de remoção da carga poluente e qualidade do efluente tratado, face aos requisitos de descarga no meio recetor natural.

Conclui-se que, apenas para três ETAR do Município de Montemor-o-Velho e para a ETAR Norte de Leiria/Coimbrão o efluente apresenta características que permitem a sua reutilização em meio agrícola. A inclusão de sistemas de desinfecção nas restantes ETAR permitirá aumentar a qualidade do efluente rejeitado e conseqüente valorização agrícola.

**Palavras-Chave:** Estação de Tratamento de Águas Residuais Urbanas (ETAR); Condições de Operação; Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas; Valorização Agrícola.

## **Abstract**

The main objective of this internship report is to assess the potential for agricultural valorization of the treated effluent originated from Wastewater Treatment Plants located in Vale do Mondego and Vale do Lis regions. For this purpose, it was carried out an analysis regarding the operational conditions of WWTPs located in the Municipality of Montemor-o-Velho and WWTP Norte de Leiria/Coimbrão, between years 2014 to 2016.

The main crops in the case studies, rice and maize, were outlined, since they are those with higher agricultural expression at regional level, regarding nitrogen and phosphorus needs in their cycles, enabling to evaluate if the treated effluent has a potential fertilizer or a pollutant effect.

The operating conditions analysis allowed to evaluate the hydraulic use capacity of the WWTP, the percentage of pollutant load removal and the treated effluent quality, in light of the discharge requirements in the natural receiving environment.

It was concluded that, for three WWTPs of the Municipality of Montemor-o-Velho and for the WWTP Norte de Leiria/Coimbrão, the effluent presents characteristics that allow its reuse in an agricultural environment. The inclusion of disinfection systems in the remaining WWTPs would increase the quality of the rejected effluent, thus resulting in an agricultural improvement.

**Keywords:** Urban Waste Water Treatment Plant (WWTP); Operational Conditions; Reuse of Treated Urban Wastewater; Agricultural Valorization.

## Índice

Agradecimentos .....	IV
Resumo.....	VI
Abstract .....	VII
Índice .....	VIII
Índice de Tabelas.....	XI
Índice de Figuras.....	XIV
Índice de Gráficos.....	XVI
Abreviaturas .....	XVIII
1.Introdução .....	1
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Estrutura do relatório .....	4
2. Revisão da literatura .....	6
2.1. Caracterização das águas residuais urbanas .....	6
2.2. Sistemas de tratamento de águas residuais.....	9
2.2.1. Tratamento preliminar.....	12
2.2.2. Tratamento primário .....	12
2.2.3. Tratamento secundário .....	13
2.2.4. Tratamento terciário.....	16
2.2.5. Tratamento da fase sólida .....	19
2.3. Reutilização das águas residuais urbanas tratadas para rega agrícola .....	20
2.3.1. Importância da RARUT em Portugal .....	20
2.3.2. Reutilização de água residual urbana aplicada à agricultura .....	22
2.3.3. Parâmetros com interesse agronómico na utilização de ARUT na agricultura .....	24
2.3.4. Enquadramento legislativo português para reutilização de águas residuais .....	27
2.3.5. Viabilidade .....	33

2.4. A rega.....	35
2.5. As culturas do arroz e do milho .....	35
2.5.1.O arroz .....	35
2.5.2.O milho.....	36
2.6. Fertilização.....	37
2.6.1. Fertilização do arroz.....	38
2.6.2. Fertilização do milho.....	39
3. Metodologia de trabalho .....	41
3.1. Pesquisa bibliográfica e legislativa .....	41
3.2. Seleção dos casos de estudo .....	41
3.2.1. Caracterização do Município de Montemor-o-Velho e das ETAR .....	41
3.2.2. Caracterização da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão e do Vale do Lis.....	45
3.3. Análise, emissão de pareceres técnicos e emissão de títulos de utilização dos recursos hídricos .....	47
3.3.1. Título de utilização dos recursos hídricos – rejeição de águas residuais urbanas tratadas.....	50
3.3.2. Recolha, monitorização e avaliação de autocontrolo .....	51
4. Apresentação e discussão de resultados .....	53
4.1. Montemor-o-Velho.....	54
4.1.1. Caracterização das ETAR e do seu desempenho operacional .....	54
4.1.2 Caracterização das ETAR com RARUT .....	57
4.2. ETAR Norte de Leiria/Coimbrão.....	68
4.2.1. Caracterização da ETAR e do seu desempenho operacional.....	68
4.3. Município de Montemor-o-Velho Vs. ETAR Norte de Leiria/Coimbrão para RARUT....	72
5. Conclusões e perspetivas de trabalho futuro .....	74
5.1. Conclusões.....	74

5.2. Perspetivas de trabalho futuro.....	75
6. Bibliografia.....	76
7. Legislação consultada.....	80
Anexos.....	XVI
Anexo I – Dados recolhidos das ETAR do Município de Montemor-o-Velho.....	XVII
Anexo. I.I – Características das ETAR do Município de Montemor-o-Velho .....	XVIII
Anexo I.II – Boletins analíticos de autocontrolo à entrada e saída das ETAR do Município de Montemor-o-Velho .....	XIX
Anexo I.III – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitados à saída das ETAR do Município de Montemor-o-Velho.....	XXVI
Anexo II – Dados recolhidos da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão.....	XLIII
Anexo II.I - Características da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão .....	XLIV
Anexo II.II – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitados à saída da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão.....	XLV
Anexo III – Imagens recolhidas ao longo das visitas técnicas às ETAR do Município de Montemor-o-Velho e à ETAR Norte de Leiria/Coimbrão .....	XLVI
Anexo III.I - Município de Montemor-o-Velho.....	XLVII
Anexo III.II - ETAR Norte de Leiria/Coimbrão .....	LVII

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Características das águas residuais (Butler e Davies, 2004 e Matos, 2006).....	7
Tabela 2 - Tratamento de lamas ativadas conforme carga orgânica presente na água residual (Levy et al, 1996).....	16
Tabela 3 - Produção média anual de arroz e milho grão no Baixo Mondego entre 2014 e 2016.....	42
Tabela 4 - Legenda das ETAR do Município de Montemor-o-Velho .....	44
Tabela 5 – Etapas de tratamento das ETAR do Município de Montemor-o-Velho.....	44
Tabela 6 - Produção média anual de milho grão para a região do AHVL entre 2014 e 2016 .....	45
Tabela 7 - VLE exigidos, desvios permitidos e percentagem de remoção tendo por base a legislação aplicável.....	50
Tabela 8 - Dados a ter em conta no processo de licenciamento .....	51
Tabela 9- Quantidade de amostras por ano, frequência de envio à ARH e quantidade máxima de amostras não conformes por ano .....	52
Tabela 10 - Determinação da qualidade do tratamento.....	52
Tabela 11 - Horizonte de projeto por ETAR do Município de Montemor-o-Velho (dados de projeto)	54
Tabela 12 - Resumo das Visitas e de algumas características das ETAR do Município de Montemor-o-Velho .....	56
Tabela 13 – Valores de caudais médios anuais rejeitados pelas ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016.....	59
Tabela 14 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016.....	59
Tabela 15 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016.....	60
Tabela 16 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016.....	60
Tabela 17 -Valores de percentagem de remoção média anual para as ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho para os meses de maio a dezembro de 2016 .....	62
Tabela 18 – Valores médios anuais de azoto e fósforo rejeitados pela ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016.....	64
Tabela 19 – Valores médios anuais de azoto e fósforo rejeitados pela ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016.....	64
Tabela 20 – Valores médios anuais de azoto e fósforo rejeitados pela ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016.....	65
Tabela 21 - Produtividade média anual de arroz e milho grão em Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016.....	66

Tabela 22 – Valores médios anuais de N e P rejeitado nas ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho vs. Necessidades anuais de N e P para arroz e milho grão entre 2014 e 2016.....	66
Tabela 23 - Procedimento a adotar pelas ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho no caso ocorrência de RARUT entre 2014 e 2016 .....	67
Tabela 24 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016 .....	68
Tabela 25 – Valores de caudais médios anuais rejeitados pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016 .....	69
Tabela 26 – Valores médios anuais de azoto e fósforo rejeitados pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016 .....	70
Tabela 27 – Produtividade média anual de milho grão na área selecionada do AHVL entre 2014 e 2016.....	71
Tabela 28 - Médias anuais de N e P rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão vs. Necessidades anuais de N e P para milho grão entre 2014 e 2016 .....	71
Tabela 29 - Termos de comparação das ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho e da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão .....	72
Tabela 30 - Resumo das características das ETAR do Município de Montemor-o-Velho .....	XVIII
Tabela 31 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho .....	XIX
Tabela 32 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho .....	XIX
Tabela 33 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho .....	XX
Tabela 34 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXI
Tabela 35 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXI
Tabela 36 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXII
Tabela 37 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXII
Tabela 38 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXIII
Tabela 39 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXIII

Tabela 40 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXIV
Tabela 41 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXIV
Tabela 42 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXV
Tabela 43 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXV
Tabela 44 – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXVI
Tabela 45 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXVII
Tabela 46 - Valores de caudais s, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXVIII
Tabela 47 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXX
Tabela 48 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXXII
Tabela 49 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXXIV
Tabela 50 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXXV
Tabela 51 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXXVII
Tabela 52 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho .....	XXXIX
Tabela 53 – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho .....	XLI
Tabela 54 - Características da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão .....	XLIV
Tabela 55 – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016 .....	XLV

## Índice de Figuras

Figura 1 - Metabolismo linear das cidades (Cardoso, 2012)	6
Figura 2 - Metabolismo circular das cidades (Cardoso, 2012)	6
Figura 3 - Ciclo "urbano" da água (Marques e Sousa, 2007)	7
Figura 4- Esquema de Tratamento de ETAR (Mendes, 2014)	11
Figura 5 - Representação esquemática do tratamento secundário por lamas ativadas (von Sperling, 2007)	15
Figura 6 - Ciclo do azoto (Campos, 2013)	26
Figura 7 - Ciclo do fósforo (Campos, 2013)	27
Figura 8 - Campos de arroz de Montemor-o-Velho na primavera e no inverno respetivamente (Campo, 2018)	36
Figura 9 - Maçaroca de milho (Anpromis, 2018)	37
Figura 10 - Localização geográfica das ETAR do Município de Montemor-o-Velho	43
Figura 11 - Localização geográfica da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão	46
Figura 12- Esquema de tratamento da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão (Ribeiro, 2009)	46
Figura 13 – Reator SBR da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho	XLVII
Figura 14 – Obra de entrada da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho	XLVII
Figura 15 – Interior do reator SBR da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho	XLVII
Figura 16 - Envolvente da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho	XLVIII
Figura 17 - Grelha no sistema de gradagem da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho	XLVIII
Figura 18 - Sistema de desidratação de lamas da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho	XLVIII
Figura 19 - Obra de entrada da ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho	XLIX
Figura 20 - Arejador mecânico da ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho	XLIX
Figura 21 – Lagoa da ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho	XLIX
Figura 22 - Envolvente da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho	L
Figura 23 - Lagoa da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho	L
Figura 24 - Obra de entrada com gradagem da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho	L
Figura 25 - ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho	LI
Figura 26 - ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho	LII
Figura 27 - Obra de entrada da ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho	LII
Figura 28 - Interior do reator SBR da ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho	LII
Figura 29 - ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho	LIII
Figura 30 - Interior do reator da ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho	LIII
Figura 31 - Local de descarga da ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho	LIII
Figura 32 - Obra de entrada da ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho	LIV
Figura 33 - Leitões de secagem e envolvente da ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho	LIV

Figura 34 - Interior do reator da ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho _____	LIV
Figura 35 - ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho _____	LV
Figura 36 - Reatores compactos da ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho _____	LV
Figura 37 - Caixa de gradados da ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho _____	LV
Figura 38 - Sistema de gradagem da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho _____	LVI
Figura 39 - Reator da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho _____	LVI
Figura 40 - Interior do reator da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho _____	LVI
Figura 41 - Parafuso de Arquimedes na obra de entrada da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão _____	LVII
Figura 42 - Decantador primário da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão _____	LVII
Figura 43 - Reator de lamas da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão _____	LVII
Figura 44 - Decantador secundário da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão _____	LVIII
Figura 45 - Sistema de desinfecção UV da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão _____	LVIII
Figura 46 - Armazém de lamas secas da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão _____	LVIII

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Equivalente populacional no ano Zero vs. Equivalente populacional no ano Horizonte para as ETAR do Município de Montemor-o-Velho_____	55
Gráfico 2- Caudal máximo de rejeição (m <sup>3</sup> /dia) para as ETAR do Município de Montemor-o-Velho_	55
Gráfico 3 - Qualidade do tratamento das ETAR do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016_____	57
Gráfico 4- Caudal rejeitado na ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016 ___	58
Gráfico 5 – Caudal rejeitado na ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016 ___	58
Gráfico 6 – Caudal rejeitado na ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016 ___	58
Gráfico 7 - Eficiência de remoção para CBO <sub>5</sub> , CQO e SST na ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho de maio a dezembro de 2016 _____	61
Gráfico 8 - Eficiência de remoção para CBO <sub>5</sub> , CQO e SST na ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho de maio a dezembro de 2016 _____	61
Gráfico 9 - Eficiência de remoção para CBO <sub>5</sub> , CQO e SST na ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho de maio a dezembro de 2016 _____	61
Gráfico 10- Azoto rejeitado pela ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016 ___	63
Gráfico 11 - Fósforo rejeitado pela ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016	63
Gráfico 12 - Azoto rejeitado pela ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016 _	64
Gráfico 13 - Fósforo rejeitado pela ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016	64
Gráfico 14 – Azoto rejeitado pela ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016 _	65
Gráfico 15 - Fósforo rejeitado pela ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016	65
Gráfico 16 - Qualidade do tratamento para a ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016___	69
Gráfico 17 - Caudal rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016_____	69
Gráfico 18 - Azoto rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016 _____	70
Gráfico 19 – Fósforo rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016_____	70
Gráfico 20 - Caudal rejeitado pela ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXIX
Gráfico 21 – Azoto rejeitado pela ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXIX
Gráfico 22 – Fósforo rejeitado pela ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXIX
Gráfico 23 - Caudal rejeitado pela ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXI
Gráfico 24 – Eficiência de remoção para CBO <sub>5</sub> , CQO e SST na ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXI
Gráfico 25 - Azoto rejeitado pela ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho_____	XXXI
Gráfico 26 - Fósforo rejeitado pela ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXI
Gráfico 27 - Caudal rejeitado pela ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho_____	XXXIII
Gráfico 28 - Azoto rejeitado pela ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho_____	XXXIII

Gráfico 29 - Fósforo rejeitado pela ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXIII
Gráfico 30 - Caudal rejeitado pela ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXVI
Gráfico 31 - Azoto rejeitado pela ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXVI
Gráfico 32 - Fósforo rejeitado pela ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXVI
Gráfico 33 - Caudal rejeitado pela ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXVIII
Gráfico 34 - Azoto rejeitado pela ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXVIII
Gráfico 35 - Fósforo rejeitado pela ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho _____	XXXVIII
Gráfico 36 - Caudal rejeitado pela ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho _____	XL
Gráfico 37 - Eficiência de remoção para CBO <sub>5</sub> , CQO e SST na ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho _____	XL
Gráfico 38 - Azoto rejeitado pela ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho _____	XL
Gráfico 39 - Fósforo rejeitado pela ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho _____	XL
Gráfico 40 - Caudal rejeitado pela ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho _____	XLII
Gráfico 41 - Azoto rejeitado pela ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho _____	XLII
Gráfico 42 - Fósforo rejeitado pela ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho _____	XLII

## Abreviaturas

AHVL – Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis

APA, I.P. – Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

AR – Águas Residuais

ARH – Administração da Região Hidrográfica

ARUT – Água Residual Urbana Tratada

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CQO – Carência Química de Oxigénio

COT – Carbono Orgânico Total

DQA – Diretiva Quadro da Água

DRHI – Divisão de Recursos Hídricos Interiores

E. P. – Equivalente de População

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

H<sub>2</sub>O - Água

I.P. – Instituto Público

IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos

MF - Microfiltração

N – Azoto

O<sub>2</sub> – Oxigénio

ONU – Organização das Nações Unidas

P – Fósforo

PNUEA – Plano Nacional para Uso Eficiente da Água

RARUT – Reutilização de Água Residual Urbana Tratada

RH – Recursos Hídricos

SILiAmb – Sistema Integrado de Licenciamento Ambiental

SST – Sólidos suspensos Totais

SSV – Sólidos suspensos Voláteis

UE – União Europeia

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UV – Radiação Ultravioleta

TURH – Título de Utilização dos Recursos Hídricos

VLE – Valor Limite de Emissão

VMA – Valores Máximos Admitidos

VMR - Valores Máximos Recomendados

## 1.Introdução

Atualmente, o planeta encontra-se sob uma ameaça que se agrava a cada dia que passa: a disponibilidade e a qualidade da água (H<sub>2</sub>O) para satisfazer as necessidades humanas tem vindo a diminuir. A falta de água no planeta já é uma das maiores causas de conflitos armados. A United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, 2009) tem como previsão que no ano 2020 esta ameaça se converta num dos mais graves problemas ambientais.

Apesar do volume total de água doce que entra no ciclo hidrológico natural ser superior ao necessário para sustentar as necessidades humanas da população mundial, apenas 2,5% do volume total de água na Terra é considerado potável e não está disponível na mesma proporção, para consumo humano, uma vez que os recursos hídricos (RH) estão distribuídos de forma irregular no planeta. A irregular distribuição dos recursos hídricos aliada à sobre-exploração dos mesmos tem dado origem a problemas de escassez hídrica que se tendem a agravar (Sousa, 2009).

A escassez hídrica, para além de graves consequências ambientais, tem também consequências a nível social e económico. Aproximadamente 1200 milhões de pessoas vivem em áreas de escassez física de água (FAO, 2007). A própria Organização das Nações Unidas (ONU, 2002) admitiu que com o agravar da situação, metade da população mundial não terá acesso a água potável de qualidade no prazo de 20 anos.

Portugal, localizado na zona sudoeste do continente europeu, encontra-se classificado com o nível médio de stress hídrico, embora a distribuição dos recursos hídricos no país não se encontra disponível na proporção desejada (Santos, 2008). Sendo o clima mediterrânico, chove em metade do ano, mas existe uma grande diferença entre o norte e o sul do país, no que respeita à precipitação e evapotranspiração.

Para além dos problemas de escassez hídrica, a qualidade da água tem vindo a diminuir. A degradação da qualidade das águas naturais ocorre essencialmente devido à poluição antropogénica e respetiva falta de controlo, culminando em limitações no aproveitamento dos recursos hídricos (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Nos últimos anos, Portugal tem sofrido cheias e secas recorrentes o que também afeta a qualidade da água. Assim, torna-se importante e necessário, estudar e aplicar medidas por forma a potencializar a conservação e disponibilização da água. A conservação da água representa qualquer redução benéfica nas perdas, desperdício e uso deste recurso.

Em todo o mundo, tem-se verificado um crescente interesse no estudo de alternativas para o uso eficiente da água, uma vez que este recurso não deve ser desperdiçado e a sua qualidade deverá ser adaptada ao fim ao qual se destina. Assim, surge a reutilização das águas residuais (AR), o aproveitamento das águas pluviais e a dessalinização.

Desta forma, a reutilização da água adquire um papel fulcral não só na preservação dos recursos hídricos, como na resposta à escassez de água, devido a fatores ambientais e/ou económicos (Pidou, 2006).

É nesta área de estudo em particular que Helena Marecos do Monte, em 1994, apresenta o seu primeiro trabalho de investigação com um impacte significativo em Portugal, na especialidade da reutilização de águas residuais tratadas. Os resultados do seu trabalho formaram a base para a elaboração da Norma Portuguesa 4434:2005, que normaliza a reutilização de águas residuais urbanas tratadas (RARUT) na rega agrícola e paisagística.

O fato de diariamente serem produzidas águas residuais em volumes elevados, levando a que estas, após sofrerem tratamento adequado, possam ser utilizadas como recurso hídrico na agricultura, na indústria e em usos urbanos não potáveis (Asano, 2001). No entanto, a aceitação pública RARUT não tem sido fácil, porque levanta questões a nível sanitário, cultural, segurança e qualidade do produto final para as diversas utilizações (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A 30 de Junho de 2005, a Resolução do Conselho de Ministros nº 113/2005, aprovou o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), com o objetivo de definir a eficiência do uso da água como uma estratégia nacional de natureza económica e ambiental. Em 2012 foi apresentada uma atualização do programa. Existe também legislação já publicada e normas com orientações para a reutilização de águas residuais.

A Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR) é responsável pela aplicação desta legislação e normas.

Para o uso agrícola, as medidas recaem sobre os sistemas de transporte e distribuição da água e dos diversos tipos de rega: superficial, aspersão e localizada. No entanto, o PNUEA não se refere a possibilidades de utilização de águas residuais urbanas tratadas (ARUT) na agricultura, sendo esta a área de maior consumo hídrico do país.

A utilização das águas residuais urbanas na agricultura, para além de ser uma nova fonte de água, traz também, o benefício de ser uma importante fonte de nutrientes.

O azoto (N) está presente nas águas residuais sob a forma nítrica, amoniacal e orgânica. É um macronutriente fundamental para o desenvolvimento das plantas, pelo que tem um grande interesse agronómico para a RARUT (Sousa, 2009).

O fósforo (P) é um macronutriente principal cujos efeitos principais nas plantas são o de estimular o desenvolvimento radicular, incrementar a resistência mecânica dos caules (compensa os excessos de azoto), influenciar positivamente a floração, fecundação, formação e maturação do grão (cerca de 77 % a 86 % do fósforo é trasladado para o grão) e melhorar a digestibilidade do milho forragem. Contrariamente ao azoto, o fósforo ( $P_2O_5$ ) é um nutriente pouco solúvel e que pode ser retido facilmente no solo ficando indisponível para as plantas (Barros e Calado, 2014).

Através de um estudo bibliográfico, será apresentado um retrato da RARUT em Portugal e no mundo. Será dada especial atenção à rega agrícola através de RARUT, à sua origem e às principais técnicas existentes para as tratar. Será também apresentada uma compilação legislativa referente às linhas orientadoras portuguesas para a RARUT na rega (NP 4434:2005), à recomendação nº 02/2007 do Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) e às principais políticas de gestão dos recursos hídricos. Para que se possa concluir a viabilidade da RARUT na rega agrícola, é importante fazer um estudo da legislação e parâmetros no que respeita à descarga de ARUT no meio recetor natural.

O presente relatório resulta de um estágio decorrido ao longo de um período de seis meses ( 18 de abril de 2016 a 30 de setembro de 2016), na Administração da Região

Hidrográfica do Centro (ARH do Centro) faz parte da Agência Portuguesa do Ambiente, Instituto Público (APA, I.P.) e tem como missão “proteger e valorizar as componentes ambientais das águas, bem como proceder à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito da Região Hidrográfica do Centro, entre outros, reforçar a proteção e valorização dos recursos hídricos e aumentar o número de ações de proteção, valorização e regularização de rede hidrográfica e minimização de riscos” e tem como responsabilidade “assegurar a concretização de gestão territorial nas suas vertentes de qualidade, quantidade e gestão das utilizações, nomeadamente através de atividades de licenciamento, fiscalização, gestão de empreendimentos e infraestruturas e apoio técnico às atividades de gestão de recursos hídricos”.

### **1.1. Objetivos**

O principal objetivo do trabalho desenvolvido no âmbito do estágio profissionalizante é a avaliação do potencial para valorização agrícola do efluente tratado na região do Vale do Mondego e do Vale do Lis. Para tal realizou-se uma análise das condições de operação das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) do Município de Montemor-o-Velho e da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão, respetivamente, ou seja, avaliar a qualidade das águas residuais tratadas de acordo com a legislação em vigor (descarga em meio hídrico e reutilização no solo).

Além do objetivo principal, este trabalho visa também os seguintes aspetos:

- Estimar a produção do efluente tratado e avaliar o seu potencial valor fertilizante;
- Caracterizar o sistema de produção agrícola nos dois municípios;
- Avaliar as possibilidades de aplicação ao solo;
- Propor medidas e estratégias futuras sustentáveis para a gestão da água e de fertilizantes.

### **1.2. Estrutura do relatório**

O presente relatório de estágio está estruturado em 5 capítulos.

O primeiro capítulo, é o capítulo introdutório e é constituído por um breve enquadramento e justificação do tema escolhido e apresentação dos objetivos a atingir no final deste relatório.

O segundo capítulo desenvolve uma revisão da literatura, que abrange a caracterização das águas residuais, dos sistemas de tratamento de águas residuais e a explicação sobre a reutilização de águas residuais urbanas tratadas. Engloba também uma introdução histórica da reutilização das águas residuais tratadas, no mundo e em Portugal, os tipos de reutilização de águas residuais tratadas que existem e o enquadramento legislativo português.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia de trabalho desenvolvido durante o estágio.

O quarto capítulo desenvolve a apresentação dos resultados obtidos por aplicação da metodologia, aos casos em estudo. As ETAR do Município de Montemor-o-Velho e a ETAR Norte de Leiria/Coimbrão, foram os casos de estudo selecionados para avaliar a potencialidade de valorização do efluente tratado em uso agrícola nos campos do Vale do Mondego e em alguns dos campos do Vale do Lis.

O quinto capítulo apresenta as conclusões e perspetivas para trabalho futuro.

## 2. Revisão da literatura

### 2.1. Caracterização das águas residuais urbanas

As cidades contemporâneas possuem maioritariamente um metabolismo linear aberto (figura 1). Neste tipo de metabolismo os fluxos são unidirecionais e os materiais/ energia são obtidos, utilizados e rejeitados como resíduos/emissões. A quantidade de recursos requeridos à entrada do sistema é elevada bem como a diluição e/ou assimilação dos resíduos resultantes (Capelo, 2015).



Figura 1 - Metabolismo linear das cidades (Cardoso, 2012)

No metabolismo circular (figura 2), o que é resíduo para uma atividade ou função pode ser matéria-prima para uma outra e é dado grande ênfase à utilização de energias renováveis. Neste tipo de metabolismo é necessária uma abordagem holística e sistémica encarando o ciclo urbano de forma integrada, combinando várias disciplinas como a engenharia, a arquitetura, as ciências sociais e do ambiente e as aspirações da comunidade. Os princípios-padrão são a conservação, recuperação e reutilização (Capelo, 2015).

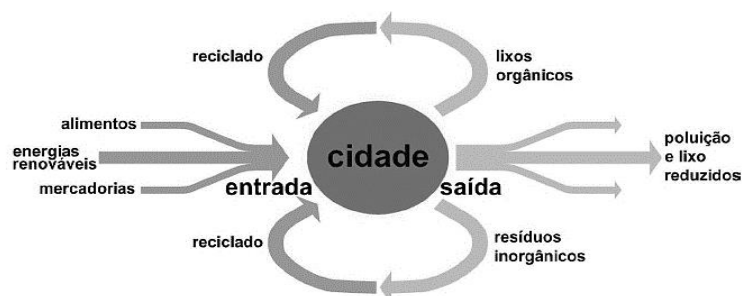


Figura 2 - Metabolismo circular das cidades (Cardoso, 2012)

O conceito de ciclo urbano da água (figura 3) surge da alteração de alguns mecanismos do ciclo hidrológico natural. Esta alteração tem-se vindo a sentir cada vez mais ao longo do tempo e decorre das utilizações várias que o homem faz da água. O ciclo hidrológico vai influenciar diretamente o ciclo urbano da água, devendo ambos coexistir em perfeito

equilíbrio, quer quantitativamente, quer qualitativamente, sendo este o primeiro e último objetivo de qualquer estudo de gestão de recursos hídricos.

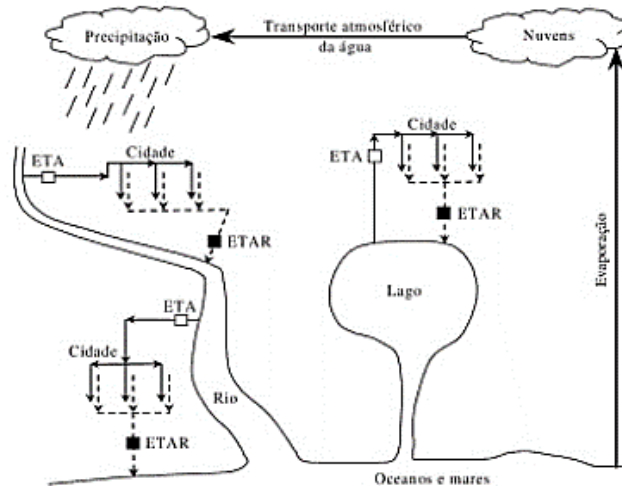


Figura 3 - Ciclo "urbano" da água (Marques e Sousa, 2007)

O ciclo "urbano" da água engloba o abastecimento da água e o saneamento de águas residuais, integrando as etapas de captação da água, em superfície ou em profundidade, o seu tratamento em estações de tratamento de água (ETA), a sua distribuição aos diversos consumidores e a recolha, tratamento e devolução ao meio recetor das águas residuais (Marques e Sousa, 2007).

Segundo o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto, pode-se definir "águas residuais" como sendo as águas residuais de origem domésticas ou a mistura de águas residuais domésticas com águas residuais industriais ou com águas pluviais. As características das águas residuais apresentam-se na tabela 1.

Tabela 1- Características das águas residuais (Butler e Davies, 2004 e Matos, 2006)

Águas residuais	Origem	Características
Domésticas	Áreas residenciais, escolas, hospitais e zonas de lazer	Quantidades elevadas de matéria orgânica de fácil biodegradação
Industriais	Atividade Industrial	As características físicas e químicas podem diversificar conforme o tipo e dimensão da indústria
Pluviais	Precipitação e escoamento superficial	Carga poluente inferior às restantes águas residuais no que respeita à matéria orgânica

As águas residuais são recolhidas e encaminhadas através dos sistemas de drenagem para ETAR, onde são sujeitas a tratamento antes de reutilizadas ou descarregadas no meio recetor natural, uma vez que, sem tratamento, estas águas podem:

- Provocar problemas graves de saúde pública;

- Provocar eutrofização através do crescimento de plantas aquáticas resultantes da elevada quantidade de nutrientes presentes na água;
- Conter componentes tóxicos, mutagénicos e cancerígenos;
- Produzir gases com odores desagradáveis;
- Provocar carência de oxigénio no meio recetor.

Por todas estas razões é muito importante que a água residual seja retirada com rapidez dos locais onde é gerada e seja encaminhada até ao tratamento adequado, podendo ser, mais tarde, reutilizada ou descarregada no meio hídrico natural sem que haja riscos para a saúde pública e para o ambiente (Metcalf e Eddy, 2003).

Para que a água residual tratada tenha possibilidades de ser reutilizada na rega de campos agrícolas, o tratamento deverá ser adequado também na perspetiva da proteção da saúde pública, uma vez que a exposição a agentes infecciosos presentes nas superfícies contaminadas, a ingestão acidental de água contaminada ou o consumo de vegetais crus pode provocar problemas graves de saúde (Soares, 2008).

As características físicas, químicas e biológicas que caracterizam as águas residuais são (Liu e Lipták, 2000):

- Físicas: cor, cheiro, temperatura, sólidos, turbidez, óleos e gorduras;
- Químicas:
  - Orgânicas: carência bioquímica de oxigénio (CBO), carência química de oxigénio (CQO) e carbono orgânico total (COT);
  - Inorgânicas: salinidade, dureza, pH, acidez, alcalinidade, ferro, manganês, cloretos, sulfatos, sulfitos, mercúrio, chumbo, crómio, cobre, zinco, azoto amoniacal, nitritos, nitratos e fósforo;
- Biológicas: coliformes totais e fecais, *estreptococos*, patogénicos específicos e vírus.

A CBO quantifica o oxigénio (O<sub>2</sub>) que os decompositores aeróbios necessitam para decompor a matéria orgânica presente, num determinado volume de água. Quanto maior a concentração de matéria orgânica biodegradável na água, maior será a

quantidade de oxigénio utilizada pelos decompositores aeróbios, tornando o CBO, um indicador importante na avaliação da qualidade da água residual.

A CQO representa a quantidade de oxigénio necessária para oxidar toda a matéria orgânica, seja ela inerte ou biologicamente disponível (tornando o valor de CQO sempre superior a CBO), num determinado volume de água, transformando-a em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), água e em matéria orgânica inoxidável.

A eutrofização é um processo de degradação ou envelhecimento da água em lagos, albufeiras, entre outros reservatórios naturais de água, quando estes se encontram com excesso de nutrientes (azoto e fósforo), limitando a atividade biológica nas águas. Este fenómeno pode ocorrer de forma natural, ou por ação do homem.

## **2.2. Sistemas de tratamento de águas residuais**

Atualmente existe um vasto conhecimento sobre as consequências ambientais e de saúde pública resultantes de descargas ilegais de águas residuais urbanas em meios hídricos, sem que estas sofram qualquer tipo de tratamento. Muitos meios hídricos nacionais continuam ainda a sofrer os efeitos destas descargas, mesmo havendo legislação, fiscalização, planeamento e financiamento disponível para infraestruturas de despoluição (Santana, 2007).

Segundo Spellman (2003), o tratamento das águas residuais urbanas tem por objetivo a produção de efluentes com uma qualidade de tal ordem que possam contribuir para:

- Prevenir doenças e situações incómodas e indesejáveis (cheiros, insetos, etc.);
- Evitar a contaminação das águas, em especial, as de abastecimento e navegação;
- Manter a qualidade da água de modo a preservar a sua função ecológica e os usos balneares e recreativos;
- Conservar a qualidade e quantidade da água para usos futuros.

O nível de tratamento a aplicar a uma água residual urbana depende de uma análise detalhada, comparando as características da água com as condições e as necessidades

locais, a legislação e os regulamentos aplicáveis e necessários cumprir para uma descarga em meio hídrico conforme.

A qualidade exigida a um efluente que seja descarregado numa massa de água com captações de água para abastecimento ou numa massa de água considerada sensível ou ainda para reutilização do efluente será certamente superior à exigida a um efluente que seja descarregado num meio menos sensível (Pereira, 2008).

O tratamento das águas residuais envolve duas fases: a fase líquida, que diz respeito ao tratamento do efluente, e uma fase sólida, que diz respeito ao tratamento dos subprodutos gerados na fase líquida (Pereira, 2008).

Com a evolução científica e tecnológica, são desenvolvidos métodos novos e mais sensíveis que detetam novas substâncias presentes na água e os seus efeitos biológicos, tornando-as objeto de preocupação (Metcalf e Eddy, 2003). Um processo de tratamento de água residual capaz de atingir os padrões de qualidade exigidos para a reutilização e proteção da saúde pública é o elemento crítico do sistema de reutilização de águas residuais urbanas tratadas (Asano, 1998)

Um tratamento convencional de águas residuais é realizado por processos de natureza física, química e/ou biológica, através de diferentes níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário (Metcalf e Eddy, 2003). As operações físicas são realizadas por meios físicos com o objetivo de remoção de poluentes como é o exemplo da gradagem, trituração, sedimentação, flotação, filtração, entre outros. Os processos químicos vão remover ou converter os poluentes por adição de substâncias químicas como é o caso da coagulação, floculação ou desinfecção. Os processos de origem biológica consistem na utilização de atividade biológica para a eliminação de substâncias orgânicas biodegradáveis, convertendo-as em gases e em tecidos celulares microbianos, posteriormente removidos por sedimentação. O desempenho do sistema de tratamento, pode ser avaliado através do cálculo da eficiência das várias fases de tratamento e/ou por órgão de tratamento (Vieira et al, 2006). Para além dos níveis de tratamento atrás mencionados, as fossas sépticas constituem um tratamento mais simplificado e que é utilizado em localidades onde o sistema de drenagem urbana ainda não foi instalado.

Os sistemas de tratamento biológico de águas residuais mais comuns em Portugal são:

- Leitos percoladores;
- Discos biológicos;
- Lamas ativadas de baixa carga ou arejamento prolongado;
- Lamas ativadas de média carga ou arejamento convencional;
- Lagunagem.

Qualquer um destes sistemas pode apresentar múltiplas alternativas.

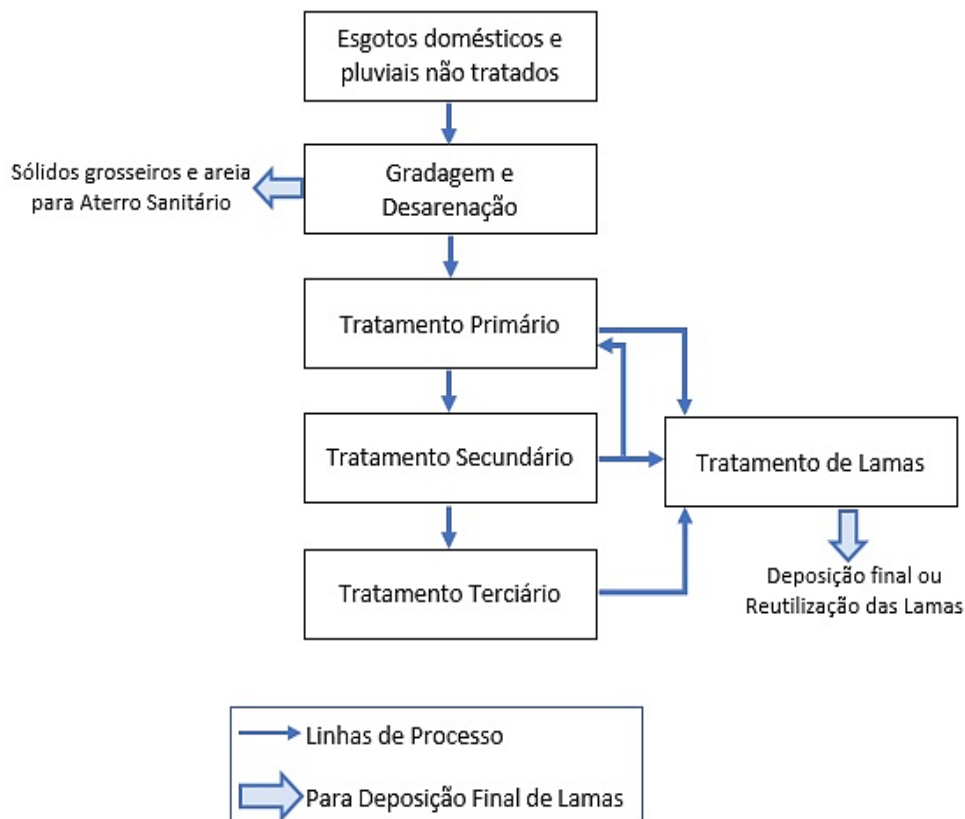


Figura 4– Esquema de Tratamento de ETAR (Mendes, 2014)

Na figura 4 está representado um esquema com os diversos níveis possíveis de tratamento para as águas residuais. A rejeição das ARUT depende do cumprimento das normas de descarga em meio hídrico. Caso cumpra, após o tratamento primário o efluente é considerado aceitável para ser rejeitado em águas recetoras menos sensíveis. Após o tratamento secundário o efluente é considerado aceitável para ser encaminhado para águas recetoras comuns. Após o tratamento terciário o efluente encontra-se em condições para rejeição em águas recetoras sensíveis. Para que seja feita reutilização é necessário que o efluente sofra um tratamento mais avançado com desinfecção.

### *2.2.1. Tratamento preliminar*

O tratamento preliminar é constituído por operações de gradagem, desarenação e desengorduramento. Em algumas ETAR são utilizados tamisadores e parafusos de Arquimedes para elevar as águas residuais até à gradagem.

A gradagem tem por objetivo a remoção de materiais grosseiros, através de grades colocadas no canal de entrada da ETAR. Os gradados são o primeiro subproduto gerado em ETAR tendo geralmente como destino final a deposição em aterro.

A desarenação consiste na remoção de areias, ocorrendo após a gradagem, sendo utilizado em algumas ETAR o tamisador para esta operação. São posteriormente lavadas com remoção da matéria orgânica e desidratadas para encaminhamento final.

O desengorduramento consiste na remoção de óleos e gorduras habitualmente associado ao processo de desarenamento por forma a evitar obstruções dos coletores, aderência nos equipamentos das redes de esgotos, acumulação de gorduras nas unidades de tratamento, formação de espumas, redução da eficiência da transferência de oxigénio nos tratamentos biológicos e aspeto desagradável no reator (Dezotti, 2008). Os óleos e gorduras são encaminhados para tratamento apropriado dada a sua resistência à degradação por via biológica.

Atendendo a Qasim (1999), nesta fase do tratamento é habitual haver uma bacia ou tanque de equalização instalado, com o objetivo de controlar as variações de carga e o caudal dos afluentes à ETAR. Nesta fase de tratamento, são colocados medidores de caudal à entrada para que se possa fazer uma correta e eficaz gestão da ETAR. Existe ainda um sistema de “by-pass”, que vai permitir o desvio de caudal para uma linha de água alternativa em caso de ocorrer um caudal afluente superior ao dimensionado ou inatividade da ETAR por avaria ou manutenção.

### *2.2.2. Tratamento primário*

O tratamento primário prossegue o tratamento preliminar e consiste na remoção de parte dos sólidos suspensos totais (SST), da matéria orgânica e inorgânica através de operações de sedimentação e flotação (Metcalf e Eddy, 2003).

As operações de tratamento primário decorrem em decantadores primários, ou em tanques Imhoff, caso haja um digestor de lamas associado. Os sólidos sedimentáveis, recolhidos no fundo dos tanques de decantação são designados de lamas primárias e encaminhados para tratamento adequado de lamas. As escumas recolhidas à superfície são encaminhadas para o tratamento de óleos e gorduras.

A decantação primária permite uma remoção média de 50-70% de SST e 25-40% de CBO ao fim de 5 dias (CBO<sub>5</sub>), (Metcalf e Eddy, 2003). Nutrientes, constituintes hidrofóbicos, metais e microrganismos também podem ser parcialmente removidos no tratamento primário tal como 10-20% de azoto orgânico e cerca de 10% de fósforo (Asano, 1998).

Em algumas ETAR, em que o nível de tratamento primário é suficiente para cumprir o disposto pela legislação e pelo título de utilização dos recursos hídricos (TURH), o efluente clarificado pode ser rejeitado após sair do decantador, em zonas menos sensíveis, ou então segue para o tratamento secundário caso assim seja necessário.

### *2.2.3. Tratamento secundário*

Hoje em dia, grande parte das ETAR projetadas é de nível de tratamento secundário. Este tipo de tratamento tem como objetivo a remoção da matéria orgânica biodegradável, com formação de biomassa microbiana em condições ambientais favoráveis e sólidos suspensos, através da aplicação de tratamentos biológicos e físicos e/ou químicos, que podem ser aeróbios ou anaeróbios.

Pela elevada biodegradabilidade que as águas residuais apresentam, o tratamento secundário de natureza biológica é o mais utilizado, em particular as lamas ativadas, filtros percoladores e lagoas de oxidação com posterior captura e incorporação dos sólidos suspensos num floco biológico sedimentável. O tratamento pode ser melhorado com a remoção de nutrientes como o azoto e o fósforo, entre outros (Metcalf e Eddy, 2003).

Após o tratamento primário, a concentração de SST e CBO<sub>5</sub> no efluente ainda é elevada sendo necessário submetê-lo ao tratamento secundário para redução dessa contaminação.

O tratamento pode ocorrer por via anaeróbia, com a intervenção de microrganismos na ausência de oxigénio ou por via aeróbia na presença de oxigénio. Sendo este último o tratamento biológico mais comum, como é o caso das lamas ativadas é importante pormenorizar o funcionamento deste tratamento.

As lamas ativadas consistem na manutenção de uma elevada concentração de uma cultura mista de microrganismos num reator arejado (tanque de arejamento). Assim, o princípio deste processo compreende o fornecimento constante de substrato e oxigénio a uma comunidade de microrganismos que, através do seu metabolismo, transforma esse substrato em nova massa microbiana, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e minerais, ocorrendo assim a remoção biológica aeróbia. As lamas ativadas dizem respeito à biomassa microbiana dentro do reator, também designada de licor misto, constituída essencialmente por bactérias, mas também vírus, protozoários, metazoários e fungos.

Parte das lamas secundárias são encaminhadas para o tratamento da fase sólida e a restante parte é recirculada para o tanque de arejamento de forma a manter elevada a concentração da biomassa microbiana responsável pela degradação da matéria orgânica presente nas águas residuais (Duarte, 2004).

A biomassa que não é recirculada é removida através da purga como “lamas em excesso”, de modo a manter uma idade de lama biológica. Este excesso no tanque reproduz o crescimento da biomassa e deve ser removido para manter uma concentração de biomassa estável no tanque de arejamento.

Este processo é mais eficiente quando é operado continuamente do que em sistema estacionário, sendo importante ressaltar que quaisquer variações que ocorram ao longo do processo vão afetar o desempenho do sistema e por conseguinte a natureza dos flocos, verificando-se uma má sedimentação resultando em efluentes turvos e numa perda de biomassa (Braz, 2010 e Myers, 1998).

Afluentes demasiado carregados provocarão uma diminuição da concentração de oxigénio dissolvido, enquanto um afluente muito diluído poderá provocar a diminuição da biomassa dentro do tanque. Por sua vez, uma má decantação secundária com fraca

formação de lamas não permitirá regular a concentração de sólidos no tanque de arejamento (Myers, 1998).

Um sistema de lamas ativadas (figura 5) é constituído por, (Vesilind, 2003):

- Um ou vários reatores, designados por tanques de arejamento;
- Flocos biológicos (lamas ativadas);
- Sistema de arejamento (mantém o processo aeróbio);
- Tanque de sedimentação (separa a biomassa do efluente tratado);
- Sistema de recirculação de lamas (recolha dos sólidos no tanque de sedimentação e reinoculação do reator).

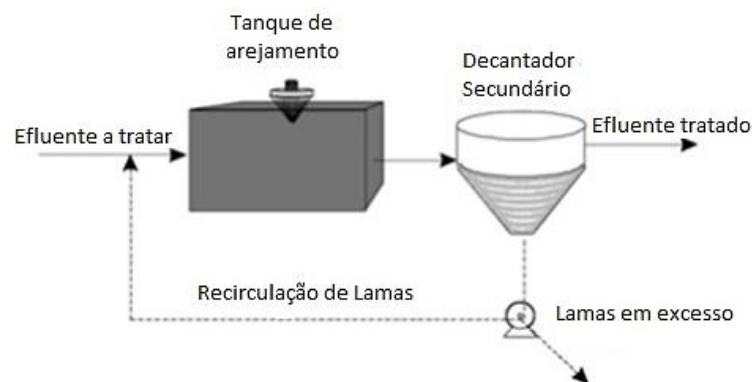


Figura 5 - Representação esquemática do tratamento secundário por lamas ativadas (von Sperling, 2007)

Depois da fase biológica do tratamento, habitualmente ocorre uma fase física com um decantador secundário, onde as lamas produzidas são essencialmente compostas por agregados microbianos as quais designamos de lamas secundárias.

O decantador secundário vai funcionar por forma a ocorrer a clarificação do efluente arejado no seguimento da sedimentação dos flocos biológicos. O efluente clarificado, denominado posteriormente de água residual tratada, é seguidamente lançado para o meio recetor ou reutilizado de variadas formas.

Os sistemas de lamas ativadas, em relação à carga mássica aplicada podem ser classificados em três tipologias: baixa carga, média carga e alta carga, cujas características se encontram apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Tratamento de lamas ativadas conforme carga orgânica presente na água residual (Levy et al, 1996)

Parâmetros	Regime de funcionamento		
	Baixa carga	Média carga	Alta carga
Carga mássica (kg CBO <sub>5</sub> /(kg SSV.d))	0,02 - 0,1	0,2 - 0,5	1 - 5
Concentração no reator (mg SST/l)	5000 - 8000	3000 - 5000	1500 - 3000
Idade de lamas (dias)	Superior a 6	4	0,5 - 2
Produção de lamas (kg de lamas secas/kg de CBO <sub>5</sub> rejeitado)	0,1 - 0,2	0,3 - 0,5	0,4 - 0,7
Consumo de oxigénio (kg de O <sub>2</sub> /kg de CBO <sub>5</sub> )	1,2 - 2	0,8 - 1,2	0,4 - 0,8
Tempo de retenção (horas)	20 - 24	6	2 - 3

Nota: SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

#### 2.2.4. Tratamento terciário

O tratamento terciário ocorre como forma de complementar o processo de tratamento, executado como medida de proteção ambiental e aperfeiçoamento da qualidade da água residual tratada, antes da sua descarga no meio recetor natural ou da sua reutilização em rega (culturas agrícolas, jardins e campos de golfe), para fins recreativos e para consumo humano (Maier et al, 2009).

Uma vez que este tratamento depende das características do efluente, resultante do tratamento secundário e do seu destino final, o tratamento não é realizado em todas as ETAR. No entanto, torna-se obrigatório quando a descarga do efluente é realizada em meio hídrico sensível, quando a jusante existe captação de água ou quando se pretende proceder à reutilização do efluente. O tratamento terciário permite aumentar a eficiência da ETAR, removendo o azoto, o fósforo e determinados poluentes que persistem no efluente. As operações que ocorrem no tratamento terciário, desinfecção, microfiltração (MF) e remoção de nutrientes, entre outras, variam conforme a exigência requerida no que respeita à qualidade final da água residual tratada. Além destas existem outras tecnologias, que permitem o aumento da qualidade final da água residual tratada para reutilização, tais como, a coagulação e decantação, membranas, adsorção sobre carvão ativado, osmose inversa, oxidação avançada, troca iónica e “air stripping” (Metcalf e Eddy, 2003).

A desinfecção é o processo químico responsável pela destruição de microrganismos patogénicos através da adição de produtos químicos oxidantes (cloro, dióxido de cloro, hipoclorito de sódio ou ozono) ou através de radiação ultravioleta (UV). A aplicação da radiação UV é um mecanismo de destruição dos microrganismos por alteração do seu ADN por dimerização da timina impedindo a sua replicação.

A microfiltração é o processo físico responsável pela remoção de sólidos suspensos residuais, através de filtros metálicos rotativos.

No tratamento de águas residuais, a remoção de nutrientes é necessária por diversas razões. A presença de nutrientes pode gerar eutrofização no meio recetor, diminuindo assim a taxa de oxigénio presente no meio hídrico. O azoto e o fósforo são os nutrientes que têm sido alvo de principal preocupação, sendo possível a sua remoção por processos biológicos, químicos ou combinação de ambos. Durante o processo de tratamento aeróbio das águas residuais, parte do azoto amoniacal é convertido a azoto nítrico por ação de bactérias nitrificantes, sendo a concentração de azoto nítrico geralmente presente nas águas residuais de 0 – 30 mg/L (Lazarova e Bahri, 2005).

Tradicionalmente, nos casos em que o fósforo se tem apresentado como problema, a sua remoção tem sido efetuada por precipitação química, levada a cabo pela adição de coagulantes, coadjuvantes, ou então com um floculante em determinado ponto do tratamento. Os coagulantes mais utilizados são a cal, o sulfato de alumínio e o sulfato férrico e a sua incorporação pode ser feita em três pontos distintos: antes da sedimentação primária, à entrada do tanque de arejamento e antes e depois da sedimentação secundária (Correia, 1997).

#### *2.2.4.1. Remoção biológica de azoto*

No meio ambiente, o azoto apresenta-se sob as seguintes formas (Sousa, 2001):

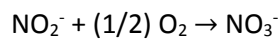
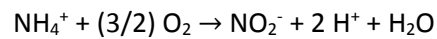
- Azoto orgânico, na forma de proteínas, aminoácidos e ureia;
- Amónia, que pode estar na forma livre ou na forma de ião  $\text{NH}_4^+$ ;
- Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), azoto que corresponde a um estágio intermédio de oxidação;
- Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), azoto que corresponde a um produto final de oxidação.

A remoção biológica de azoto é realizada através de duas etapas: a nitrificação e a desnitrificação.

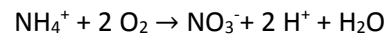
#### **Nitrificação**

Processo biológico responsável pela remoção da amónia, através da sua conversão em nitratos (nitrificação). Durante a **nitrificação**, a amónia ( $\text{NH}_4^+$ ) é transformada em

nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), através da ação das bactérias *Nitrosomonas*, e os nitritos são transformados em nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), através da ação das bactérias *Nitrobacter*:



A reação química do processo de nitrificação representa-se pela seguinte equação:



A **nitrificação** pode ocorrer juntamente com os processos de tratamento secundário ou separadamente em tanques de nitrificação com arejamento, em leitos percoladores ou discos biológicos.

### Desnitrificação

Processo biológico responsável pela remoção da amónia, através da conversão dos nitratos em azoto gasoso (desnitrificação).

Durante a **desnitrificação** os nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) são transformados em azoto gasoso ( $\text{N}_2$ ), na ausência de oxigénio e na presença de uma fonte de carbono extra (por exemplo, metanol, água residual não tratada ou lamas biológicas), através da ação de vários tipos de bactérias heterotróficas. A reação química do processo de desnitrificação, usando metanol como fonte de carbono representa-se pela seguinte equação.



A **desnitrificação** pode ocorrer no mesmo órgão de tratamento em que ocorre a nitrificação ou separadamente em tanques de desnitrificação sem arejamento, em reatores de leito fluidizante (com areia ou carvão ativado) ou em discos biológicos. Em qualquer caso, o órgão de tratamento deve ter uma zona anóxica (sem oxigénio, mas em que os processos bioquímicos que ocorrem no seu interior são idênticos aos processos aeróbios). Normalmente, após a desnitrificação procede-se a uma filtração ou decantação das águas residuais.

#### 2.2.4.2. Remoção de fósforo

Devido ao crescimento excessivo de algas em massas de água, pela presença de concentrações elevadas de compostos de fósforo proveniente dos efluentes domésticos, industriais e do escoamento superficial, há necessidade de controlo destes

elementos nas águas residuais rejeitadas. Os compostos de fósforo são utilizados em grandes quantidades nos fertilizantes agrícolas, nos detergentes e nos processos industriais (Sousa, 2001).

As formas mais vulgares da ocorrência do fósforo nas águas naturais incluem os ortofosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_2^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), os polifosfatos (forma molecular não-hidratada) e os fosfatos orgânicos (Sousa, 2001).

A remoção biológica de fósforo pode ocorrer por métodos físico-químicos de coagulação-floculação ou por métodos biológicos avançados de remoção de fósforo (EBPR – Enhanced Biological phosphorus removal). Nos processos biológicos de remoção de fósforo por via tradicional, ocorre a incorporação de fósforo na biomassa, sendo apenas através da purga de lamas que ocorre a remoção de fósforo.

Na remoção biológica de fósforo são utilizadas bactérias PAO – *Phosphorus Accumulating Organisms* – como por exemplo, *Acinetobacter cacoaceticus* e *Aeromonas*. Estas bactérias têm a capacidade de armazenar elevadas quantidades de fósforo sob a forma de polifosfatos (Poli-P), por possuírem grânulos de Volutina (Metcalf e Eddy, 2003). A remoção do fósforo acontece em condições anaeróbias seguida de condições aeróbias.

#### 2.2.5. Tratamento da fase sólida

Um dos subprodutos resultantes do tratamento da fase líquida em ETAR é a produção de lamas, que podem ser primárias, secundárias ou terciárias dependendo da altura do tratamento onde estas são geradas. Segundo Mendes (2014) estas podem ser caracterizadas como:

- Primárias: Lamas compostas em grande parte por sólidos sedimentáveis. Contém um elevado teor em matéria orgânica, facilmente biodegradável. Teor de humidade de 91-95%;
- Secundárias: Lamas geradas pelos tratamentos biológicos, com potencial de transformar a matéria orgânica através do metabolismo microbiano. São constituídas por frações orgânicas e inorgânicas. Teor de humidade entre 98,5 e 99,5%;

- Terciárias: Lamas resultantes dos processos físico-químicos e/ou biológicos de remoção de nutrientes.

O tratamento das lamas tem como objetivos: a redução do teor em água, reduzindo assim o volume de lamas a tratar; a estabilização da matéria orgânica, por forma a controlar os efeitos ambientais adversos (p. ex. cheiros desagradáveis); a redução de microrganismos patogénicos; a valorização energética, na forma de biogás, e a valorização agrícola, na forma de adubo.

Com a possibilidade de utilizar as lamas provenientes de ETAR, na agricultura aplicando-as em solos agrícolas, tem-se reconhecido a necessidade de recorrer a tratamentos de afinação por forma a aumentar a estabilidade das lamas e a sua desinfeção, através da destruição ou inativação dos microrganismos patogénicos (recorrendo a processos de higienização).

### **2.3. Reutilização das águas residuais urbanas tratadas para rega agrícola**

A RARUT surge da necessidade de preservar a qualidade e a quantidade de água no planeta, pelo que, neste subcapítulo será abordada a sua importância em Portugal, os diversos tipos que existem com particular destaque para a utilização na agricultura, os parâmetros agrónómicos para a utilização da ARUT na agricultura, o enquadramento legislativo aplicável e a viabilidade destes sistemas.

#### *2.3.1. Importância da RARUT em Portugal*

A prática da rega com águas residuais remonta à antiguidade, e o aproveitamento de águas residuais em Portugal não é recente, existindo fortes indícios da utilização na rega pelos mouros em meados do séc. XIV (Beltrão, 2005).

Nas regiões em que a escassez de recursos hídricos constitui uma realidade natural e naquelas em que o crescimento demográfico e/ou as alterações climáticas perspetivam essa escassez, a gestão sustentável dos recursos hídricos implica a conservação destes recursos e inclui, por conseguinte, a reutilização da água (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Em Marecos do Monte e Albuquerque (2010) os fatores considerados essenciais, para a definição do tipo de aplicação são os seguintes: a qualidade das águas residuais tratadas, que depende do nível de tratamento; o tipo de tecnologia associado ao tratamento das águas residuais urbanas; o equilíbrio entre a procura e a oferta de água para reutilizar; as infraestruturas necessárias à concretização da reutilização; a sustentabilidade económico-financeira do projeto de reutilização e a mitigação dos impactes ambientais associados à reutilização.

A RARUT foi um dos maiores desafios do séc. XX que se prolonga pelo séc. XXI. Os efluentes urbanos são hoje em dia considerados como um novo recurso hídrico que pode ser utilizado em atividades, cujo padrão de qualidade seja menos exigente, como por exemplo a rega de espaços verdes, permitindo assim, fazer uma utilização mais controlada de outros recursos hídricos para atividades com necessidade de maior grau de qualidade, como por exemplo o consumo humano (Asano, 2001 e Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A prática da RARUT já ocorre por diversos países desde a década de 50, contemplando a reutilização de efluentes urbanos nas suas políticas de gestão de recursos hídricos. No sítio da internet da USEPA (United States Environmental Protection Agency, 2018) estão descritos alguns destes casos de sucesso desta prática. Existem países como a Alemanha, a Holanda e o Japão, entre outros que apesar de muito ricos em recursos hídricos também recorrem a esta prática para os seus sistemas de rega.

A legislação portuguesa que regula o tratamento das águas residuais urbanas é o Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho.

Em Portugal a utilização de águas residuais tratadas é uma prática desde 1974, ano em que foram implementados os primeiros sistemas de tratamento de águas residuais (Costa, 2003).

Sendo Portugal um país com grandes áreas agrícolas e espaços verdes, a RARUT para rega seria benéfico, em especial nas zonas onde a escassez de água é mais significativa, como é a região do Alentejo e do Algarve. No entanto, o desenvolvimento de sistemas reutilização de água em Portugal, por serem considerados ainda uma prática inovadora,

não têm registado o nível que seria de esperar, em comparação com outros países onde esta prática já é comum, estando provavelmente associado o desconhecimento e o medo de contaminação por parte do público em geral.

A água pode ser reutilizada múltiplas vezes e para múltiplos usos, desde que seja tratada de modo a adquirir a qualidade compatível com esses usos e que a utilização seja economicamente viável, ambientalmente segura e aceite pela opinião pública (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

As utilizações de águas residuais urbanas tratadas cuja aplicação em Portugal tenha um interesse mais provável, são:

- A rega na agricultura, onde ocorre uma utilização de ARUT em maior quantidade;
- A rega paisagística, onde se enquadra a rega de campos de golfe, que revela uma grande importância para o setor turístico, em particular no Algarve e na zona Oeste;
- A utilização a nível industrial, como por exemplo, na indústria têxtil e do papel;
- A recarga de aquíferos;
- Algumas utilizações ambientais e recreativas, como é a criação de lagos artificiais ou a preservação de habitats;
- Utilizações urbanas não potáveis, como é o caso das descargas de autoclismos, lavagens de arruamentos e o combate a incêndios.

A qualidade das ARUT é o fator mais importante na análise das possíveis aplicações de reutilização, principalmente quando há que considerar impactes na saúde pública e no ambiente.

### *2.3.2. Reutilização de água residual urbana aplicada à agricultura*

Na atualidade, é a aplicação agrícola que utiliza maior volume de ARUT tanto nos países de agricultura mais desenvolvida como nos países em desenvolvimento (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A RARUT na agricultura pode ser aplicada em viveiros de árvores e plantas, culturas alimentares, forragens, cereais, fibras, na silvicultura e como proteção contra as geadas, desde que apresente qualidade adequada. Tem como condicionantes a necessidade de zona tampão, o controle na comercialização das culturas, a análise dos riscos para a saúde pública mais restrita uma vez que pode ser aplicada em culturas de consumo a cru e o controlo dos aerossóis e drenagem.

A aplicação na agricultura é considerada uma fonte de água e nutrientes interessante. Além de reduzir os custos com a água potável, a ARUT transporta nutrientes como o azoto e o fósforo, essenciais no crescimento das culturas, reduzindo assim também os custos na aplicação de fertilizantes no solo.

Pode originar impactes positivos e negativos, dependendo do planeamento do projeto de gestão praticada (WHO, 2006). A qualidade da ARUT deve satisfazer os requisitos agronómicos e os requisitos de proteção pública. Do ponto de vista agronómico, a água de rega destina-se a satisfazer as necessidades hídricas das plantas, como já referido anteriormente, não devendo ser veículo de aplicação de substâncias prejudiciais ao seu desenvolvimento e podendo transportar substâncias benéficas ao seu desenvolvimento. A proteção da saúde pública exige que o teor de microrganismos indicadores de contaminação fecal seja compatível com o tipo de exposição humana e animal à rega e aos produtos regados (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A crescente utilização de ARUT no setor agrícola ajuda a promover a agricultura sustentável, a conservação de recursos hídricos e a manutenção da qualidade ambiental. As decisões políticas devem considerar vários aspetos que podem advir da utilização de ARUT, tais como preços mais baixos comparando com a utilização de água potável, os riscos e benefícios da reutilização (Silveira, 2008).

Por forma a controlar os riscos para a saúde pública deste tipo de uso é necessário fazer o estudo de três variáveis dependentes entre si: o nível do tratamento, o método de rega e o tipo de cultura a regar. Os riscos ambientais vão depender da caracterização do solo, topografia e presença de aquíferos na área de rega.

A qualidade da água de rega assume uma importância particular nas zonas áridas, onde as temperaturas são elevadas e a humidade relativa é baixa, dando origem a elevadas taxas de evaporação e condições propícias à acumulação de sais ao longo do perfil do solo (Pescod, 1992).

### *2.3.3. Parâmetros com interesse agronómico na utilização de ARUT na agricultura*

Segundo, Sousa (2009), existem parâmetros com interesse muito relevantes para a aplicação das ARUT na agricultura e que devem ser tidos em conta quando se pretende implantar um projeto de reutilização.

#### *2.3.3.1. Azoto*

A proporção da forma nítrica e da forma amoniacal está muitas vezes relacionada com a origem das águas residuais e com o tipo de tratamento efetuado, contudo o azoto amoniacal é geralmente a forma azotada presente em maior quantidade (Lazarova e Bahri, 2005).

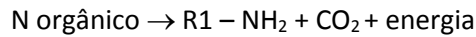
O excesso de azoto aplicado ao solo através da rega com ARUT poderá causar problemas de poluição da água subterrânea, através da lixiviação do azoto ao longo do perfil do solo. O azoto arrastado do solo, ao acumular-se em lagos, diques e canais, estimula o crescimento das algas, causando frequentemente o entupimento dos sistemas de rega (válvulas, filtros e aspersores). Na aplicação de um excesso de azoto em pastagens poderá existir um perigo potencial para os animais que se alimentam dessa pastagem (Lazarova e Bahri, 2005). Contudo, o maior problema do azoto presente nas águas residuais está relacionado com o facto de os nitratos serem bastante solúveis (Pescod, 1992).

As principais formas de azoto absorvidas pelas plantas são os iões amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

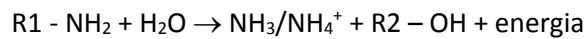
#### **Mineralização e Imobilização:**

A mineralização do azoto orgânico é na maior parte dos casos a principal fonte de azoto disponível para as plantas, ocorrendo este processo em três fases: aminização, amonificação e nitrificação (Santos, 2001).

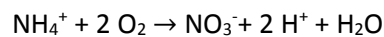
A *aminização* ocorre através da ação de microrganismos heterotróficos (aminizantes), que convertem as moléculas de N orgânico em compostos mais simples como aminas e aminoácidos.



A *amonificação* ocorre também sob a ação de microrganismos heterotróficos (amonificantes), onde são originadas as primeiras formas de azoto assimilável pelas plantas ( $\text{NH}_4^+$ ).



O azoto amoniacal pode ainda ser convertido a  $\text{NO}_3^-$ , através de processo de *nitrificação* sob a ação de microrganismos autotróficos.



O azoto na forma aniônica ( $\text{NO}_3^-$ ) pela sua maior mobilidade nos solos, dada a sua menor tendência para ficar absorvido na matriz do solo e para a formação de compostos insolúveis, pode ser mais facilmente absorvido através das raízes das plantas, no entanto estará também mais sujeito a arrastamento pelas águas de drenagem (Varenes, 2003).

A imobilização do azoto mineral ocorre quando se dá a conversão das formas minerais, sobretudo  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , em formas orgânicas constituintes dos tecidos microbianos. Os microrganismos heterotróficos ao imobilizarem o azoto mineral poderão afetar a sua biodisponibilidade, provocando uma diminuição temporária da disponibilidade de azoto para as plantas. Se este fenómeno, em termos agronómicos poderá ser prejudicial a curto prazo, no entanto em termos ecológicos é benéfico, pois ao diminuir a quantidade de azoto mineral no solo, diminui também o risco de poluição no ambiente (Santos, 2001).

Segundo Rodrigues e Coutinho (1995), a disponibilidade de azoto mineral no solo para o crescimento das plantas depende consideravelmente da mineralização do azoto a partir da matéria orgânica e baseados em trabalhos de diversos autores, referem que, na grande maioria dos solos agrícolas, as disponibilidades de azoto a partir da mineralização da matéria orgânica nos 20 cm superiores do solo serão da ordem dos 25 a 50 kg/ha/ano. A figura 6 demonstra o ciclo de azoto.

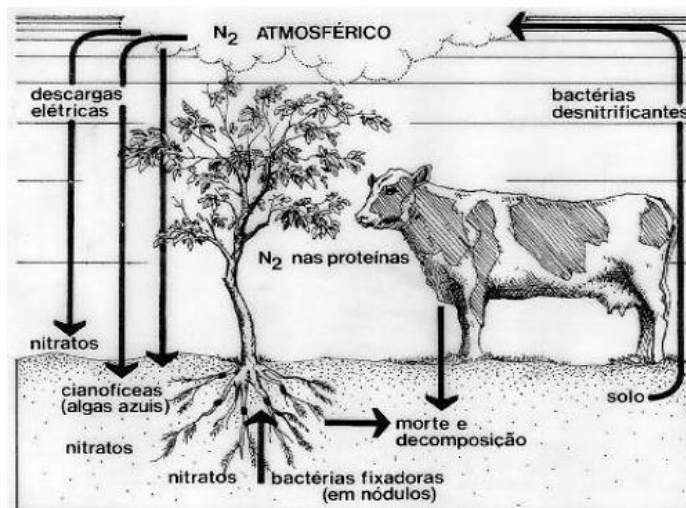


Figura 6 - Ciclo do azoto (Campos, 2013)

### 2.3.3.2. Fósforo

Contrariamente ao azoto, o fósforo na forma de  $P_2O_5$  é um nutriente pouco solúvel e que pode ser retido facilmente no solo ficando indisponível para as plantas. Os iões fósforo mais facilmente absorvidos pelas plantas são: o ortofosfato primário ( $H_2PO_4^-$ ), seguido pelo ortofosfato secundário ( $HPO_4^{2-}$ ). Quando o pH do solo é ácido, o ião fósforo tem tendência a ligar-se ao ferro e ao alumínio, ficando desse modo, indisponível para ser absorvido pelas plantas. Quando o pH é alcalino o ião fósforo liga-se ao cálcio, formando fosfatos bicálcicos e tricálcicos (retrogradação do fósforo) que são pouco solúveis e por isso, dificilmente absorvidos pelas plantas. Por todas estas razões, o fósforo dificilmente se perde por lixiviação e apresenta um coeficiente de utilização médio de 20%, ou seja, do fósforo que se encontra disponível para a planta, ela só consegue absorver em média 20%, ficando os restantes 80% indisponíveis, pelas razões já atrás mencionadas (Barros e Calado, 2014).

A concentração de fósforo presente nas ARUT é geralmente inferior às necessidades das culturas. A aplicação de fósforo através da rega com ARUT poderá enriquecer os solos e reduzir as necessidades de aplicação de adubos. O excesso de fósforo não aparenta causar efeitos nefastos imediatos nas culturas, podendo, no entanto, a longo prazo afetar o uso do solo, dada a sensibilidade de certas culturas ao excesso deste elemento (Lazarova e Bahri, 2005). O fósforo pode causar ainda problemas de eutrofização, quando as águas residuais são descarregadas nas massas de água superficiais, sendo, no

entanto, a sua remoção ao nível do tratamento das águas residuais, bastante dispendiosa. A figura 7 demonstra o ciclo do fósforo.

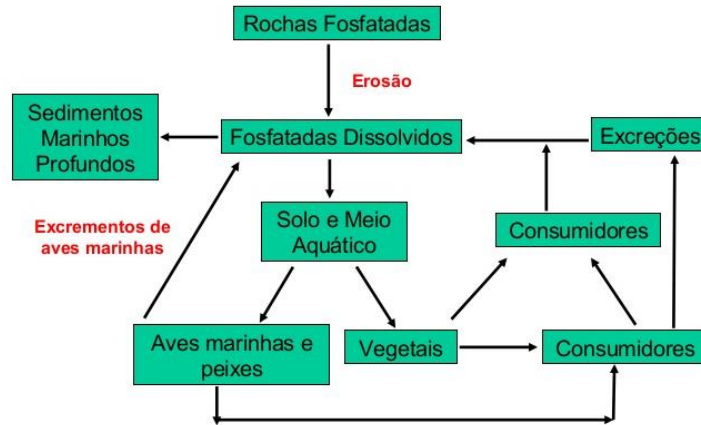


Figura 7 - Ciclo do fósforo (Campos, 2013)

#### 2.3.4. Enquadramento legislativo português para reutilização de águas residuais

Na presente subsecção é feita a identificação e uma breve descrição dos principais mecanismos legais utilizados em Portugal que regulam a gestão dos recursos hídricos, designadamente o tratamento das águas residuais urbanas e em particular as linhas que orientam a utilização das águas residuais urbanas.

A Diretiva 91/271/CEE de 21 de maio de 1991, impõe aos vários Estados membros uma série de obrigações, como a identificação de zonas sensíveis e zonas menos sensíveis, a construção de sistemas coletores e as estações de tratamento de águas residuais urbanas, nos prazos definidos, a submissão a uma regulamentação prévia ou a autorizações específicas, a descarga de águas residuais industriais nos sistemas coletores e nas estações de tratamento de águas residuais urbanas, o controlo das descargas das estações de águas residuais e do meio recetor, de forma a verificar os requisitos das descargas, de acordo com os procedimentos de conformidade e o licenciamento das descargas no meio recetor de águas residuais industriais biodegradáveis, provenientes de vários sectores industriais (Sousa, 2009).

Quanto às ETAR a sua conceção, construção, exploração e manutenção deverá ser suficientemente eficaz, tendo em conta a climatologia do local e as variações sazonais de carga. Em termos de tratamento, as ETAR devem assegurar um tratamento secundário, exceto nos casos específicos previstos na Diretiva, concretamente em

situações de maior exigência como a remoção de nutrientes em zonas sensíveis e situações de menor exigência em certas massas de água costeiras e áreas montanhosas (Sousa, 2009).

#### *2.3.4.1. Diretiva Quadro da Água*

No mês de setembro do ano 2000, o Parlamento Europeu e o Conselho, adotaram a Diretiva Quadro da Água (DQA – Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000) que entrou em vigor a 22 de dezembro de 2000.

A DQA estabelece, em toda a União Europeia (UE), a política da água, dando a responsabilidade à Comunidade Europeia e seus estados membros de realizar a tarefa de definir um enquadramento universal, eficiente e coerente, baseado no conjunto de princípios comuns definidos e no desenvolvimento de diversas ações adequadas, permitindo assim a proteção dos ecossistemas aquáticos e a utilização sustentável da água no espaço da União Europeia. A DQA introduziu alguns aspetos principais, dos quais se destacam:

- A proteção das águas (águas superficiais e subterrâneas);
- A avaliação do estado das águas através de uma abordagem ecológicas;
- A prática de uma gestão integrada a nível das bacias hidrográficas;
- A aplicação de uma política financeira, para assegurar a eficiência e a sustentabilidade dos usos da água e para proteger os recursos hídricos;
- Entre outros.

#### *2.3.4.2. Lei da Água*

A DQA, foi transposta para Portugal, pela Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, Lei da Água, para que a gestão dos recursos hídricos seja feita com base nela.

A Lei da Água, vem estabelecer as bases e o quadro institucional para que a gestão das águas superficiais, designadas por águas interiores, de transição e costeiras, e as águas subterrâneas seja feita de forma sustentável.

O artigo 1º, da Lei da Água, define os objetivos gerais da Lei:

- a) Evitar a continuação da degradação e proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas diretamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água;
- b) Promover uma utilização sustentável de água, baseada numa proteção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;
- c) Entre outros.

Desta forma, foram criadas as ARH conforme com o quadro da especificidade das bacias hidrográficas, dos sistemas aquíferos nacionais, das bacias compartilhadas com Espanha e também com as características das regiões autónomas da Madeira e dos Açores.

As ARH têm como competência, através dos seus serviços: assegurar a emissão de TURH, fiscalizar essa utilização e aplicar o regime económico e financeiro nas bacias hidrográficas da sua área de jurisdição.

O artigo 56º da Lei da Água estabelece que as atividades que possam vir a ter um impacto significativo no estado das águas, só podem ser desenvolvidas desde que estejam ao abrigo de um título de utilização dos recursos hídricos. De modo a evitar qualquer alteração/perturbação no estado das águas, ou o seu uso ilegal. Cabe aos utilizadores dos recursos hídricos o dever de atuar com correção e sensatez.

#### *2.3.4.3. Condições de descarga de águas residuais urbanas no meio recetor*

##### *Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho*

O Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho, surge com o propósito de transpor para o direito interno, a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio de 1991, no que diz respeito às condições a respeitar por uma utilização dos recursos hídricos, nomeadamente ao tipo de tratamento, descarga e reutilização de águas residuais urbanas, bem como fiscalização e controlo de qualidade.

No Artigo 3º do Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho, esta definida, a existência de zonas sensíveis, menos sensíveis e normais, identificadas do anexo II, do presente diploma, alteradas pelo Decreto-Lei nº 149/2004, de 22 de junho e pelo Decreto-Lei nº

198/2008, de 8 de outubro, renomeando as zonas, apenas em zonas sensíveis e zonas normais. A descarga de águas residuais urbanas em zonas sensíveis deve sofrer um tratamento mais rigoroso.

#### Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto

Da revisão do regime jurídico do Decreto-Lei nº 74/90, de 7 de março, resulta o Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto. Esta revisão surge da necessidade de proteger a saúde pública, de gerir de forma integrada os recursos hídricos e de preservação do meio ambiente. Desta forma, o Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto vem estabelecer as normas, critérios e objetivos de qualidade para proteção do meio aquático e melhoria da qualidade da água.

#### *2.3.4.5. Linhas de orientação para a utilização de águas residuais tratadas em Portugal*

##### Recomendação do IRAR n.º 2/2007 – utilização de águas residuais tratadas

A recomendação do IRAR nº 2/2007 veio propor várias medidas com a intenção de promover a utilização das águas residuais tratadas de forma sustentável, no entanto serão referidas apenas, as que para este trabalho, são mais significantes.

- Utilização das águas residuais tratadas:
  - Caso estejam reunidas as condições de viabilidade técnica, económica e ambiental, deve ser encarada como alternativa à descarga no meio recetor natural;
  - Deverá ser feito um estudo que trate das questões técnicas, económicas, ambientais e sociais, ou seja, a viabilidade, antes da implementação de qualquer projeto de utilização de águas residuais;
  - A sensibilização e informação do público-alvo, que deverá ocorrer no tempo certo e de uma forma clara;
  - São necessárias licenças e autorizações relacionadas com os diferentes usos pretendidos.
- Produção de águas residuais para reutilização:
  - Os parâmetros de qualidade definidos pelo Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho, poderão não ser suficiente para assegurar a qualidade

necessária à utilização das águas residuais tratadas, sendo necessária uma afinação do tratamento, de forma a cumprir os parâmetros de qualidade adequados ao fim em causa, bem como um controlo da qualidade da água o que requer um esforço adicional no que respeita ao controlo específico da água residual a reutilizar;

- Os parâmetros de qualidade podem ser definidos caso a caso em conjunto com a Direção Regional de Saúde, nos casos em que não existe legislação específica.
- Controlo de qualidade:
  - É importante a monitorização da qualidade das águas residuais tratadas e do meio recetor onde serão descarregadas;
  - É da responsabilidade da entidade gestora da ETAR, todo o processo de monitorização, manutenção, cumprimento e envio dos resultados à ARH da sua região, por forma a garantir o controlo operacional da ETAR e dos sistemas de distribuição;
  - Sempre que se verificarem situações de incumprimento, o fornecimento das águas residuais deverá ser interrompido e informados os utilizadores.

#### NP 4434:2005 - Norma Portuguesa para a Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas na rega

As principais linhas de orientação nacionais e internacionais, a norma NP4434:2005 do Instituto Português da Qualidade e a publicação da Organização Mundial de Saúde “*Who guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*”, deverão ser consideradas nos planos de monitorização definidos pelas entidades licenciadoras, relativos à da qualidade das águas residuais tratadas e dos meios recetores (Sousa, 2009).

A Norma acima referida tem como objetivo principal a definição dos critérios de qualidade das águas residuais urbanas tratadas para rega. Assim, torna-se imprescindível para este trabalho.

- Qualidade das águas residuais tratadas para rega:

- Os parâmetros de qualidade da utilização das águas residuais urbanas tratadas são definidos pelo Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto, referindo-se às características químicas, físicas e microbiológicas da água, tal como ao processo e equipamento de rega utilizado e a sua adequação a cada tipo de cultura;
  - No Anexo XVI do Decreto-Lei acima referido são definidos os Valores Máximos Recomendados (VMR) e os Valores Máximos Admitidos (VMA) dos vários parâmetros de análise que apresentem um maior risco ambiental;
  - Existem outros parâmetros limitantes para a utilização da água para rega como o pH, salinidade, razão de adsorção de sódio (RAS), teor de SST, presença de ovos de parasitas intestinais e coliformes fecais.
- Redução dos impactes ambientais e riscos para a saúde pública:
- Necessária a implementação de medidas que minimizem os riscos de:
    - Contaminação das águas superficiais e subterrâneas;
    - Contacto de pessoas e animais com a água de rega;
    - Transporte de gotas de águas através do vento para fora da área de rega;
    - Inalação de aerossóis;
  - Implementação de sinalética no local de rega, condutas e órgãos de comando e controlo da rega, bem como, em relação ao equipamento de segurança e proteção a utilizar pelos operadores de rega;
  - Estabelecer um calendário para as sessões de rega;
  - Estabelecer medidas de proteção da área de rega, como por exemplo, a implementação de cortinas de sebes, árvores ou arbustos.
- Controlo e monitorização
- Fundamental na rega com águas residuais urbanas tratadas;
  - Previne possíveis alterações da qualidade do solo, das águas superficiais e subterrâneas e da atmosfera;

- Permite ter domínio sobre a quantidade de nutrientes fornecidos às culturas, para que não exceda as suas necessidades ou caso esteja em falta, implementar alternativas;
- Existe um quadro programa que permite elaborar um plano de fertilização de acordo com o tipo de cultura, através do cálculo da quantidade de nutrientes transportada pela água residual urbana tratada e a quantidade de fertilizantes alternativos a adicionar para complementar a fertilização da cultura.

#### *2.3.4.6. Utilização dos recursos hídricos*

A Lei nº 54/2005, de 15 de novembro, define que “os recursos hídricos a que se aplica esta Lei compreendem as águas, abrangendo ainda os respetivos leitos e margens, zonas adjacentes, zonas de infiltração máxima e zonas protegidas”. Assim, em função da titularidade dos recursos hídricos, estes “compreendem os recursos dominiais, ou pertencentes ao domínio publico, e os recursos patrimoniais, pertencentes a entidades públicas ou particulares”.

A 12 de Novembro de 2007, foi aprovada a portaria nº 1450/2007, por forma a regular um conjunto de matérias sobre o regime de utilização dos recursos hídricos, previamente estabelecidas pelo Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de maio. Portanto, os pedidos de emissão de titularidade para utilização de recursos hídricos bem como a comunicação prévia dessa utilização, são instruídos de acordo com os elementos definidos na portaria acima referida, aos quais deve ser acrescentado a descrição detalhada da utilização solicitada e dos elementos que fazem parte do Anexo I da referida Portaria.

#### *2.3.5. Viabilidade*

A ARUT deve ser considerada um produto substituto da água de abastecimento público para usos não potáveis, não violando os direitos de exclusividade territorial das entidades gestoras e sistemas de abastecimento público de água para consumo humano. (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Um projeto de RARUT deve, por isso, ter por base um adequado estudo técnico, económico, ambiental e social, salvaguardando as exigências aplicáveis nestes domínios e dando particular atenção à procura potencial como elemento-chave para a sua viabilidade. Assim, no sentido de mitigar os riscos do projeto, devem ser atempadamente definidos, avaliados e, quando possível, contratualizados os direitos e deveres do operador e dos utilizadores do serviço (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Existem três tipos de viabilidade a ter em conta: ambiental, social e económica. A maior barreira à implementação de projetos de RARUT está relacionada com a opinião pública.

#### Benefícios:

- Conservação dos recursos hídricos;
- Diminuição da poluição no meio recetor natural;
- As ARUT podem contribuir para a recarga de aquíferos;
- Menor utilização de fertilizantes nas culturas regadas por ARUT devido à presença de nutrientes nestas águas;
- Em zonas com quantidades reduzidas de água, a reutilização aumenta essa disponibilidade, podendo contribuir para o desenvolvimento económico local;
- A reutilização de ARUT vai promover uma redução de custos em casos onde seja necessário construir infraestruturas com elevados encargos associados, como as captações de grande profundidade, dessalinização ou mesmo a construção de barragens.

#### Riscos:

Na maioria das aplicações de RARUT, os riscos sanitários e ambientais são considerados praticamente inexistentes quando adequadamente controlados, no entanto devem ser avaliados constantemente para garantir a segurança da população direta ou indiretamente envolvida na RARUT. Podem ocorrer:

- Deposições desadequadas dos resíduos provenientes das ETAR;
- Negligência no tratamento por falta de conhecimentos ou problemas financeiros por parte das entidades gestoras;
- Dificuldades na aceitação pública;

- Poluições e epidemias na população com consequente impacto económico.

## 2.4. A rega

A rega agrícola tem como objetivo suprir as necessidades hídricas das culturas, por indisponibilidade hídrica ou má distribuição pluvial.

Existem vários tipos de rega, tais como:

- Irrigação superficial: a água é conduzida para o ponto de infiltração diretamente pela superfície do solo, como é o caso do alagamento;
- Irrigação por gota-a-gota: a água é aplicada na área ocupada pelas raízes das plantas;
- Irrigação por aspersão: simula uma chuva artificial onde um aspersor expelle água para o ar, que por resistência aerodinâmica se transformam em pequenas gotículas de água que caem sobre o solo e plantas.

A opção pelo tipo de rega depende da cultura. As culturas de arroz, habitualmente usam a rega do tipo superficial por alagamento, enquanto que na cultura do milho pode ser utilizada a rega por sulcos, aspersão ou gota-a-gota, sendo o tipo de rega selecionado aquele que proporcione ao agricultor uma máxima eficiência na rega e com maior produtividade.

## 2.5. As culturas do arroz e do milho

### 2.5.1. O arroz

É difícil determinar com exatidão a época em que se começou a cultivar o arroz, mas é de conhecimento geral que é uma das plantas mais consumidas em todo o mundo. Atualmente existem duas espécies cultivadas de arroz: *Oryza sativa* L. (de origem asiática) e *Oryza glaberrima* Steur (de origem africana) (COTArroz, 2018).

Portugal produz hoje cerca de 160 000 toneladas de arroz por ano, provenientes das zonas do Vale do Mondego, do Vale do Tejo e Sorraia e do Vale do Sado, sendo o terceiro maior produtor europeu. Relativamente ao consumo, Portugal é mesmo o maior

consumidor de arroz da Europa com cerca de 15 kg *per capita/ano*, apesar de apenas produzir 60% do que consome e importando o restante. (COTArroz, 2018).

A preparação do terreno para a cultura do arroz inicia-se em fevereiro-março. Nesta altura os terrenos são nivelados para permitir o abastecimento da água durante o ciclo da cultura e é realizada a adubação de fundo. Em abril realiza-se a sementeira, a seco ou com os canteiros inundados. A figura 8 representa os campos de arroz de Montemor-o-Velho na primavera e no inverno.



*Figura 8 - Campos de arroz de Montemor-o-Velho na primavera e no inverno respetivamente (Campo, 2018)*

O ciclo vegetativo prolonga-se por cerca de cinco meses. Durante o crescimento é feito o controlo de infestantes com recurso a herbicidas e, eventualmente, de doenças e pragas. Antes de se iniciar a colheita, o que acontece a partir de setembro, os canteiros são drenados para possibilitar a entrada das ceifeiras no terreno. Após a colheita, o arroz é sujeito a um processo de secagem e armazenamento e finalmente é processado – descascado e branqueado, para depois ser embalado e comercializado (COTArroz, 2018).

### **2.5.2.O milho**

Foi introduzido em Portugal no início do séc. XVI, sendo cultivado na região de Coimbra, mais concretamente, no Vale do Mondego, onde teve uma rápida aceitação e expansão servindo de base na alimentação das populações, com o tradicional pão de milho e animal com o aproveitamento das palhas e do próprio grão (figura 9) e de onde passou a todo o país em particular às províncias do Minho, Beira Litoral e Ribatejo (Ribeiro, 1986).



*Figura 9 - Maçaroca de milho (Anpromis, 2018)*

Embora inicialmente fosse cultivado tendo em vista a produção da semente comestível, sendo por tal considerado em cereal, hoje em dia é vulgar no nosso país o milho de silagem, considerando-se nesse caso como cultura forrageira, ou seja, aproveitada por corte e destinada à alimentação animal em verde ou conservada. O seu cultivo é muito exigente em termos de adubações, estrumações, rega caso o clima não seja suficientemente chuvoso, solos fundos, ricos em matéria orgânica e bem drenados. Por outro lado, a necessidade de combate de infestantes e/ou destruição da crosta superficial formada com a água e/ou amontoa que favoreça o enraizamento leva a que, à exceção de zonas de agricultura mais tradicional e vulgares entre nós, seja feita em linhas que permitem a sua fácil mecanização. Por tudo isto é considerada uma cultura sachada (Castro, 1989).

A preparação da sementeira inicia-se no final do inverno, estendendo-se a toda a primavera, quase sempre em solo fracamente provido de cobertura, que esteve submetido, durante um largo período, à ação dos agentes climáticos, nomeadamente chuva (Anpromis, 2018).

## **2.6. Fertilização**

Nas culturas do arroz e do milho, tal como em outras culturas, os nutrientes absorvidos em maior quantidade, são o azoto, o fósforo na forma  $P_2O_5$  e o Potássio ( $K_2O$ ). Pelo facto de serem os mais absorvidos, designam-se de macronutrientes principais, dos quais apenas se tratará em pormenor o azoto e o fósforo. Na cultura do milho são também muito importantes e até indispensáveis, os macronutrientes secundários (Cálcio,

Magnésio e Enxofre) e alguns micronutrientes como o cobre, o boro e o zinco (Barros e Calado, 2014).

Devido às condições edafo-climáticas irregulares que Portugal apresenta e pela mobilidade no solo que o azoto apresenta, a gestão deste nutriente torna-se difícil. A determinação com rigor da quantidade de azoto que um determinado solo é capaz de fornecer a uma dada cultura ao longo do seu período de vegetação ativa é praticamente impossível, dificultando o cálculo de azoto a aplicar através da fertilização (Anpromis, 2018).

Numo solo normal os compostos azotados estão sujeitos a um conjunto de transformações que conduzem à formação de nitratos, altamente solúveis e sem capacidade de retenção no complexo de adsorção do solo e, sendo por isso, facilmente arrastados nas águas de escoamento superficial e nas águas de percolação, considerando-se perdidos na produção agrícola e vindo a contribuir para a poluição das águas superficiais e subterrâneas (Anpromis, 2018).

### *2.6.1. Fertilização do arroz*

#### *2.6.1.1. Adubação azotada*

Sabendo que o azoto é um nutriente ligado diretamente ao crescimento das plantas, geralmente a resposta do arroz à presença do nutriente é positiva. Ter conhecimentos sobre a fonte, a dose, a época mais favorável e o método de aplicação de azoto, é de extrema importância, quando se deseja aumentar as eficiências agronómicas e de utilização de azoto (Silva et al, 2018).

O arroz absorve azoto durante todo o seu ciclo, porém existem dois estados de desenvolvimento críticos: o perfilhamento e a diferenciação do primórdio floral. É perto da época em que ocorrem esses estados que a aplicação de azoto deve ocorrer para garantir uma maior eficiência de fertilização. Em alternativa, mas com resultados semelhantes, consiste em aplicar metade da quantidade de azoto na altura da sementeira e a restante metade no estado de perfilhamento ativo (Silva et al, 2018).

As quantidades de azoto removido do solo pela cultura do arroz podem variar no intervalo de 49 a 122 kg/ha de azoto total para uma produção anual no intervalo de 4 a 10 ton/ha (Ministério da Agricultura, 1997).

#### *2.6.1.2. Adubação fosfatada*

O fósforo é depois do azoto o nutriente mais limitante nos solos para a produção de arroz. Uma modificação importante que ocorre nos solos inundados é o aumento da disponibilidade de fósforo. Esse aumento, embora não seja igual para todos os solos, tem uma importância prática muito grande para a cultura do arroz irrigado. Por isso, a resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo tem sido menos frequente e com menor intensidade do que a do arroz de terra altas (Silva et al, 2018).

As quantidades de fósforo removido do solo pela cultura do arroz podem variar no intervalo de 24 a 60 kg/ha de  $P_2O_5$ , o que corresponde a um intervalo de 10,5 a 26 kg/ha de fósforo total para uma produção anual no intervalo de 4 a 10 ton/ha (Ministério da Agricultura, 1997).

A aplicação de fósforo deve ser concentrada na linha de semeadura e a dose não deve ser parcelada, pois suas perdas por lixiviação são muito baixas (Silva et al, 2018).

#### *2.6.2. Fertilização do milho*

Para além dos fertilizantes minerais, a cultura do milho tem à sua disposição azoto proveniente da mineralização dos resíduos da cultura anterior e ainda o que é libertado pela mineralização da matéria orgânica do solo. No caso de se efetuar a distribuição de efluentes orgânicos, é ainda necessário ter em consideração o azoto libertado, mais ou menos rapidamente, por estes produtos (Anpromis, 2018).

A análise da evolução das necessidades da planta em azoto entre a fase das 10 folhas e a floração feminina (sensivelmente 2 meses), mostra que a cultura do milho está então particularmente apta a tirar partido do azoto disponível no solo, dado que o consumo neste período corresponde a cerca de 70% das suas necessidades. Passado este período, a capacidade da planta para absorver azoto diminui, não tirando partido de um teor elevado deste nutriente no solo (Anpromis, 2018).

Por razões económicas e ambientais, a fertilização azotada deve ser racional, obrigatoriamente adaptada às necessidades da cultura e à capacidade de disponibilização de azoto pelo solo. Nesta ordem de ideias, a adubação azotada deve ser estimada à partida e, se possível, acompanhada com correções ao longo do ciclo cultural. (Anpromis, 2018).

A Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo (Anpromis), refere que o método do balanço azotado, acompanhado por dados da experiência local, ainda constitui hoje a base mais recomendável para o cálculo da adubação azotada do milho. A aplicação desta metodologia toma em consideração os seguintes aspetos:

- Necessidades de azoto da cultura do milho - com um carácter previsional, tendo em conta o objetivo de produtividade, que deve estar de acordo com as características da parcela, as condicionantes tecnológicas, as disponibilidades de água e a potencialidade climática da região:
  - Fornecimento de azoto à cultura do milho a partir do solo;
  - Coeficiente de utilização do azoto aplicado no ano em causa, quer através de fertilizantes minerais, quer orgânicos - o valor deste coeficiente é variável;
  - O aumento da mineralização das formas orgânicas de azoto no solo devido à rega;
  - O fornecimento de azoto originariamente contido nas águas de rega.

Segundo o Ministério da Agricultura, (1997) para uma cultura de milho grão com uma produção entre 3 a 16 ton/ha, as quantidades de azoto e fósforo removidos do solo pela cultura do milho variam entre 83 a 440 kgN/ha e 31-165 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> correspondendo a um intervalo de 13,5 a 72 kgP/ha.

A fertilização do milho pode ocorrer ao mesmo tempo do semeio (abril) ou no início de junho em cobertura.

### **3. Metodologia de trabalho**

Neste capítulo serão apresentados os métodos e as ferramentas utilizadas ao longo do período de estágio profissionalizante, tais como a pesquisa bibliográfica e legislativa, a seleção dos casos de estudo e o processo de análise e emissão de pareceres técnicos e TURH.

#### **3.1. Pesquisa bibliográfica e legislativa**

A realização de uma pesquisa bibliográfica e legislativa sobre a RARUT para rega agrícola, permitiu averiguar quais as condicionantes à sua aplicação, encargos associados, legislação a cumprir e a realidade desta temática em Portugal e noutros países. A pesquisa também permitiu adquirir conhecimento sobre os sistemas de tratamento de ETAR, a importância do tratamento da ARUT e da sua reutilização, bem como aspetos gerais sobre a rega, as culturas de arroz e milho e a sua fertilização.

#### **3.2. Seleção dos casos de estudo**

Os casos de estudo selecionados foram as dez ETAR que fazem parte do sistema de saneamento do Município de Montemor-o-Velho e a ETAR Norte de Leiria/Coimbrão, sita em Coimbrão, Monte Real. A escolha baseou-se na localização das ETAR, tipologia dos sistemas de tratamento e população servida por forma a ser possível fazer algumas comparações, para melhor concluirmos a possibilidade de reutilização de água residual urbana tratada na rega agrícola.

Foram realizadas duas visitas técnicas às ETAR do Município de Montemor-o-Velho e uma à ETAR Norte de Leiria/Coimbrão.

##### *3.2.1. Caracterização do Município de Montemor-o-Velho e das ETAR*

Existe um eixo importante Coimbra-Figueira da Foz, estruturador do território regional, e de maior concentração de atividade económica, em particular dos serviços, e em menor grau da indústria. Nesta região, o território designado por Vale do Mondego ou Baixo Mondego apresenta uma forte componente agrícola (ITeCons, 2018).

A região do Baixo Mondego com uma área de 2062 km<sup>2</sup>, tem elevadas potencialidades agrícolas devido às boas condições climáticas, à boa disponibilidade de recursos hídricos, à sua proximidade e bons acessos a grandes centros consumidores, aos projetos de emparcelamento e obras de rega, drenagem e nivelamento e à existência de estruturas associativas e centros experimentais com capacidade para dinamizar o setor agrícola e disponibilizar conhecimentos técnicos (Martins, 1994). A área agrícola do Baixo Mondego representa 28% da área total da região correspondendo a 577,3 km<sup>2</sup> (Montemor-o-Velho, 2015).

O concelho de Montemor-o-Velho tem uma área total de 229 km<sup>2</sup> distribuída por 14 freguesias, com uma população total residente de 26171 habitantes e é parte integrante da região do Baixo Mondego, onde também se incluem os concelhos de Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira, Montemor-o-Velho, Penacova e Soure (Montemor-o-Velho, 2015).

Sendo Montemor-o-Velho um Município predominantemente rural, verifica-se uma forte componente agrícola, sendo a cultura do arroz a mais significativa, seguida pela cultura do milho e produção leiteira. Segundo o plano diretor municipal de Montemor-o-Velho (Montemor-o-Velho, 2015) o setor agrícola representa 53% da área total do Município, contabilizando assim 121,4 km<sup>2</sup> de campos agrícolas.

A Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro forneceu os dados de produção média anual de arroz e milho grão para a região do Baixo Mondego, apresentados na tabela 3.

*Tabela 3 - Produção média anual de arroz e milho grão no Baixo Mondego entre 2014 e 2016*

	<b>Arroz (ton/ha)</b>	<b>Milho grão (ton/ha)</b>
<b>2014</b>	5,28	11,00
<b>2015</b>	5,38	10,90
<b>2016</b>	5,33	10,78

Apesar deste potencial agrícola que apresenta, existem algumas condicionantes à exploração, tais como (Neves, 2015):

- Cheias violentas e frequentes que sujeitavam o vale a inundações prolongadas e a um processo de assoreamento continuado;
- Acentuada variabilidade sazonal e anual de caudais;



A primeira visita às ETAR do Município de Montemor-o-Velho decorreu no dia 15 de julho de 2016 acompanhada pelos técnicos do grupo de vigilantes da natureza integrados na equipa da ARH do Centro. Na segunda visita, realizada no dia 10 de agosto de 2016, para além dos técnicos da ARH do Centro houve a presença de uma técnica, em representação do Município de Montemor-o-Velho e dos técnicos responsáveis pela manutenção das ETAR. Assim, e para mais fácil entendimento, as ETAR estão legendadas como se apresenta na tabela 4.

*Tabela 4 - Legenda das ETAR do Município de Montemor-o-Velho*

<b>Legenda</b>	<b>Designação</b>
<b>ETAR 1</b>	ETAR de Abrunheira, Verride e Vila Nova da Barca
<b>ETAR 2</b>	ETAR de Arazede
<b>ETAR 3</b>	ETAR de Carapinheira
<b>ETAR 4</b>	ETAR de Ereira
<b>ETAR 5</b>	ETAR de Formoselha e Santo Varão
<b>ETAR 6</b>	ETAR de Liceia, Gatões e Seixo
<b>ETAR 7</b>	ETAR de Montemor-o-Velho
<b>ETAR 8</b>	ETAR de Pereira do Campo
<b>ETAR 9</b>	ETAR de Portela
<b>ETAR 10</b>	ETAR de Tentúgal

O sistema de tratamento para as ETAR do Município de Montemor-o-Velho tem diversas variantes e como tal a tabela 5 apresenta um resumo das etapas de tratamento que acontece em cada uma das ETAR.

*Tabela 5 – Etapas de tratamento das ETAR do Município de Montemor-o-Velho*

<b>Designação da ETAR</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Tipo de tratamento</b>	<b>Etapas</b>										
<b>Tratamento Preliminar e Tratamento Primário</b>	Gradagem	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Desarenador	•	•				•	•	•	•	•
	Tamisador	•	•				•				
	Tanque de equalização	•	•				•				
	Decantador primário					•					
<b>Tratamento Secundário</b>	Tanque de arejamento					•		•	•	•	•
<b>Tratamento Secundário</b>	Decantador secundário					•		•	•	•	*
	Lagoa facultativa e lagoa de maturação				•						
	Lagunagem arejada			•							
	Lamas ativadas SBR	•	•				•				
<b>Tratamento Terciário</b>	Microfiltração	•	•				•				
	Desinfecção UV	•	•				•				
	Remoção de fósforo		•								
	Nitrificação/Desnitrificação		•								

\* A ETAR 10 tem decantador integrado no tanque de arejamento.

### 3.2.2. Caracterização da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão e do Vale do Lis

O Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis (ABHL), com 21,45 km<sup>2</sup> estabelece uma zona de grande capacidade agrícola. Os solos, do tipo aluvião e de diferentes texturas variam entre o argiloso, argiloarenoso e arenoso. Existem algumas camadas turfosas com profundidade entre os 0,25m e 1,5m (COBA, 2001).

O uso agrícola do solo assenta essencialmente nas culturas de regadio, com destaque para a cultura do arroz, do milho, destinando-se à produção de silagem ou grão, de pomares e de culturas hortícolas (COBA, 2001). Na zona selecionada para o caso de estudo, com uma área de 2,2 km<sup>2</sup>, a cultura existente é a do milho. Os valores de produção média anual de milho para o período em estudo foram fornecidos pela Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro e apresentados na tabela 6.

*Tabela 6 - Produção média anual de milho grão para a região do AHVL entre 2014 e 2016*

	<b>Milho grão (ton/ha)</b>
<b>2014</b>	10,00
<b>2015</b>	9,90
<b>2016</b>	9,70

É conhecido através do resumo não técnico (Ministério da Agricultura e COBA, 2001), realizado para o projeto de emparcelamento do Vale do Lis em 2001, que a água apresenta diversos problemas de poluição, não respeitando os aspetos de qualidade exigidos. A poluição da água e do solo vem sendo agravada pelo aumento de criação de suínos na zona, uma vez que os efluentes produzidos são equivalentes a cerca de dois milhões de pessoas.

A ETAR Norte de Leiria/Coimbrão é gerida por uma entidade público-privada as Águas do Centro e Litoral, S.A, com sede na Estação de tratamento de água da Boavista, em Coimbra. A ETAR está dimensionada para servir um número total de 156701 equivalente populacional em ano horizonte e utiliza um sistema de tratamento avançado por lamas ativadas de média carga (anexo II.I). A ETAR recebe efluentes das suiniculturas, mas tem um sistema de tratamento separado para esses efluentes. Numa área de 600ha de terrenos junto à ETAR já existe uma instalação construída com o objetivo de fazer reutilização de águas residuais tratadas na rega, mas que não se encontra de momento em funcionamento, uma vez que a entidade gestora pretende melhorar a qualidade da



### **3.3. Análise, emissão de pareceres técnicos e emissão de títulos de utilização dos recursos hídricos**

Na ARH do Centro realizam-se tarefas como a análise, emissão de pareceres técnicos, emissão de TURH, fiscalização de atividades relacionadas com recursos hídricos bem como de condições de funcionamento, operação e segurança de infraestruturas hidráulicas.

Pelo artigo 56º da Lei da Água, o titular da licença deverá assumir a responsabilidade pela eficiência dos processos de tratamento e dos procedimentos adotados para minimizar os efeitos resultantes da rejeição das águas residuais e cumprir os objetivos de qualidade para as massas de água recetoras do efluente.

No caso de ocorrência de danos causados por erros ou omissões de projeto, no que respeita à drenagem e tratamento de efluentes ou pelo incumprimento das disposições legais aplicadas à rejeição em causa, torna-se obrigatório que o titular da licença (Município ou entidade gestora) faça uma apólice de seguro ou pague uma caução, no período de 30 dias a contar da data da emissão da licença, por forma a garantir que sejam pagas indemnizações, caso necessário, respeitando assim os termos que constam do Anexo I do Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de Maio.

Sempre que tal seja possível as águas residuais devem ser reutilizadas.

Os pedidos de emissão de TURH são instruídos pelo requerente ao abrigo da portaria nº 1450/07, de 12 de novembro, sendo submetidos na plataforma nacional do Sistema Integrado de Licenciamento Ambiental (SILiAmb) que está disponível desde 23 de outubro de 2012.

O procedimento necessário para a apreciação e licenciamento das utilizações de recursos hídricos, desde a entrada do requerimento até à emissão da licença tem a possibilidade de se adaptar a qualquer tipo de requerimento para a obtenção do TURH.

O SILiAmb, é uma plataforma única de gestão das utilizações dos recursos hídricos em todo o território continental. Logo, os novos pedidos de atribuições de TURH são registados em <https://siliamb.apambiente.pt/> . Para apoiar o requerente e ajudar a

esclarecer possíveis dúvidas, a APA, I.P. disponibiliza o Manual do Utilizador do SILiAmb, no sítio da APA, I.P., na internet em [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt) – Instrumentos -> Licenciamento das utilizações dos recursos hídricos -> Licenciamento online (SILiAmb), podendo ainda recorrer a qualquer um dos balcões de atendimento da APA, I.P. ou da respetiva ARH.

A plataforma é vantajosa na medida em que:

- Permite o acesso pela internet, sem necessidade de recursos tecnológicos especiais;
- É uma plataforma passível de ser utilizada em outras áreas para além da água, como é o caso do transporte de resíduos, entre outras, utilizando sempre o mesmo padrão de usabilidade por forma a ser acessível a todos os utilizadores;
- Facilita a consulta de processos, sendo que a informação se encontra online e organizada, pelo que foi possível terminar com os processos administrativos pesados;
- Está desenhado de forma a facilitar as ligações, que interna ou externamente, sejam necessárias para completar os processos de licenciamento.

O processo de licenciamento consta na:

- Entrada dos processos na plataforma;
- Distribuição dos processos pelos técnicos;
- Confirmação da presença de todos os documentos necessários ao licenciamento, podendo estar na forma de anexos. Caso se trate de um pedido de renovação de licença para a rejeição de águas residuais, devem constar desses documentos, os boletins analíticos do autocontrolo efetuado respeitando a anterior licença e a legislação em vigor;
- Análise:
  - Analisar todos os documentos do processo;
  - Suspender a análise caso seja necessário aguardar por nova documentação ou informação requerida pelo técnico;

- Criar ofícios de requisição de boletins analíticos de autocontrolo, pagamento de cauções ou multas, entre outros;
- Decisão do parecer técnico:
  - Deferido, procedendo-se à emissão de TURH;
  - Indeferido, rejeita-se o licenciamento e procede-se à tomada de medidas adicionais, tais como obras de requalificação e melhoria da ETAR.

Se a decisão for deferir o processo, inicia-se a fase de proposta de TURH. Nesta fase, definem-se os condicionamentos aplicáveis, retirando a pré-seleção dos restantes. Caso (apenas e só) ao TURH em análise, forem aplicáveis condições muito particulares, estas podem ser adicionadas em “outras condições”, uma vez que são condições que implicam a edição de texto pré-definido, como é o caso do montante devido em caução de recuperação ambiental, imposto pelo Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de maio.

Definidas as condições a aplicar, define-se o conteúdo dos anexos ao título. Dependendo dos fatores que influenciam as características do afluente bruto e da capacidade instalada na estação de tratamento, assim se definem os conteúdos.

Sendo eles:

- O programa de monitorização das águas residuais à saída do sistema de tratamento tem por base o cumprimento dos valores limite de emissão (VLE) de acordo com o anexo XVII do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto ou de acordo com o quadro nº1 do Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho, dependendo da capacidade instalada, bem como a monitorização que pode ter uma periodicidade semanal, quinzenal, mensal, bimestral, trimestral ou semestral;
- As condições de reporte do autocontrolo podem ter periodicidade mensal, bimestral, trimestral ou semestral. O autocontrolo é remetido para a APA, I.P./ARH do Centro de acordo com a periodicidade imposta;
- Pode haver casos em que o TURH defina normas de rejeição de parâmetros que constem em outra legislação, e nesses casos a avaliação de conformidade deve respeitar os procedimentos legalmente estabelecidos.

Para dar cumprimento às normas de qualidade adequada aos vários tipos e usos da água e das substâncias perigosas, e de proteção, melhoria e recuperação do estado das massas de água superficiais e subterrâneas, foram constituídas as normas de rejeição de águas residuais que são um conjunto de condições a respeitas, referentes VLE.

O reporte do autocontrolo é obrigatório e existe para captações, sendo quantitativo, e para as rejeições de águas residuais, sendo aqui quantitativo e qualitativo. O programa de autocontrolo para a rejeição de águas residuais é mais complexo que para as captações pois o cumprimento dos VLE impostos no autocontrolo é o principal fator para ajudar à tomada de decisão técnica de revalidação de uma licença visto que é um elemento quantitativo que demonstra a eficácia do funcionamento da ETAR.

### *3.3.1. Título de utilização dos recursos hídricos – rejeição de águas residuais urbanas tratadas*

É com base no Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho e no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto, que é feito o licenciamento das rejeições de águas residuais urbanas.

Por forma a sistematizar e uniformizar os critérios decisivos que prosseguem da aplicação da legislação acima referenciada, foram determinados alguns procedimentos a ter em atenção na fase de licenciamento das rejeições de águas residuais urbanas.

Considerando a capacidade instalada na ETAR são definidos os objetivos a satisfazer consoante as seguintes condicionantes apresentadas na tabela 7.

*Tabela 7 - VLE exigidos, desvios permitidos e percentagem de remoção tendo por base a legislação aplicável*

	Parâmetros			Equivalente populacional (e.p.)	Diploma Legal
	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST		
VLE exigidos (mg/l O <sub>2</sub> )	25	125	35	>2000	Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho
Desvios permitidos (mg/l O <sub>2</sub> )	50	250	70		
VLE exigidos (mg/l O <sub>2</sub> )	40	150	60	<2000	Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto
Desvios permitidos (mg/l O <sub>2</sub> )	80	300	120		
Percentagem de remoção (%)	70-90	75	90	-	Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho

Para se efetivar a emissão de um TURH é necessária uma análise prévia de todos os dados associados à rejeição em causa. Essa análise técnica tem por base os pressupostos anteriormente mencionados, prosseguindo da seguinte forma e dispostos na tabela 8.

Tabela 8 - Dados a ter em conta no processo de licenciamento

Parâmetros a analisar		Novo TURH	Revalidação do TURH
<b>Dados base</b>	Tipo de instalação	•	•
	Ano de arranque e ano horizonte	•	•
	População servida	•	•
	Nível de tratamento	•	•
	Tipo de tratamento	•	•
	Volume	•	•
	Origem das águas residuais	•	•
	Meio receptor	•	•
<b>Análise Pericial</b>	Verificar projeto	•	
	Verificar enquadramento da zona	•	
	Verificar REN, RAN e RN 2000	•	
	Verificar enquadramento legal da utilização	•	
	Verificar se se mantêm as disposições construtivas		•
	Verificar antecedentes		•
	Verificar enquadramento legal		•
<b>Emissão de Título</b>	Verificar conformidade das condicionantes impostas anteriormente e cumprimento dos planos autocontrolo e condições de descarga		•
	Definir condições gerais	•	•
	Definir condições específicas quanto à utilização	•	•
	Definir condições de descarga	•	•
	Definir plano de monitorização e autocontrolo de acordo com a utilização em causa	•	•

### 3.3.2. Recolha, monitorização e avaliação de autocontrolo

Para a rejeição de águas residuais, o respetivo TURH define a obrigatoriedade de realização de autocontrolo.

Regra geral, impõe-se que as amostras deverão ser compostas de 24 horas, de forma proporcional ao caudal.

Dependendo da capacidade instalada na ETAR, assim será definida nas condições impostas pelo TURH, a periodicidade de amostragem e número mínimo de amostragens por ano a serem remetidas à ARH. As águas residuais tratadas são consideradas conformes, se os parâmetros respetivos analisados individualmente, demonstrarem que as águas obedecem aos VLE, com um máximo possível de não conformidades consoante a periodicidade de amostragem por ano, apresentados na tabela 9.

Tabela 9- Quantidade de amostras por ano, frequência de envio à ARH e quantidade máxima de amostras não conformes por ano

Dimensão da ETAR	Nº mínimo de amostras/ano	Frequência de envio à ARH	Nº máximo de amostras não conformes/ano
ETAR < 2000 e. p.	4	Trimestral	1
2000 ≤ ETAR < 10 000 e. p.	12	Mensal	2
10 000 ≤ ETAR < 50 000 e. p.	12	Mensal	2
ETAR ≥ 50 000 e. p.	24	Quinzenal	4

As amostras que podem não ser conformes não devem desviar-se dos valores paramétricos em mais de 100%, valores referidos na tabela 7. Estes desvios são designados de incumprimentos.

A determinação da qualidade do tratamento depende do número de amostras não conformes e de incumprimentos como se apresenta na tabela 10.

Tabela 10 - Determinação da qualidade do tratamento

Qualidade	Dimensão da ETAR		
	ETAR <2000 e. p.	2000 ≤ ETAR <50 000 e. p.	ETAR ≥ 50 000 e. p.
<b>Bom</b>	Max. 1 Não conformidade	Max. 2 Não conformidades	Max. 4 Não conformidades
<b>Razoável</b>	Max. 2 Não conformidades ou 0 não conformidades e 1 incumprimento	> 2 Não conformidades ou 0 não conformidades + incumprimentos	>4 Não conformidades ou 0 não conformidades + incumprimentos
<b>Deficiente</b>	> 2 Não conformidades ou > 2 não conformidades + incumprimentos	>2 Não conformidades + incumprimentos	>4 Não conformidades ou >4 não conformidades + incumprimentos

Para poder estudar a viabilidade de utilização de ARUT em solos agrícolas, também é necessário em primeiro lugar proceder à análise dos boletins analíticos de autocontrolo que demonstram a qualidade da água quando é rejeitada para o meio hídrico.

Assim, comprovando o cumprimento das disposições legais, não só para a rejeição em meio hídrico, mas também as exigidas para reutilização de águas residuais, podemos concluir se a ETAR se encontra em condições para poder efetuar a reutilização da água rejeitada.

#### 4. Apresentação e discussão de resultados

Ao longo do período de estágio foram estudadas onze ETAR, dez do Município de Montemor-o-Velho e uma do Concelho de Leiria.

Os processos de todas as ETAR foram analisados e avaliados por forma a emitir os pareceres técnicos necessários e licenças se a ETAR avaliada estivesse em análise e o parecer se revelasse favorável.

Dos dez processos avaliados do Município de Montemor-o-Velho, quatro continuaram em processo de análise, tendo sido avaliados posteriormente ao período de estágio por outro técnico e das restantes seis, três obtiveram o TURH em 2015 com validade até 2020 e uma em 2012 com validade até 2017, dois TURH foram emitidas em período de estágio, após avaliação dos processos e dos boletins analíticos de autocontrolo, uma com validade até 2021, por ter uma boa qualidade de tratamento e outra com validade até 2017, apenas de 1 ano por ter qualidade deficiente.

O processo referente à ETAR Norte de Leiria/Coimbrão encontra-se com TURH em vigor até dezembro de 2019.

A análise dos processos permitiu diagnosticar o desempenho operacional das ETAR por forma a avaliar a potencialidade de reutilização do efluente tratado na rega agrícola, sendo esse o principal objetivo deste relatório de estágio. Para tal foram utilizados os seguintes critérios de avaliação, anexo I.I:

- Capacidade instalada em ano horizonte, o valor de e.p. para o qual a ETAR está dimensionada;
- Caudal máximo de descarga, ou seja, o caudal m<sup>3</sup>/dia para o qual a ETAR está dimensionada. Com este valor e sabendo o caudal de saída da ETAR é possível calcular a capacidade de utilização da ETAR, concluindo se está subdimensionada ou sobredimensionada;
- Tipo de tratamento: primário, secundário ou terciário, aqui denominado de mais avançado que secundário;
- Tipo de rejeição: vala, solo, ribeira ou afluente;

- Bacia Hidrográfica, ou seja, das três bacias que estão dentro da jurisdição da ARH do Centro, APA, IP., Dão, Mondego e Vouga, onde se encontram as ETAR selecionadas;
- Classificação da massa de água: normal ou sensível;
- Situação do processo: em análise, licença em vigor, licença caducada;
- Qualidade do tratamento: conforme referido na tabela 10 a qualidade do tratamento pode ser boa, razoável ou deficiente;
- Parâmetros analíticos: pH, CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, N e P.

Os dados dos boletins analíticos de autocontrolo que permitiram construir os gráficos que se seguem por forma a diagnosticar a qualidade do desempenho operacional de cada ETAR e avaliar o potencial de valorização agrícola do efluente tratado encontram-se apresentados no anexo I. II.

#### 4.1. Montemor-o-Velho

##### 4.1.1. Caracterização das ETAR e do seu desempenho operacional

As ETAR de Montemor-o-Velho, formam um dos casos de estudo selecionados e caracterizado no subseção 3.2.1. É importante conhecer o funcionamento das ETAR para se poder avaliar o seu potencial de valorização agrícola da água rejeitada.

Cada ETAR tem um horizonte de projeto diferente como se mostra na tabela 11.

*Tabela 11 - Horizonte de projeto por ETAR do Município de Montemor-o-Velho (dados de projeto)*

<b>Designação</b>	<b>Ano Zero</b>	<b>Período de utilização da ETAR</b>
<b>ETAR 1</b> - Abrunheira, Verride e Vila Nova da Barca	2014	15
<b>ETAR 2</b> - Arazede	2012	17
<b>ETAR 3</b> - Carapinheira	2001	17
<b>ETAR 4</b> - Ereira	2001	20
<b>ETAR 5</b> - Formoselha e Santo Varão	2003	40
<b>ETAR 6</b> - Liceia, Gatões e Seixo	2009	20
<b>ETAR 7</b> - Montemor-o-Velho	2002	20
<b>ETAR 8</b> - Pereira do Campo	2007	20
<b>ETAR 9</b> - Portela	2008	21
<b>ETAR 10</b> - Tentúgal	2001	20

Usando o número de equivalente populacional no ano zero e no ano horizonte de projeto, é possível através do gráfico 1, mostrar o crescimento populacional previsto, aquando da elaboração do projeto, associado a cada ETAR.

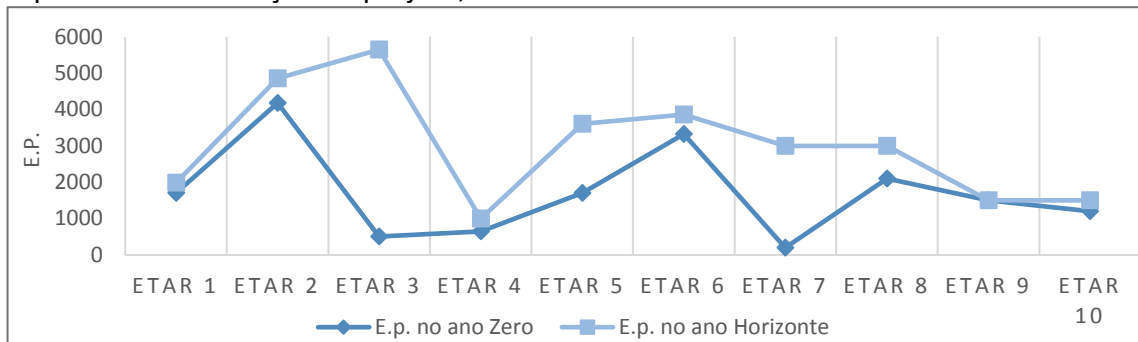


Gráfico 1 – Equivalente populacional no ano Zero vs. Equivalente populacional no ano Horizonte para as ETAR do Município de Montemor-o-Velho

Através do gráfico 1 verifica-se que foi previsto um crescimento significativo da população servida para as ETAR 3, 5 e 7, sendo que para as restantes ETAR a previsão de crescimento é baixa. Para as ETAR 3, 5 e 7 pode significar que o dimensionamento das ETAR teve em conta a criação de indústria, infraestruturas e o aumento da população em geral.

Quando se projeta uma ETAR é necessário prever o caudal máximo descarregado por dia por forma a não exceder as capacidades de utilização da ETAR e garantir que o sistema de tratamento funcione adequadamente, garantindo que efluente tratado seja descarregado para o meio recetor respeitando o exigido no TURH

O gráfico 2 mostra o caudal máximo de rejeição previsto, em projeto, para cada ETAR do Município.

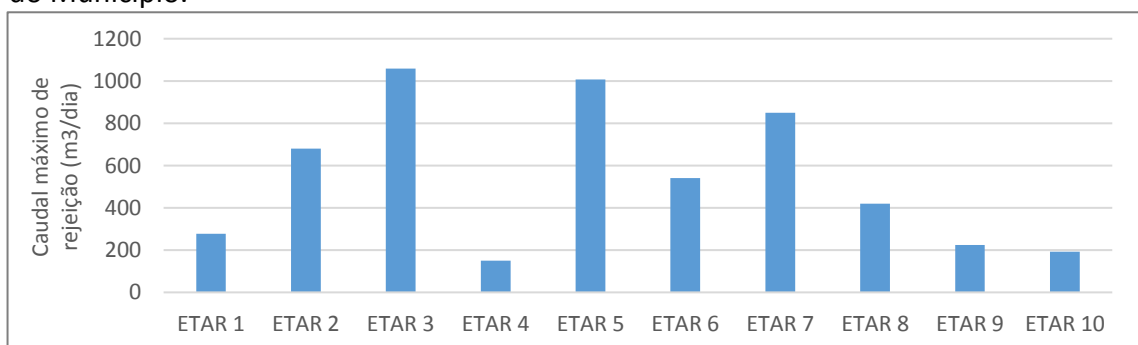


Gráfico 2- Caudal máximo de rejeição (m³/dia) para as ETAR do Município de Montemor-o-Velho

O gráfico 2 segue o perfil do gráfico 1, em relação à curva de equivalente populacional em ano horizonte, mostrando que o caudal máximo de descarga (m³/dia) previsto tem em conta o crescimento da população.

Em relação ao nível de tratamento, 70% das ETAR do Município de Montemor-o-Velho, funcionam com tratamento secundário e 30% com tratamento mais avançado que secundário, designação utilizada no TURH, referente ao tratamento terciário. Não existem ETAR apenas com tratamento primário (anexo I.I). O tratamento secundário engloba tratamentos por lagunagem arejada, lamas ativadas com arejamento prolongado, lagoas facultativas e de maturação e ETAR compacta em regime de arejamento prolongado. O tratamento mais avançado que secundário é aqui representado pelo tratamento por lamas ativadas SBR complementado por um sistema de desinfecção UV. Em relação às descargas de ARUT, estas ocorrem maioritariamente para valas e ribeiras e minoritariamente para afluentes do rio, não havendo descarga em solo. Apenas a ETAR 2 se encontra na bacia do Vouga estando as restantes na bacia do Mondego (anexo I.I).

Ao longo das visitas que ocorreram às ETAR em 2016, tendo a visita (1) ocorrido no dia 15 de julho e a visita (2) no dia 10 de agosto, elaborou-se um resumo das visitas e de algumas características importantes que se apresentam na tabela 12.

*Tabela 12 - Resumo das Visitas e de algumas características das ETAR do Município de Montemor-o-Velho*

Designação	ETAR 1	ETAR 2	ETAR 3	ETAR 4	ETAR 5	ETAR 6	ETAR 7	ETAR 8	ETAR 9	ETAR 10
Tratamento ativo	(2)	(2)	–	–	–	–	(1)	–	(1)	(1)
Tratamento suspenso	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	–	(1)	(2)	–
Mau cheiro	(1)	–	–	–	–	–	–	(2)	(2)	–
Presença de eutrofização	(1)	(1)	(1)	(1)	–	–	–	–	–	–
Acesso ao ponto de descarga	–	–	(2)	–	–	–	(1)	(1)	–	(1)
Limpeza não conforme	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	–	–
Limpeza conforme	(2)	(2)	(2)	(2)	–	(2)	(2)	(1)	(2)	(2)
Obras de requalificação	–	–	–	–	–	–	(2)	(2)	–	–
Justificação de falhas	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Reutilização da ARUT	•	•	–	–	–	•	–	–	–	–
Meio recetor	Ribeira	Vala	Vala	Afluente	Afluente	Ribeira	Vala	Vala	Ribeira	Vala
Qualidade em 2014	B	B	D	D	B	B	B	D	D	D
Qualidade em 2015	B	B	D	D	D	B	D	D	D	D
Qualidade em 2016	R	B	D	D	D	B	D	D	D	D

Nota: B – Bom; D – Deficiente; R – Razoável

Para que se possa diagnosticar o desempenho operacional das ETAR do Município de Montemor-o-Velho, foi feita a recolha dos boletins analíticos de autocontrolo (anexo I.II) de cada uma delas e analisados de acordo com a metodologia descrita no capítulo 3.3 e considerando a tabela 10. Assim, o estudo dos boletins analíticos de autocontrolo

permitiu averiguar a qualidade do tratamento das ETAR no período de estudo como apresentado na tabela 12 e no gráfico 3. Os boletins analíticos apresentam os valores mensais para os parâmetros analisados.

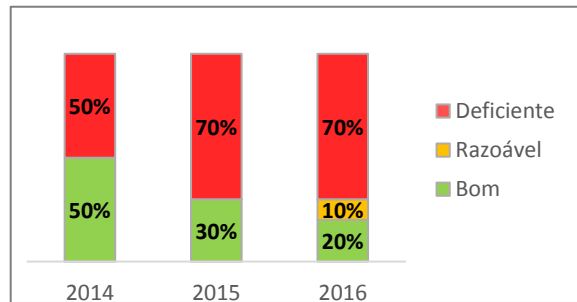


Gráfico 3 - Qualidade do tratamento das ETAR do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

O gráfico 3 mostra que a qualidade do tratamento sofreu uma diminuição de 2014 para 2016.

Na visita (2) às ETAR foi recolhida informação que justifica a diminuição da qualidade de tratamento das ETAR.

Decorreram ou estavam a decorrer obras de requalificação para as ETAR 1, 6, 7, 8, 9 e 10. A ETAR 4 tem previsão de desativação do tratamento com encaminhamento dos efluentes para a ETAR 1. A ETAR 5 por problemas técnicos estava a fazer a descarga do efluente sem qualquer tratamento para uma vala, pondo em causa o meio hídrico e os terrenos na envolvente da ETAR, prevendo-se a construção de uma nova ETAR em local adjacente. A ETAR 10 recebeu efluentes não domésticos, pondo em causa o sistema de tratamento. Em janeiro de 2016 as ETAR 5, 8 e 10 interromperam o seu funcionamento temporariamente por questões de segurança devido às cheias ocorridas nesse período.

#### 4.1.2 Caracterização das ETAR com RARUT

As únicas ETAR do Município de Montemor-o-Velho que atualmente procedem à RARUT são a 1, 2 e 6 por ter o sistema de tratamento terciário com desinfecção UV. A água é reutilizada na própria ETAR em lavagens de equipamentos. As restantes necessitarão de obras de requalificação o que levará à disponibilidade financeira por parte da Câmara Municipal de Montemor-o-Velho para este fim. Por esta razão, as ETAR 1, 2 e 6 são objeto de análise nesta subsecção.

A variação de caudal médio mensal descarregado para as ETAR 1, 2 e 6 é apresentado nos seguintes gráficos, com a informação para as restantes ETAR apresentada no anexo I.III.

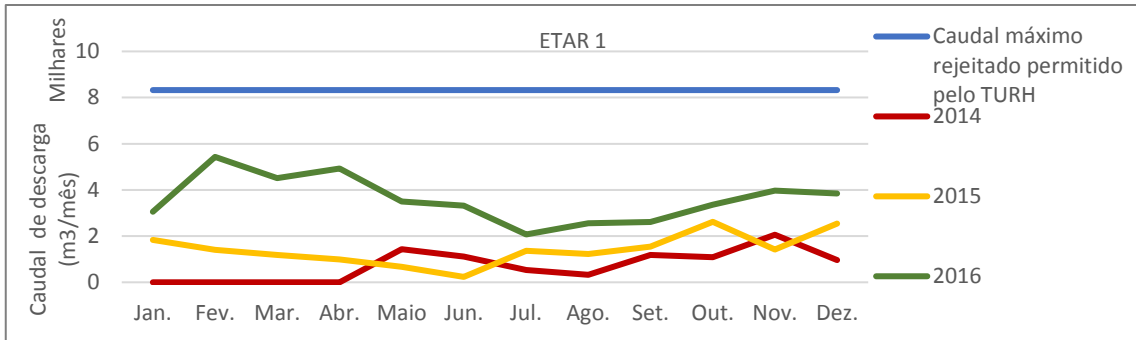


Gráfico 4- Caudal rejeitado na ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

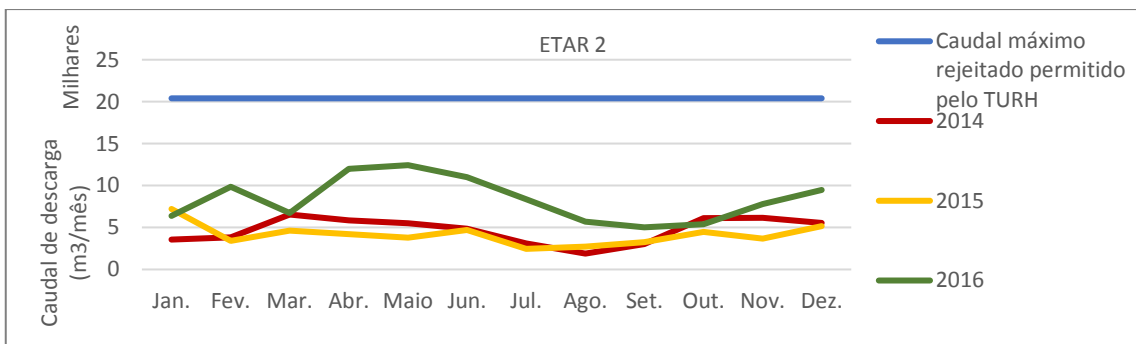


Gráfico 5 – Caudal rejeitado na ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

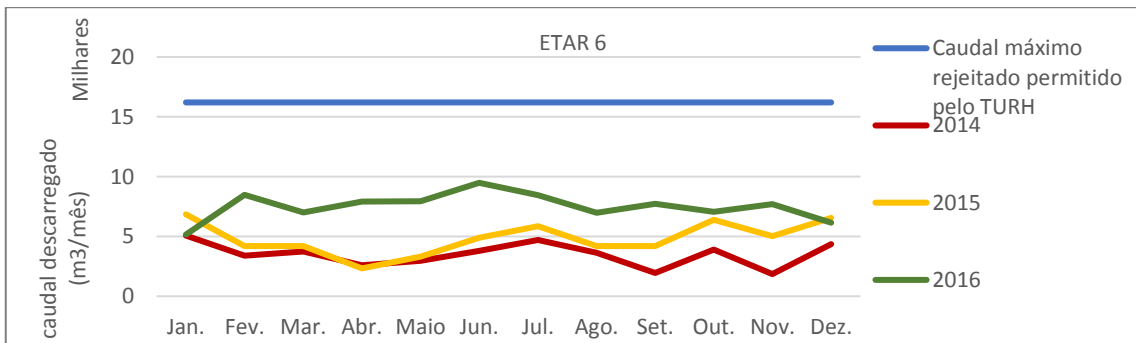


Gráfico 6 – Caudal rejeitado na ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

Dos três gráficos podemos concluir que nenhuma das ETAR funcionou em sobrecarga. A ETAR 1 foi construída em 2014, com início de funcionamento em abril, daí o valor a zero no início do ano de 2014.

A partir dos valores de caudal médio mensal (anexo I.III) rejeitado em cada uma das ETAR entre 2014 e 2016 é possível obter o caudal médio anual, apresentado na tabela 13.

Tabela 13 – Valores de caudais médios anuais rejeitados pelas ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

Legenda	2014		2015		2016	
	Média (m³/ano)	Desvio padrão	Média (m³/ano)	Desvio padrão	Média (m³/ano)	Desvio padrão
ETAR 1	1085,88	±532,02	1420,08	±684,16	3595,83	±1001,05
ETAR 2	4669,92	±1528,24	4141,33	±1268,23	8344,67	±2599,03
ETAR 6	3494,83	±1011,84	4832,67	±1371,84	7501,50	±1136,90

A ETAR 1 tem um período de arranque de sensivelmente 2 anos o que justifica o aumento do caudal desde 2014 até 2016. As cheias que se fizeram sentir em janeiro de 2016 também tiveram a sua contribuição para esse aumento de caudal.

Na visita (2), obteve-se a informação de que as ETAR 2 e 6 recebem efluentes de fossas sépticas, encaminhados para as ETAR por camião, uma vez que o saneamento básico ainda não encontra finalizado. Tendo em conta o acréscimo de caudal de ambas as ETAR de 2015 para 2016 pode-se concluir que esse aumento poderá ser justificado pelo aumento do sistema de saneamento.

As tabelas que se seguem mostram os valores de descarga dos parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, azoto e fósforo para as ETAR 1, 2 e 6, com os dados para as restantes ETAR apresentados no anexo (I.II).

Tabela 14 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 1													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	-	-	-	-	7,6	8	7,7	7,7	7,6	8	7,7	7,5	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	10	11	10	10	10	10	10	16	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	40	30	30	30	30	30	30	50	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	35	8	5	5	5	7	5	5	
azoto Total (mg N/L)	-	-	-	-	19	15	5	7	9	20	9	16	
fósforo Total (mg P/L)	-	-	-	-	6	2	2	5	2	3	3	3	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,37	6,93	7,41	7,17	7,46	7,87	7,53	7,33	7,49	7,49	7,63	7,77	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	4	10	12	18	25	5	13	7	4	6	3	2	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	15	22,9	20	27,8	32,5	20	53,5	28,7	15,3	27	16,2	35,8	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	4	4	10	10	20	20	20	20	20	4	8	8	
azoto Total (mg N/L)	21,4	25,7	20,1	20	20	37,2	18,9	12,4	9,3	10,7	16,5	15,3	
fósforo Total (mg P/L)	2,8	2,72	2,25	1,33	1,24	5,63	1,05	3,69	0,953	1,32	4,64	1,63	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,32	7,41	7,51	7,77	7,05	7,4	7,43	7,4	7,54	7,63	7,31	7,56	Razoável
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	4	23	4	30	5	155	5	17	4	12	2	2	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	20,9	41,5	21,3	123	25,5	156	3,44	113	19	21	13	28	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	4	16	8	30	8	20	4	20	8	4	4	4	
azoto Total (mg N/L)	12,7	15,7	15,3	18,5	11,9	143	25,3	30,9	18,1	23,7	24	31	
fósforo Total (mg P/L)	1,09	2,5	0,955	1,88	1,23	11,8	2,07	2,99	8	2,39	3,6	4,6	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

Tabela 15 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 2													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,05	7,91	7,11	6,99	-	7,19	7,45	7,57	7,53	7,27	7,15	6,97	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	2	2	20	6	6	8	0	1	0	2	1	1	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	20	100	100	100	42	17,2	12,9	28,6	20,2	10,2	19,7	14,9	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	4	4	4	4	4	4	4	6,67	10	10	10	10	
azoto Total (mg N/L)	19,3	27,7	58,4	117	35,2	27,9	12,2	3,69	2,91	1,75	26,2	27,4	
fósforo Total (mg P/L)	2,04	4,31	2	2	2	1,75	2,31	3,69	2,91	1,75	1,89	1,5	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,22	7,46	7,58	6,91	8,09	7,49	7,98	8,9	7,61	7,53	7,59	7,53	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	2	1	2	5	1	5	10	5	3	3	4	3	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	15	15	15	15	15	20	25,1	20,5	15	16,2	19,7	21,9	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	4	4	10	4	4	4	10	20	4	4	8	4	
azoto Total (mg N/L)	25,9	32,9	20	20	2	20	12,3	12,9	7,21	9,3	14,2	12,1	
fósforo Total (mg P/L)	1,47	1,19	1,58	1,02	1,42	0,74	1,91	4,63	0,731	1,05	2,18	2,9	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,54	7,93	7,71	7,94	7,53	7,9	7,43	7,81	7,44	7,57	7,32	7,25	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	2	8	3	2	6	6	5	4	2	2	5	2	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	27,1	15	21,9	9,96	21,9	14,3	3,44	21,9	15	15,3	10	16	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
azoto Total (mg N/L)	20,9	10,5	13,1	13,5	13,1	23,3	25,3	15,9	21,2	12,5	20	7	
fósforo Total (mg P/L)	2,53	1,8	1,07	1,51	1,09	3,87	2,07	2,41	3,8	0,97	2,3	2	

Tabela 16 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 6													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,27	7,77	7,48	7,65	-	7,49	7,68	6,71	7,47	6,79	7,42	7,85	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	10	1	2	4	6	23	3	5	1	3	2	2	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	55	100	100	100	35	82,5	13,2	33,4	35,2	20,5	12,3	18,9	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	4	4	4	12	8	8	3,33	10	10	10	10	10	
azoto Total (mg N/L)	16,6	29,7	66,5	63,1	22,9	43,6	33,7	30,3	42	72,8	32,1	38,2	
fósforo Total (mg P/L)	14	2	2	2	3,33	1,92	5,83	6,38	4,95	4,51	3,82	2,5	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,21	7,21	7,32	7,32	7,79	7,57	6,89	6,98	7,59	7,53	7,63	7,61	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	4	2	4	1	2	15	20	7	5	9	1	6	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	21,9	15	15	15	15	31,1	41,7	29,3	56,9	27,1	25,4	21,5	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	10	10	4	4	10	30	10	20	10	4	4	4	
azoto Total (mg N/L)	37,4	25,2	20	20	20	20	11,9	25	11,3	15,3	25	11,9	
fósforo Total (mg P/L)	2,25	1,64	1,88	1,03	2,4	2,52	1,28	6,04	1,03	1,09	4,34	1,05	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,92	7,41	8,01	7,52	7,71	7,14	7,24	8,05	7,03	7,49	7,1	7,08	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	4	21	1	11	6	9	5	10	3	2	3	2	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	19,2	36,8	25,7	18,5	32,1	21,8	12,1	121	20	15	10	20	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	4	4	8	4	4	10	10	10	4	4	8	4	
azoto Total (mg N/L)	10,3	16,8	15,3	12,5	12,3	9,42	15,8	28,9	33,6	21,7	17	30	
fósforo Total (mg P/L)	1,05	1,84	2,25	1,03	1,59	1,86	3,22	3,14	6	1,09	3,1	4,2	

Foi possível calcular a eficiência de remoção de CBO<sub>5</sub>, CQO e SST do tratamento para o período de maio a dezembro de 2016 por apenas existirem os valores desses parâmetros nos boletins analíticos à entrada (anexo I.II) e à saída das ETAR 1, 2 e 6 (tabelas 14 a 16) O cálculo exemplifica-se para o SST, através da seguinte fórmula:

$$\text{percentagem de remoção de SST} = \frac{[SST]_{\text{entrada}} - [SST]_{\text{saída}}}{[SST]_{\text{entrada}}} \times 100 \quad (1)$$

A informação não está disponível para todas as ETAR, mas para aquelas que existe é apresentada no anexo I.III.

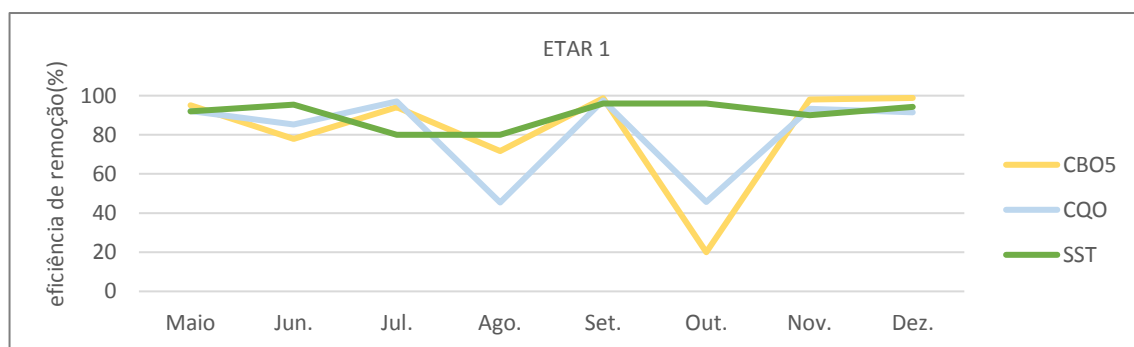


Gráfico 7 - Eficiência de remoção para CBO<sub>5</sub>, CQO e SST na ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho de maio a dezembro de 2016

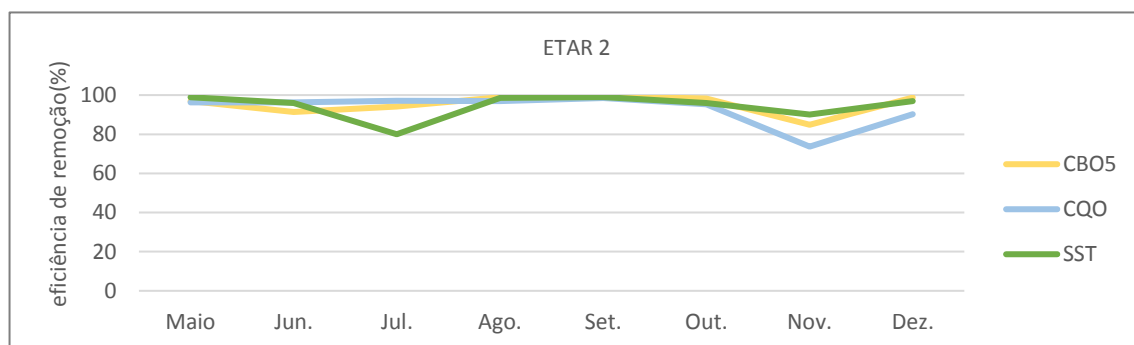


Gráfico 8 - Eficiência de remoção para CBO<sub>5</sub>, CQO e SST na ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho de maio a dezembro de 2016

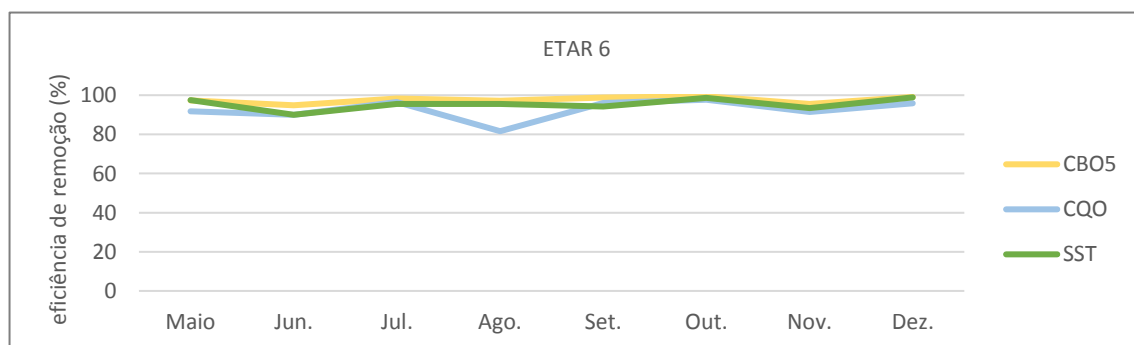


Gráfico 9 - Eficiência de remoção para CBO<sub>5</sub>, CQO e SST na ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho de maio a dezembro de 2016

Os valores de percentagem média anual de remoção dos parâmetros para as três ETAR são:

Tabela 17 -Valores de percentagem de remoção média anual para as ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho para os meses de maio a dezembro de 2016

Legenda		2016	
		Média (%)	Desvio padrão
ETAR 1	Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	81,77	±26,99
	Remoção de CQO (%)	80,99	±22,19
	Remoção de SST (%)	90,47	±6,79
ETAR 2	Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	95,32	±5,05
	Remoção de CQO (%)	93,03	±8,19
	Remoção de SST (%)	94,42	±6,51
ETAR 6	Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	97,57	±1,66
	Remoção de CQO (%)	92,61	±5,24
	Remoção de SST (%)	95,45	±2,97

Assim, é possível concluir que a ETAR 1 foi a que obteve uma menor percentagem de remoção, indicando algum tipo de mau funcionamento na ETAR. Na visita (2) relativamente à ETAR 1 obteve-se a informação de que a ETAR esteve com o tratamento suspenso ao longo do mês de julho por avaria de um equipamento o que justifica a baixa remoção de CBO<sub>5</sub> e CQO. Os parâmetros à entrada da ETAR em outubro de 2016 apresentam concentrações muito baixa, pelo que não deverão ser tidos em conta.

Em relação à ETAR 2 ocorreu uma ligeira diminuição na percentagem de remoção, no entanto esses valores são aceitáveis, tendo em conta a tabela 7.

A ETAR 6 sofreu reparações no sistema de gradagem que ficou danificado com as cheias de janeiro de 2016, o que poderá justificar a diminuição da percentagem de remoção em agosto, mesmo estando dentro da percentagem mínima de remoção exigida.

Através da análise dos boletins analíticos de autocontrolo (tabelas 14 a 16) e com as tabelas 7 e 10 foi possível averiguar se as ETAR cumprem o disposto na legislação (Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho e Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto) no que respeita às normas que descarga de ARUT.

Assim é possível averiguar que a ETAR 1, no seu período de arranque manteve o tratamento com qualidade bom a razoável, sendo que os valores não conformes e o incumprimento são justificados pela avaria, já referida. Pelo que tem qualidade aceitável em 2014 e 2015 para fazer a reutilização da água residual urbana tratada. Em 2016 apenas o poderia fazer de janeiro a março, em maio e de julho a dezembro.

As ETAR 2 e 6 cumprem as normas de descarga exigidas no TURH, pelo que têm as condições necessárias para poderem proceder à reutilização de água residual urbana tratada.

Para se poder reutilizar a água residual tratada em ETAR na agricultura é importante conhecer a carga de azoto e fósforo rejeitada (kg/mês) e compará-la com as necessidades de fertilização, ponderando a necessidade de diluição da água conforme as necessidades da cultura ao longo do seu ciclo.

Com os valores da concentração de azoto e fósforo à saída das ETAR, (tabelas 14 a 16) e com o conhecimento do caudal descarregado em cada mês (gráficos 4 a 6), foi possível calcular os valores de carga mássica (kg/mês) ao longo dos 3 anos, através da fórmula (2), que se exemplifica para o azoto:

$$carga\ mássica = \frac{concentração\ de\ N \times caudal\ descarregado}{1000} \quad (2)$$

Os resultados são apresentados através dos seguintes gráficos

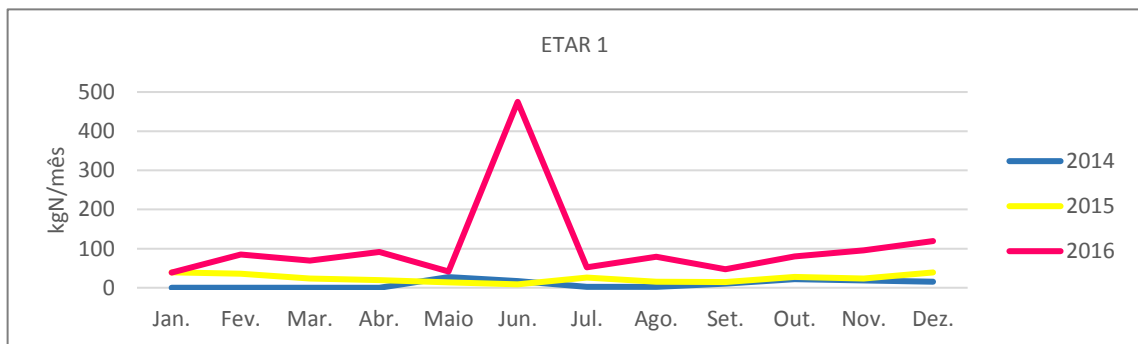


Gráfico 10- Azoto rejeitado pela ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

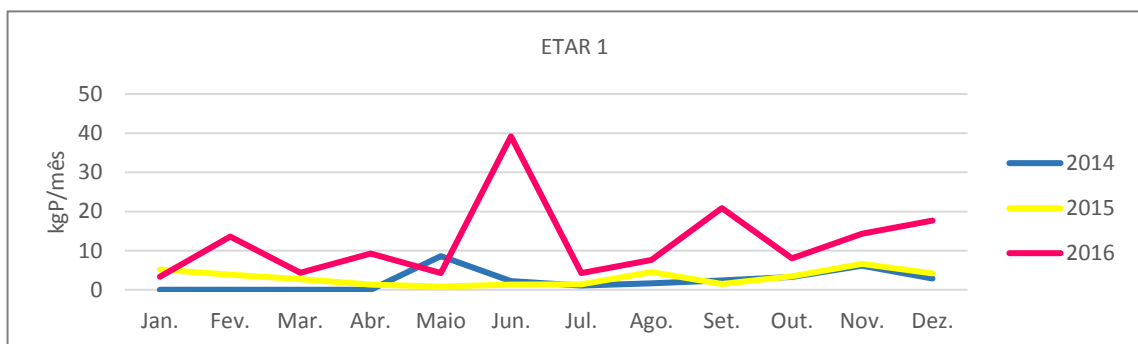


Gráfico 11 - Fósforo rejeitado pela ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

As cargas mássicas médias anuais de N e P rejeitadas pela ETAR 1 apresentam-se na tabela 18.

Tabela 18 – Valores médios anuais de azoto e fósforo rejeitados pela ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

Legenda	2014		2015		2016	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
<b>N rejeitado (kgN/ano)</b>	14,38	±8,77	23,91	±10,28	106,12	±118,64
<b>P rejeitado (kgP/ano)</b>	3,52	±2,56	3,06	±1,84	12,23	±10,24

Em junho de 2016 ocorreu um pico de carga para ambos os parâmetros, muito provavelmente justificados pela avaria referida anteriormente da ETAR.

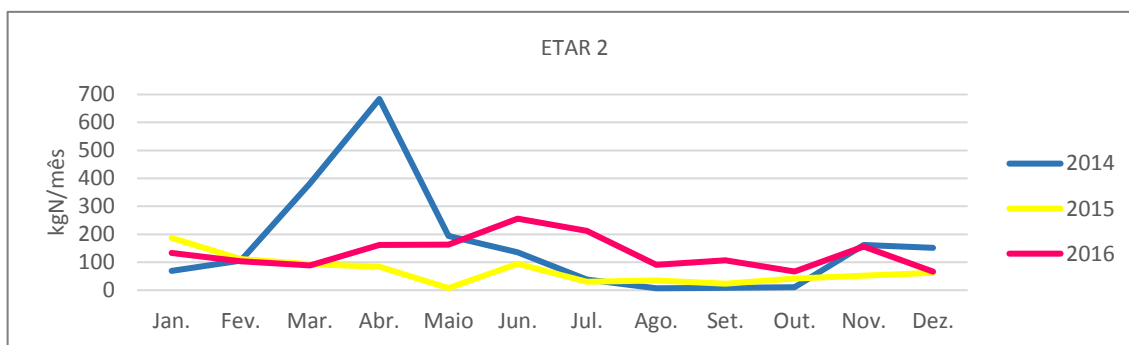


Gráfico 12 - Azoto rejeitado pela ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

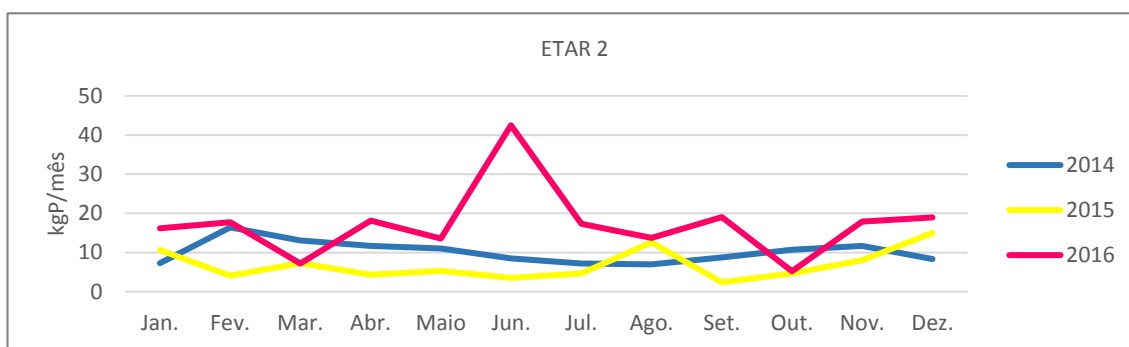


Gráfico 13 - Fósforo rejeitado pela ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

As cargas mássicas médias anuais de N e P rejeitadas pela ETAR 2 apresentam-se na tabela 19.

Tabela 19 – Valores médios anuais de azoto e fósforo rejeitados pela ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

Legenda	2014		2015		2016	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
<b>N rejeitado (kgN/ano)</b>	162,43	±195,48	68,54	±49,28	133,69	±58,58
<b>P rejeitado (kgP/ano)</b>	10,14	±2,84	6,87	±3,96	17,29	±9,14

Ocorreu um pico espontâneo em abril de 2014 de descarga de azoto e em junho de 2016 de descarga de fósforo, não havendo informação que justifique essa ocorrência.

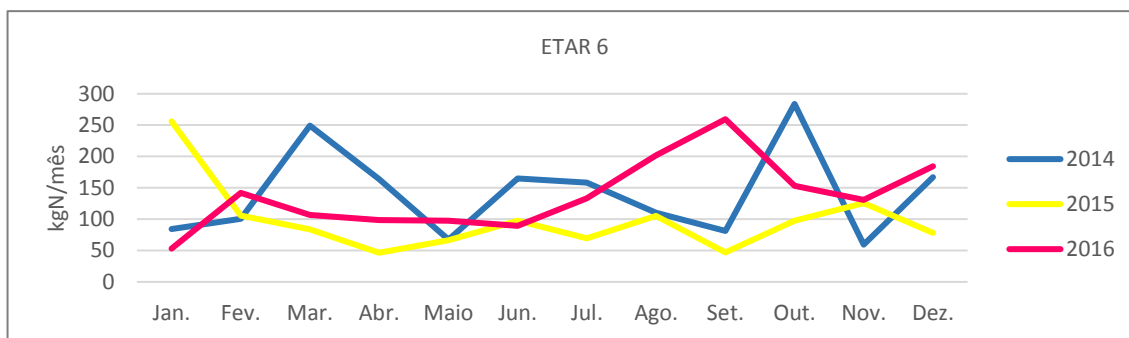


Gráfico 14 – Azoto rejeitado pela ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

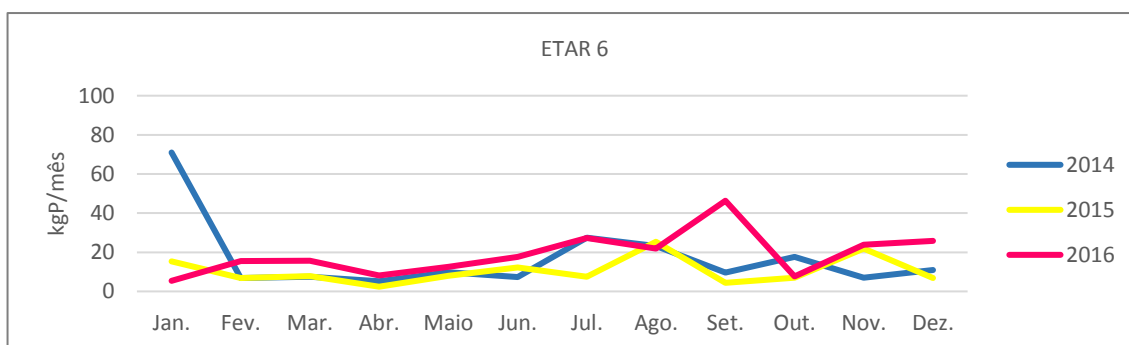


Gráfico 15 - Fósforo rejeitado pela ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

As cargas mássicas médias anuais de N e P rejeitadas pela ETAR 6 apresentam-se na tabela 20.

Tabela 20 – Valores médios anuais de azoto e fósforo rejeitados pela ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

Legenda	2014		2015		2016	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
<b>N rejeitado (kgN/ano)</b>	140,90	±71,11	98,33	±55,15	137,65	±56,43
<b>P rejeitado (kgP/ano)</b>	16,94	±18,42	10,48	±7,02	19,00	±11,24

A ETAR 6 sofreu vários picos de rejeição de azoto ao longo do ano 2014 e um em setembro de 2016. No que respeita à descarga de fósforo ocorreu um pico grande em janeiro de 2014 e em setembro de 2016. Não existe informação que justifiquem as ocorrências.

Sabendo que a área agrícola do Baixo Mondego é de 577,3 km<sup>2</sup> e sabendo que área agrícola do Município de Montemor-o-Velho é de 121,4 km<sup>2</sup>. Assim, o coeficiente que relaciona as duas áreas é determinado na fórmula (3).

$$\frac{121,4}{577,3} \times 100\% = 21\% \quad (3)$$

Isto significa que a área agrícola de Montemor-o-Velho representa 21% da área agrícola do Baixo Mondego.

Desconhecendo as áreas agrícolas das culturas de arroz e milho no Município de Montemor-o-Velho, admite-se que 50% corresponde à cultura de arroz e os restantes 50% à cultura de milho grão, tornando o coeficiente de relação em 10,5% para cada cultura.

Tendo em conta que os valores médios de produtividade anual para as culturas de arroz e milho (tabela 3) correspondem ao valor para o Baixo Mondego, multiplicando-os pelo coeficiente de relação, obtêm-se o valor de produtividade anual para cada cultura no período de 2014-2016 em Montemor-o-Velho.

Tabela 21 - Produtividade média anual de arroz e milho grão em Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

	Arroz (ton/ha)	Milho grão (ton/ha)
2014	0,55	1,16
2015	0,56	1,14
2016	0,56	1,13

Considerando os valores de azoto e fósforo removidos pelas culturas de arroz e milho apresentados na subsecção 2.6.1 para um determinado intervalo de produção definido, é possível utilizando os valores de produtividade média anual (tabela 21), calcular qual o valor de azoto e fósforo removidos pelas culturas nos anos de estudo, apresentados na tabela 22.

Tabela 22 – Valores médios anuais de N e P rejeitado nas ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho vs. Necessidades anuais de N e P para arroz e milho grão entre 2014 e 2016

	N rejeitado (kgN/ano)	N para arroz (kgN/ha)	N para milho grão (kgN/ha)	P rejeitado (kgP/ano)	P para arroz (kgP/ha)	P para milho grão (kgN/ha)
<b>ETAR 1</b>						
2014	14,38	6,74	32,09	3,52	1,44	5,22
2015	23,91	6,86	31,54	3,06	1,47	5,13
2016	106,12	6,86	31,26	12,23	1,47	5,09
<b>ETAR 2</b>						
2014	162,43	6,74	32,09	10,14	1,44	5,22
2015	68,54	6,86	31,54	6,87	1,47	5,13
2016	133,69	6,86	31,26	17,29	1,47	5,09
<b>ETAR 6</b>						
2014	140,9	6,74	32,09	16,94	1,44	5,22
2015	98,33	6,86	31,54	10,48	1,47	5,13
2016	137,65	6,86	31,26	19,00	1,47	5,09

De acordo com a tabela 22, conclui-se qual o procedimento a adotar (tabela 23) caso tivesse ocorrido reutilização com água das ETAR, para fornecer à cultura as necessidades adequadas de nutrientes para gerar a produção anual seria:

Tabela 23 - Procedimento a adotar pelas ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho no caso ocorrência de RARUT entre 2014 e 2016

	Arroz	Milho
<b>ETAR 1</b>		
<b>2014</b>	Diluição de ARUT	Complementar com fertilizante
<b>2015</b>	Diluição de ARUT	Complementar com fertilizante
<b>2016</b>	Diluição de ARUT	Diluição de ARUT
<b>ETAR 2</b>		
<b>2014</b>	Diluição de ARUT	Diluição de ARUT
<b>2015</b>	Diluição de ARUT	Diluição de ARUT
<b>2016</b>	Diluição de ARUT	Diluição de ARUT
<b>ETAR 6</b>		
<b>2014</b>	Diluição de ARUT	Diluição de ARUT
<b>2015</b>	Diluição de ARUT	Diluição de ARUT
<b>2016</b>	Diluição de ARUT	Diluição de ARUT

A diluição de ARUT é um procedimento necessário, uma vez que o valor descarregado em ETAR para azoto e fósforo é superior às necessidades da cultura. Como tal, caso não ocorra um acerto dos valores nutricionais pode afetar negativamente o crescimento da cultura, podendo até inviabilizar a mesma. Assim, caso tivesse ocorrido RARUT nos anos de 2014, 2015 e 2016, sem diluição, poderia não ter ocorrido produção de arroz e milho grão do Município de Montemor-o-Velho.

Quando o valor de azoto e fósforo descarregado na ETAR é inferior às necessidades das culturas, é importante, para garantir produção elevada e de boa qualidade, complementar com fertilizante. Assim, e apenas para a cultura de milho em 2014 e 2015, teria sido necessário complementar a água descarregada pela ETAR 1 com o fertilizante adequado.

Se a tendência verificada nos valores de descarga se mantiver em futuro, a RARUT apenas seria viável se ocorrer diluição da água residual tratada.

Por se desconhecer os valores das necessidades hídricas em cada ano de estudo, não foi possível verificar se o efluente descarregado nas ETAR 1, 2 e 3, seria suficiente para a rega dos campos agrícolas de Montemor-o-Velho.

## 4.2. ETAR Norte de Leiria/Coimbrão

### 4.2.1. Caracterização da ETAR e do seu desempenho operacional

A ETAR Norte de Leiria/Coimbrão, forma o último caso de estudo selecionado e caracterizado na subsecção 3.2.2. É importante conhecer o funcionamento da ETAR para se poder avaliar o seu potencial de valorização agrícola da água rejeitada.

A ETAR está dimensionada para tratar os efluentes de 156701 e.p, ano horizonte de 2024, com um caudal máximo de descarga de 37997 m<sup>3</sup>/dia, encaminhado para o Rio Lis.

Para que se possa diagnosticar o desempenho operacional da ETAR, foi feita a recolha dos boletins analíticos de autocontrolo apresentados na tabela 24 e analisados seguindo a metodologia descrita no capítulo 3.3, considerando a tabela 10. Assim, o estudo dos boletins analíticos de autocontrolo permitiu averiguar a qualidade do tratamento da ETAR no período de estudo.

Tabela 24 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016

2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,8	8	7,85	7,5	7,9	7,85	7,95	7,95	7,55	7,5	7,3	-	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	10	17	18,5	24,5	10	13,5	13	10	13	10,5	18,5	-	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	34	40	44	64,5	41,5	41,5	36	39	37	46	39	-	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	
azoto Total (mg N/L)	37	30	28	19	50	23	26	39	52	22	12,5	-	
fósforo Total (mg P/L)	1	1	6	1	4,1	1	1,2	4,9	1,9	1,2	1,45	-	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,8	7,9	Bom (tendo em conta os boletins disponíveis)
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,5	8,5	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	95,5	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3,55	
azoto Total (mg N/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	34	
fósforo Total (mg P/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	2,2	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,9	7,95	7,9	7,8	-	7,9	7,8	7,8	7,9	7,6	7,6	7,7	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	8	6	8,2	8,7	-	8,9	10,6	8,3	27,3	8,7	9,1	10	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	33	31,5	43	49,7	-	43,3	52,7	38,7	51,0	72,7	286	57	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	11,7	12,5	21,3	26	-	12	7,3	9,3	77,0	23	28	6	
azoto Total (mg N/L)	19,4	3,2	17,4	21,9	-	32,5	16,5	14	27,5	18,6	20,5	35	
fósforo Total (mg P/L)	2,2	0,1	1,8	1,7	-	0,6	4,9	3,1	3,5	4,1	3,1	5,5	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

Através da análise dos boletins analíticos de autocontrolo e com as tabelas 7 e 10 foi possível averiguar que a ETAR cumpre o disposto na legislação (Decreto-Lei nº 152/97,

de 19 de junho e Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto) no que respeita às normas que descarga de ARUT. O gráfico 16 mostra a variação da qualidade do tratamento da ETAR.

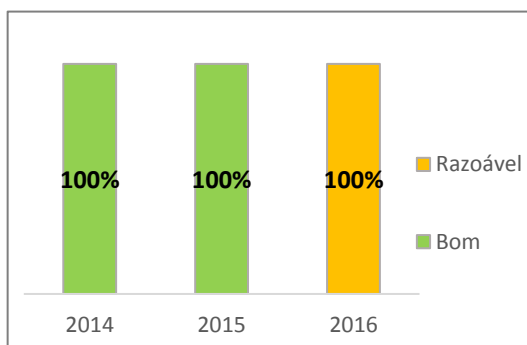


Gráfico 16 - Qualidade do tratamento para a ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016

A qualidade do tratamento diminuiu ao longo dos anos, pelo que foi necessário implementar medidas de tratamento adicionais para repor a boa qualidade de tratamento. A ETAR possui um sistema de desinfecção por UV que garante uma melhor qualidade ao efluente final.

Sabendo que o caudal máximo de descarga para o qual a ETAR foi dimensionado é de 37997 m<sup>3</sup>/dia, a variação do caudal descarregado pela ETAR em m<sup>3</sup>/mês é apresentada no gráfico 17.

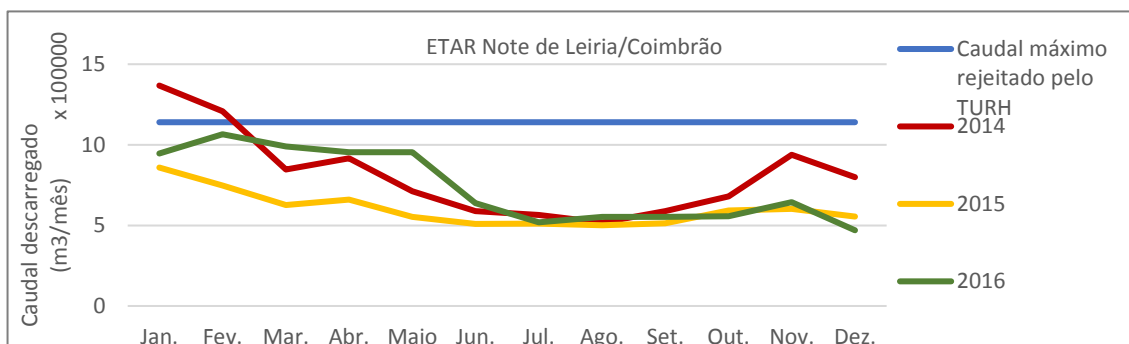


Gráfico 17 - Caudal rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016

O gráfico mostra que a ETAR funcionou em sobre carga nos meses de janeiro e fevereiro do ano 2014. No entanto, o restante período funcionou corretamente.

A partir dos valores de caudal médio mensal rejeitado na ETAR entre 2014 e 2016 é possível obter o caudal médio anual, apresentado na tabela 25.

Tabela 25 – Valores de caudais médios anuais rejeitados pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016

Legenda	Média (m <sup>3</sup> /ano)	Desvio padrão
2014	810520	±264655
2015	602552	±109097
2016	736930	±223014

Ao longo dos três anos ocorreu uma diminuição do caudal descarregado anualmente, não existe informação por parte da entidade gestora que possa justificar este decréscimo.

Não foi possível obter dados de entrada dos parâmetros na ETAR pelo que não se pôde calcular as percentagens de remoção para CBO<sub>5</sub>, CQO e SST. Com os valores da concentração de azoto e fósforo à saída da ETAR, (tabela 24) e com o conhecimento do caudal descarregado em cada mês (anexo II.II), foi possível calcular os valores de carga mássica de N e P rejeitados (kg/mês) ao longo dos 3 anos, através da fórmula (2).

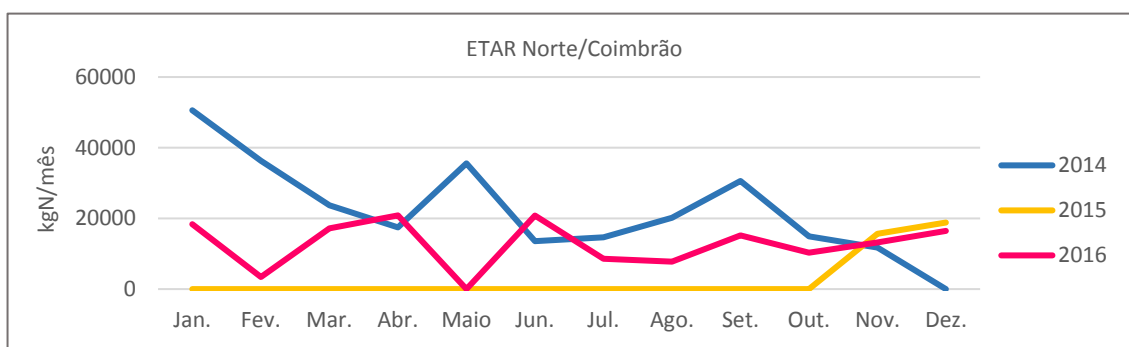


Gráfico 18 - Azoto rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016

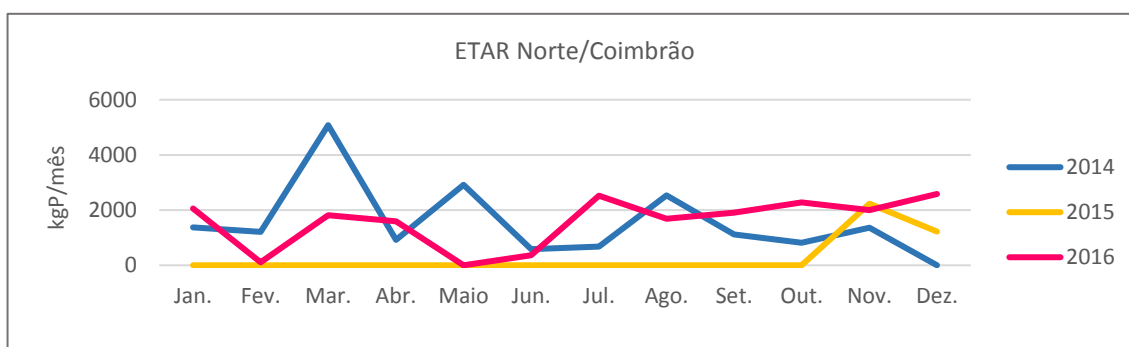


Gráfico 19 – Fósforo rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016

As cargas mássicas médias anuais de N e P rejeitadas na ETAR Norte de Leiria/Coimbrão apresentam-se na tabela 26:

Tabela 26 – Valores médios anuais de azoto e fósforo rejeitados pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016

Legenda	2014		2015		2016	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
<b>N rejeitado (kg N/ano)</b>	24470,08	±12324,54	17253,02	±2229,06	13820,34	±5690,19
<b>P rejeitado (kg P/ano)</b>	1689,21	±1344,24	1724,65	±716,00	1719,07	±799,27

A ETAR sofre vários picos de descarga em 2014 e em 2016, mas não existe informação que justifique estes resultados, nem a ausência de dados de janeiro a outubro de 2015.

Sabendo que a área agrícola do AHVL é de 21,45 km<sup>2</sup> e sabendo que área agrícola selecionada é de 2,2 km<sup>2</sup>. Assim, o coeficiente que relaciona as duas áreas é determinado na fórmula (4).

$$\frac{2,2}{21,45} \times 100\% = 10,3\% \quad (4)$$

Tendo em conta que os valores médios de produtividade média anual para a cultura de milho grão (tabela 6) correspondem ao valor para a área total do AHVL, multiplicando-os pelo coeficiente de relação, obtêm-se o valor de produtividade média anual para a cultura na área selecionada no período de 2014-2016.

*Tabela 27 – Produtividade média anual de milho grão na área selecionada do AHVL entre 2014 e 2016*

	<b>Milho grão(ton/ha)</b>
<b>2014</b>	1,03
<b>2015</b>	1,02
<b>2016</b>	1,00

Considerando os valores de azoto e fósforo removidos pela cultura de milho apresentados na subseção 2.6.2 para um determinado intervalo de produção definido, é possível utilizando os valores de produtividade anual (tabela 27), calcular qual o valor de azoto e fósforo removidos pela cultura nos anos de estudo, apresentados na tabela 28.

*Tabela 28 - Médias anuais de N e P rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão vs. Necessidades anuais de N e P para milho grão entre 2014 e 2016*

	<b>N rejeitado (kgN/ano)</b>	<b>N para milho grão (kgN/ha)</b>	<b>P rejeitado (kgP/ano)</b>	<b>P para milho grão (kgN/ha)</b>
<b>2014</b>	24470,08	28,50	1689,21	4,64
<b>2015</b>	17253,02	28,22	1724,65	4,59
<b>2016</b>	13820,34	27,67	1719,07	4,50

De acordo com a tabela 28, conclui-se que o procedimento a adotar caso tivesse ocorrido reutilização com água da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão, seria a diluição da água rejeitada, uma vez que os valores rejeitados são muito superiores às necessidades da cultura.

Se esta tendência se mantiver de futuro a RARUT para rega agrícola com água desta ETAR, apenas é viável com a diluição da água descarregada.

A associação de regantes e beneficiários do vale do Lis informou que para os 220ha selecionados para o estudo foram utilizados 380m<sup>3</sup>/(ha.ano) de água para rega, o que

significa que por ano, seria necessário 83600m<sup>3</sup>/ano de água. Tendo em conta os valores de caudal médio anual descarregado (tabela 25) verifica-se que a água descarregada pela ETAR nos 3 anos de estudo, seria mais que suficiente para regar a área selecionada, podendo ser armazenada ou utilizada para outros fins.

#### 4.3. Município de Montemor-o-Velho Vs. ETAR Norte de Leiria/Coimbrão para RARUT

Considerando as ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho, selecionadas para esta comparação por procederem atualmente à RARUT e a ETAR Norte de Leiria/Coimbrão é possível averiguar que existem vários aspetos de comparação em ambos os casos de estudo.

Tabela 29 - Termos de comparação das ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho e da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão

	ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho			ETAR Norte de Leiria/Coimbrão		
<b>E.p. em ano horizonte</b>	10690			156701		
<b>Tipo de tratamento</b>	Lamas ativadas SBR com desinfecção UV			Lamas ativadas de media carga com desinfecção UV		
<b>Qualidade do tratamento</b>	ano	2014	Bom	ano	2014	Bom
		2015	Bom		2015	Bom
		2016	Bom		2016	Razoável
<b>Média anual de Produção de efluente (m<sup>3</sup>/ano)</b>	ano	2014	8889	ano	2014	810520
		2015	10394		2015	602552
		2016	19442		2016	736930
<b>Área agrícola selecionada (km<sup>2</sup>)</b>	121,4			2,2		
<b>Área por cultura (km<sup>2</sup>)</b>	60,7			2,2		
<b>Culturas</b>	Milho grão			Milho grão		
<b>Produção média anual (ton/ha)</b>	ano	2014	1,16	ano	2014	1,03
		2015	1,14		2015	1,02
		2016	1,13		2016	1,00
<b>Procedimento a adotar para usar a água em RARUT</b>	ano	2014	Fertilização	ano	2014	Diluição de ARUT
		2015	Diluição de ARUT		2015	Diluição de ARUT
		2016	Diluição de ARUT		2016	Diluição de ARUT

A tabela 29 resume os dados importantes e comparáveis para os casos de estudo. Foi possível averiguar que:

- O total de equivalente populacional previsto em ano horizonte para as ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho é cerca de 93% inferior ao equivalente populacional previsto para a ETAR Norte de Leiria/Coimbrão;
- O tipo de tratamento é por lamas ativadas com desinfecção UV todas as ETAR comparadas;

- As ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho apresentam melhor qualidade que a ETAR Norte de Leiria/Coimbrão no que respeita ao ano de 2016, sendo que todas apresentam boa qualidade em 2014 e 2015;
- A produção de efluente na ETAR Norte de Leiria/Coimbrão é muito superior à produção de efluente nas ETAR 1, 2 e 6 do Município de Montemor-o-Velho, mas isso deve-se ao facto de o e.p. servido também ser maior nessa ETAR;
- A área agrícola do Município de Montemor-o-Velho é superior à área agrícola selecionada no AHVL;
- As culturas de milho grão ocorrem em ambos os estudos de caso, por isso, apenas se irá admitir para o Município de Montemor-o-Velho essa cultura para comparação de casos de estudo;
- A área de cultivo do milho grão no Município de Montemor-o-Velho é 96% superior à área de cultivo selecionada no AHVL. No entanto, a produção de milho no Município de Montemor-o-Velho é pouco superior à produção de milho grão na área selecionada do AHVL diferindo cerca de 11,2% -11,5%;
- Caso se efetuasse RARUT nos 3 anos, era necessário proceder à diluição da ARUT em todas as ETAR comparadas para 2015 e 2016. Em 2014, para o Município de Montemor-o-Velho é necessário proceder a um incremento de nutrientes através de fertilização, enquanto que, para a área do AHVL selecionada, é necessário diluir a ARUT.

## 5. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

### 5.1. Conclusões

Tendo o presente relatório de estágio como principal objetivo, a avaliação do potencial para valorização agrícola do efluente tratado na região do Vale do Mondego e do Vale do Lis, de acordo com os resultados obtidos através da análise das condições de operação ETAR do Município de Montemor-o-Velho e da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão, respetivamente, pôde concluir-se que:

- Apenas três das dez ETAR do Município de Montemor-o-Velho, procedem atualmente à reutilização de água residual urbana, por utilizarem um sistema de tratamento terciário com desinfecção;
- Em termos quantitativos as três ETAR mostram que cumprem o disposto na legislação (Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho e Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto) no que respeita às normas que descarta de ARUT, pelo que a qualidade da água rejeitada é boa mostrando que as ETAR funcionam com boas condições de operação;
- As restantes sete ETAR do Município de Montemor-o-Velho necessitam de sofrer obras de requalificação para que possam proceder à RARUT por não cumprirem o disposto na legislação (anexo I.I), revelando uma má qualidade na água rejeitada provocada por más condições de operação das ETAR;
- A ETAR Norte de Leiria/Coimbrão funciona com o sistema de tratamento terciário com desinfecção, podendo proceder à RARUT. Cumpre o disposto na legislação, pelo que apresenta uma boa qualidade da água rejeitada sugerindo boas condições de operação da ETAR.
- As águas residuais urbanas rejeitadas pelas ETAR selecionadas apresentam valores significativos de azoto e fósforo, nutrientes essenciais para o crescimento das culturas de arroz e milho, pelo que o efluente tratado tem potencial para ser utilizado com fertilizante agrícola;
- Uma vez que o valor de azoto e fósforo rejeitado é superior às necessidades das culturas, para que a água rejeitada possa ser reutilizada, é necessário

acrescentar água potável do sistema de abastecimento, por forma a diluir as concentrações de nutrientes.

Considera-se que os objetivos, inicialmente definidos, foram concretizados, permitindo os resultados obtidos estruturar informação sobre a caracterização dos sistemas de tratamento e sobre o potencial de reutilização dos efluentes tratados.

## **5.2. Perspetivas de trabalho futuro**

O desenvolvimento deste tipo de estudos assume um elevado interesse no que respeita à melhoria dos sistemas de tratamento das águas residuais urbanas e também à valorização dos efluentes gerados para uso agrícola.

Após a realização do presente relatório de estágio, verificou-se a necessidade de realização de ensaios de campo, nomeadamente sobre o ciclo da cultura, de forma a verificar quais os efeitos a longo prazo da reutilização de uma ETAR selecionada, no crescimento da cultura.

Por último, propõe-se a realização de um estudo sobre a aceitação da RARUT na agricultura através do uso de inquéritos à população de agricultores.

## 6. Bibliografia

Anpromis. (17 de Maio de 2018). ANPROMIS - Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo. Obtido de <http://www.anpromis.pt/o-milho.html>

Asano, T. (1998). Wasterwater Reclamation and Reuse.

Asano, T. (2001). Water From (Waste)Water - The Dependable Water Resource.

Barros, J. e Calado, J. (2014). A Cultura do Milho.

Beltrão, J. (2005). Recursos hídricos não convencionais - O caso da reutilização das águas residuais.

Braz, A. (2010). Comparação de métodos de identificação de bactérias flocculentas presentes em ETAR - Dissertação de Mestrado.

Butler, D. e Davies, B. (2004). Urban drainage.

Campo, (18 de Maio de 2018). Obtido de <https://bordadocampo.com/arroz/cultivo-arroz/>

Campos, M. (2013). Conceitos em ecologia e ecossistemas.

Capelo, A. (2015). Aplicação de um modelo de metabolismo ao ciclo urbano da água .

Cardoso, C. (2012). Arquitetura e o Espaço Agrícola na Cidade. Sustentabilidade Participada: Um Projeto para o Vale de Carnide.

Castro, C. (1989). A cultura do Milho. Vila Real.

COBA. (2001). Projeto de Emparcelamento do Vale do Lis - Resumo não técnico, Volume 2.

Correia, V. (1997). O Tratamento de Águas Residuais - Tecnologias e Processos Convencionais.

Costa, M. (2003). Utilização de águas residuais depuradas na Rega e de Lamas urbanas como Fertilizante dos solos do Algarve - Dissertação.

COTArroz. (16 de Maio de 2018). COTArroz. Obtido de <http://www.cotarroz.pt/>

Dezotti, M. (2008). Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de efluentes líquidos.

Duarte, E. (2004). Apontamentos das aulas teóricas e práticas de Tratamento de Efluentes.

- FAO. (2007). Coping with water scarcity - Challenge of the twenty-first century.
- ITeCons. (16 de Maio de 2018). ITeCons. Obtido de <http://www.itecons.uc.pt/projectos/baixomondego>
- Lazarova, V. e Bahri. (2005). Water Reuse for irrigation: Agriculture, Landscapes and Turf Grass.
- Levy, J. et al. (1996). Exploração de Estações de Tratamento de água - Volume II.
- Liu, D. e Lipták, L. (2000). Wastewater Treatment.
- Maier, R. et al. (2009). Environmental microbiology.
- Marecos do Monte, H e Albuquerque, M. (2010). Reutilização de águas Residuais. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos & Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Martins, M. (1994). A Fertilização Azotada do Milho em Solos do Baixo Mondego. Lisboa.
- Marques, J. e Sousa, J.. 2007. Hidráulica urbana. Sistema de Abastecimento de Água.
- Matos, J. (2006). Ambiente e Saneamento - Sistemas de drenagem.
- Mendes, S. (2014). Valorização de lamas de tratamento de águas residuais urbanas para utilização agrícola - Dissertação de mestrado.
- Metcalf e Eddy. (2003). Wastewater Engineering, Treatment and Reuse.
- Ministério da Agricultura (1997). Código de Boas Práticas Agrícolas - Para a proteção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola. Lisboa.
- Ministério da Agricultura e COBA. (2001). Projeto de emparcelamento do Vale do Lis - Estudo de Impacte Ambiental, Resumo não técnico, Volume II.
- Montemor-o-Velho, C. M. (2015). Plano Diretor Municipal de Montemor-o-Velho - Adenda à análise e diagnóstico - Volume I.
- Myers, S. (1998). Sistema de Águas Residuais Urbanas - Um guia para não especialistas.
- Neves, A. (2015). O Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego. D. Sesnando e a Linha Defensiva do Mondego.

- ONU. (2002). Desafio global, Oportunidade Global.
- Pereira, M. (2008). Contributo para avaliar a possibilidade de reutilização das areias removidas na ETAR - Dissertação de Mestrado.
- Pescod, M. (1992). Wastewater treatment and use agriculture - FAO irrigation and drainage paper.
- Pidou, M. (2006). Hybrid membrane processes for water reuse - Doctoral dissertation.
- Qasim, S. (1999). Wastewater treatment plants - planning, design and operation.
- Ribeiro, O. (1986). Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico. Lisboa: Livraria Sá da Costa.
- Ribeiro, T. (2009). Modelação e Simulação da Qualidade da Água do Rio Lis a Jusante da Descarga da ETAR Norte. Coimbra.
- Rodrigues, M. e Coutinho, J. (1995). Eficiência de utilização de azoto pelas plantas.
- Santana, F. (2007). Descargas ilegais ou negligência - Água e Ambiente.
- Santos, M. (2001). Contribuição para uma metodologia de Gestão de Água com base no valor económico.
- Santos, M. (2008). Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas - Dissertação de Mestrado.
- Silva, O. et al (18 de Maio de 2018). Agência de Informação Embrapa. Obtido de <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore.html>
- Silveira, J. (2008). Potencialidade de Reutilização de Água Residual para fins públicos na cidade de Leiria - Tese de Mestrado.
- Soares, E. (2008). Biologia e Processos Biológicos. Apontamentos de apoio.
- Sousa, E. (2001). Noções sobre qualidade da água.
- Sousa, G. (2009). O Diagnóstico de uma ETAR como suporte à decisão para a reutilização do efluente tratado - caso de estudo da ETAR de Corouche.
- Spellman, F. (2003). Water and Wastewater - Treatment Plant Operations.

UNESCO. (2009). 3rd UN World Water Development Report.

United States Environmental Protection Agency. (24 de Janeiro de 2018). Obtido de USEPA:  
[www.epa.gov](http://www.epa.gov)

Varenes, A. (2003). Produtividade dos solos e ambiente.

Vesilind, P. (2003). Wastewater treatment plant design.

Vieira, P. et al. (2006). Estações de Tratamento de Águas e de Águas Residuais - Caracterização da Situação Nacional.

von Sperling, M. (2007). Wastewater characteristics, treatment and disposal. Biological wastewater treatment.

WHO. (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and graywater.

## 7. Legislação consultada

- ☰ Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho – Normas de recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas em meio aquático – DR 1ª série A, nº 139, págs. 2959-2966
- ☰ Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto – Proteção do meio aquático – DR 1ª série A, nº 176, págs. 3676-3722
- ☰ Decreto-Lei nº 149/2004, de 22 de junho – Revisão do DL nº 152/97, de 19 de junho – DR 1ª série - A, nº 145, págs. 3805 - 3809
- ☰ Lei nº 54/2005, de 15 de novembro – Estabelece a titularidade dos recursos hídricos – DR 1ª série A, nº 219, págs. 6520-6525
- ☰ Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro – Lei da Água – DR 1ª série I- A, nº 249, págs. 7280 – 7310
- ☰ Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de maio – Licenciamento – DR 1ª série, nº 105, págs. 3644 (24) – 3644 (48)
- ☰ Portaria nº 1450/2007, de 12 de novembro – Licenciamento – DR 1ª série, nº 217, págs. 8372-8382
- ☰ Decreto-Lei nº 97/2008, de 11 de junho – Taxa de Recursos Hídricos – 1ª série, nº 111, págs. 3395 – 3403
- ☰ Decreto-Lei nº 198/2008, de 8 de outubro – Segunda revisão do DL nº 152/97, de 19 de junho – DR 1ª série, nº 195, págs. 7130 - 7133
- ☰ Decreto-Lei nº 56/2012, de 12 de março – Designação da APA, I.P. D.R.I. – 1ª série, nº 51, págs. 1093 – 1098
- ☰ Portaria nº 108/2013, de 15 de março – Competências da ARH – 1ª série, nº53, págs. 1631-1640

# Anexos

**Anexo I – Dados recolhidos das ETAR do Município de Montemor-o-Velho**

Anexo. I.I – Características das ETAR do Município de Montemor-o-Velho

Tabela 30 - Resumo das características das ETAR do Município de Montemor-o-Velho

Legenda	ETAR 1	ETAR 2	ETAR 3	ETAR 4	ETAR 5	ETAR 6	ETAR 7	ETAR 8	ETAR 9	ETAR 10
Designação	ETAR de Abrunheira, Verride e Vila Nova da Barca	ETAR de Arazede	ETAR de Carapinheira	ETAR de Ereira	ETAR de Formoselha/Santo Varão	ETAR de Liceia, Gatões e Seixo	ETAR de Montemor-o-Velho	ETAR de Pereira do Campo	ETAR de Portela	ETAR de Tentúgal
Nº Processo	450.10.04.01.01767 4.2014.RH4	450.10.04.01.01979 5.2014.RH4	450.10.04.01.007 162.2015.RH4	450.10.04.01.021 010.2014.RH4	450.10.04.01.0068 38.2015.RH4	450.10.04.01.016 776.2014.RH4	450.10.04.01. 014478.2015. RH4	ARHC.DRHI.01268 .2014	450.10.04.01.014 420.2015.RH4	450.10.04.01.003 212.2015.RH4
Distrito	Coimbra	Coimbra	Coimbra	Coimbra	Coimbra	Coimbra	Coimbra	Coimbra	Coimbra	Coimbra
Concelho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho
Freguesia	Verride	Arazede	Carapinheira	Ereira	Formoselha	Liceia	Montemor-o-Velho	Pereira do Campo	Tentúgal	Tentúgal
Entidade Gestora	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho	CM de Montemor-o-Velho
Ano 0	2014	2012	2001	2001	2003	2009	2002	2007	2008	2001
E.p no Ano 0	1706	4178	511	650	1707	3321	200	2100	1500	12000
Ano Horizonte	2029	2029	2018	2021	2043	2029	2022	2027	2029	2021
E.p no Ano Horizonte	1982	4852	5645	1000	3600	3856	3000	3000	1500	1500
Caudal (m3/dia)	277,5	680	1059	150	1007	540	850	420	225	192
Tipo de Tratamento	Lamas ativadas SBR	Lamas ativadas SBR	Lagunagem arejada	Lagoa facultativa e lagoa de maturação	Lamas Ativadas em arejamento prolongado	Lamas ativadas SBR	Lamas Ativadas de baixa carga	Lamas Ativadas de baixa carga	ETAR compacta de lamas ativadas em regime de arejamento prolongado	Lamas Ativadas em arejamento prolongado
Nível de Tratamento	Mais avançado que secundário	Mais avançado que secundário	Secundário	Secundário	Secundário	Mais avançado que secundário	Secundário	Secundário	Secundário	Secundário
Meio Recetor	Ribeira do Carvalhal de Azóia	Vala dos Moinhos	Vala do Monte	Afluente do Rio Mondego	Afluente do Rio Mondego	Ribeira do Carvalhal de Azóia	Vala de Montemor-o-Velho, afluente do Rio Mondego	Vala de Pereira	Ribeira de Moinhos	Vala Real
Longitude	-8,71549	-8,66473	-8,63817	-8,72274	-8,62227	-8,71104	-8,69052	-8,58139	-8,59205	-8,58269
Latitude	40,13903	40,29092	40,20448	40,14944	40,17222	40,24118	40,16933	40,18976	40,23734	40,21523
Bacia Hidrográfica	Mondego	Vouga	Mondego	Mondego	Mondego	Mondego	Mondego	Mondego	Mondego	Mondego
Classificação	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Alvará	L001409.2015.RH4	L001258.2016.RH4	LIC-2010-0418	L004409.2015.RH4	LIC-2010-0417	L004415.2015.RH4	L013620.2013.RH4	LIC-2012-0459	L003436.2016.RH4	LIC-2010-691
Data de Emissão	04-02-2015	26-01-2016	07-06-2010	13-04-2015	07-06-2010	13-04-2015	30-08-2013	09-10-2012	15-03-2016	
Validade	28-02-2020	31-01-2021	Licença Caducada	30-04-2020	Licença Caducada	30-04-2020	Licença Caducada	31-10-2017	31-03-2017	Licença Caducada
Situação do Processo	Licença em Vigor	Licença em Vigor	Em análise	Licença em Vigor	Em análise	Licença em Vigor	Em análise	Licença em Vigor	Licença em Vigor	Em análise

Anexo I.II – Boletins analíticos de autocontrolo à entrada e saída das ETAR do Município de Montemor-o-Velho

ETAR 1 – ETAR de Abrunheira, Verride e Vila Nova da Barca

Tabela 31 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 1 - Entrada												
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	87	54	98	73
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	190	190	280	180
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	55	160	71	44
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	289	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1390
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	700
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	100	700	85	60	300	15	100	170
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	324	1054	117	207	775	38,7	194	330
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	100	440	20	100	200	100	40	70

ETAR 2 – ETAR de Arazede

Tabela 32 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 2 - Entrada												
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	320	270	420	70	40	210
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	430	557	792	99,7	50,9	751
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	100	300	400	160	300	340
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	195	70	85	360	360	110	33	155
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	582	381	117	709	1005	329	38	164
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	100	440	20	100	200	100	40	70

### ETAR 3 – ETAR de Carapinheira

Tabela 33 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 3 - Saída													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,44	7,33	7,5	7,66	-	7,25	7,3	7,42	7,02	6,68	7,07	7,16	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	20	18	20	30	20	20	25	34	30	12	47	14	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	43,5	100	100	146	77,9	41	46,6	65,3	58,8	67,4	87	132	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	20	15	20	60	40	20	100	20	40	20	40	40	
azoto Total (mg N/L)	19,2	30,1	16,7	18,8	35,7	20,7	20,9	60,5	19,9	16,5	38,5	32,2	
fósforo Total (mg P/L)	18,3	2,84	3,47	4,3	4,34	5,84	2,78	6,45	7,18	5,73	5,04	2,98	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,69	7,32	7,28	7,44	7,87	7,53	7,79	7,93	7,53	7,49	7,83	7,51	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	60	34	85	52	80	140	120	150	320	60	35	60	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	239	139	127	72,1	183	209	186	201	432	97,2	81,1	129	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	40	60	150	20	20	80	150	150	250	50	40	40	
azoto Total (mg N/L)	53,2	47,2	52,1	23,9	67,8	23,9	27,9	47,5	63,5	23,9	27,2	23,2	
fósforo Total (mg P/L)	4,74	3,41	3,44	2,51	6,71	2,97	3,09	7,05	5,91	3,28	1,32	2,07	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,91	7,87	7,33	8,01	7,01	7,3	7,33	7,12	7,19	7,22	7,19	7,37	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	55	35	25	55	15	21	46	21	50	20	74	48	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	98,9	89,5	105	112	45,9	35,7	54,8	138	55	123	164	70	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	40	30	50	60	8	10	20	4	10	20	20	5	
azoto Total (mg N/L)	22,7	23,5	27,8	33,5	20,1	37,9	21,9	14,9	16,5	31	20	37	
fósforo Total (mg P/L)	2,52	2,09	3,59	3,78	1,91	11,9	3,09	3,09	6,9	7,6	4,5	4,5	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

## ETAR 4 – ETAR de Ereira

Tabela 34 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 4 - Entrada												
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	190	-	180		250	115	-	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	262	-	258		352	223	-	-	-	-	-	-
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	120	-	150		100	200	-	-	-	-	-	-
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	210	310	90	135	90	120	120	100	40
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	351	438	154	165	156	675	357	191	51
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	260	240	80	40	60	320	56	45	30

Tabela 35 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 4 - Saída													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,5	7,6	8,3	8	7,4	7,7	7,5	7,1	7,7	7,8	7,5	7,4	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	20	10	10	10	12	10	11	25	18	10	12	25	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	40	40	30	43	65	36	30	50	41	78	37	66	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	10	28	5	13	7	5	5	5	7	5	15	8	
azoto Total (mg N/L)	17	33	15	13	16	30	26	25	33	36	24	15	
fósforo Total (mg P/L)	1	3	2	3	2	1	3	5	2	2	2	2	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,32	7,21	7,21	7,24	7,68	7,53	7,87	7,91	7,68	7,83	7,53	7,53	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	110	95	135	39	60	76	65	70	85	180	60	17	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	181	132	182	81	164	112	104	181	162	257	117	72,3	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	80	150	50	20	100	20	100	100	100	180	100	20	
azoto Total (mg N/L)	42,9	62,5	29,5	43,2	36,2	23,9	23,7	52,9	48,1	31,8	27,9	19,3	
fósforo Total (mg P/L)	2,33	4,97	3,31	2,53	2,32	3,91	2,49	5,91	5,27	4,93	3,71	2,09	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,92	7,63	7,78	7,34	7,55	7,38	7,23	7,62	7,91	7,42	7,61	7,54	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	45	6	20	80	50	170	115	48	60	20	29	10	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	178	18,9	51,9	203	109	188	184	78,1	157	51,3	46	18	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	100	4	30	100	50	80	10	30	10	24	10	4	
azoto Total (mg N/L)	32,9	12,8	21,9	25,3	25,9	95	37,7	47,9	26,5	38,5	14	10	
fósforo Total (mg P/L)	3,05	0,438	3,05	3,57	3,51	9,85	8,74	1,98	2,3	3,41	1,6	1,3	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

## ETAR 5 – ETAR de Formoselha e Santo Varão

Tabela 36 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 5 – Saída													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,4	7,3	7,4	7,6	7,3	7,6	7,4	7,3	7,3	7,5	7,2	7,1	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	10	10	25	10	10	25	19	14	21	19	25	25	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	31	30	110	54	40	120	130	87	95	120	150	150	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	9	16	27	10	8	34	45	18	29	40	31	25	
azoto Total (mg N/L)	10	10	22	14	10	30	32	23	31	97	20	29	
fósforo Total (mg P/L)	1	1	2	2	2	2	4	2	7	4	2	3	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,21	7,42	7,03	7,53	7,32	6,91	7,42	7,53	7,61	7,71	7,49	7,12	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	60	25	95	62	52	65	10	95	170	140	15	38	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	136	70,8	109	99,3	125	104	109	128	291	293	122	67,1	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	20	4	20	30	20	100	100	50	200	120	70	40	
azoto Total (mg N/L)	43,7	28,4	30,5	32,1	53,1	42,1	54,5	42,1	59,9	32,1	27,4	18,5	
fósforo Total (mg P/L)	3,89	1,96	1,63	2,37	4,97	4,09	4,75	4,43	3,75	4,03	1,69	2,91	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,36	Deficiente (tendo em conta os boletins existentes)
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	
azoto Total (mg N/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	
fósforo Total (mg P/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

## ETAR 6 – ETAR de Liceia, Gatões e Seixo

Tabela 37 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 6 - Entrada													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	320	75	60	110	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	357	88,6	98,2	183	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	350	40	60	80	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	110	80	180	-	-	-	-	-	-	-	-	430	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	202	88,8	280	-	-	-	-	-	-	-	-	579	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	120	60	50	-	-	-	-	-	-	-	-	340	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	220	175	290	360	240	350	68	240	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	389	219	343	658	505	651	117	478	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	160	100	220	220	70	300	120	360	

## ETAR 7 – ETAR de Montemor-o-Velho

Tabela 38 – Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 7 – Saída													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,5	7,4	7,4	8,3	7,4	7,7	7,2	7,4	7,1	7,5	7,8	7,2	Bom
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	10	10	15	10	12	21	20	10	18	10	10	23	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	30	36	34	30	30	54	44	39	30	30	30	74	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	9	27	9	5	5	8	13	5	5	5	7	6	
azoto Total (mg N/L)	12	12	12	16	16	16	10	10	10	19	18	20	
fósforo Total (mg P/L)	3	3	3	2	2	2	1	1	1	2	2	2	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,41	7,07	7,62	7,13	7,04	7,57	7,27	7,53	6,98	7,57	8,27	7,81	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	50	45	46	21	4	25	35	20	25	8	35	18	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	155	77,5	121	30,8	15	111	45,9	58,6	54,2	31,1	53,6	75,7	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	80	40	20	20	20	100	150	20	40	4	8	50	
azoto Total (mg N/L)	53,5	40,8	31,3	27,9	20	20	27,9	12,3	15,7	18,3	18,7	15,3	
fósforo Total (mg P/L)	4,03	2,78	1,4	2,03	1,44	3,29	3,08	1,92	2,59	4,15	3,02	1,79	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,85	7,68	7,55	6,91	7,83	7,56	7,64	7,39	7,51	7,39	7,23	7,2	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	11	15	9	40	11	50	56	22	20	40	13	115	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	21,7	33,9	53,9	143	61,9	102	79,9	72,1	55	98,5	21	145	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	4	20	20	50	20	20	20	30	35	12	4	50	
azoto Total (mg N/L)	13,5	13,9	22,9	20,2	16,1	18,5	31,2	45	55,8	33,8	21	72	
fósforo Total (mg P/L)	1,53	2,59	3,01	2,73	1,77	8,46	4,33	3,51	6,1	3,55	0,8	6,9	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

## ETAR 8 – ETAR de Pereira do Campo

Tabela 39 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 8 – Saída													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,7	7,7	7,5	7,7	7,4	7,4	7,7	7,3	7,2	7,6	7,6	7,3	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	10	10	68	90	79	80	32	110	100	35	47	40	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	30	41	190	220	97	210	160	240	200	84	160	220	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	17	30	69	13	5	33	28	48	59	23	58	52	
azoto Total (mg N/L)	9	16	27	40	31	81	40	43	42	54	42	39	
fósforo Total (mg P/L)	1	2	4	4	4	4	6	7	6	5	4	6	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,43	7,03	7,03	7,43	7,35	7,43	7,15	7,62	7,31	7,77	7,19	6,89	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	240	190	240	86	230	115	70	25	120	165	40	37	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	403	203	376	287	356	271	287	69,3	231	325	117	89,8	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	80	300	50	160	150	50	150	150	100	120	60	60	
azoto Total (mg N/L)	52,9	79,9	46,2	37,3	25	55	55,9	53,7	51,9	20,2	37,2	20,1	
fósforo Total (mg P/L)	6,95	5,33	7,01	2,92	3,97	8,36	3,07	3,17	3,92	3,27	1,78	3,24	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,92	7,51	7,58	8,12	7,61	7,33	7,14	7,11	7,09	7,06	7,39	7,21	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	39	15	36	12	19	26	20	29	17	9	26	10	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	115	53,9	73,8	39,5	58,7	51,6	60,6	45,9	55	41	87	10	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	70	20	40	16	20	20	8	30	40	28	35	4	
azoto Total (mg N/L)	22,5	10,3	24,3	2,1	15,3	15,7	8	12,5	12,5	88	34	21	
fósforo Total (mg P/L)	3,72	0,87	2,38	2,53	1,51	13,4	18	2,41	2,7	3,6	17	1,07	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

## ETAR 9 – ETAR de Portela

Tabela 40 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 9 - Entrada												
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	170	-	-	15	150	75	160	300	120	85	130	27
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	293	-	-	71,2	388	178	168	436	315	194	290	23
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	200	-	-	40	400	120	80	220	100	70	60	10

Tabela 41 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 9 – Saída													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,49			7,28			6,9			7,53			Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	100			184,4			39,4			5			
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	22			100			15			77,1			
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	8			20			10			10			
azoto Total (mg N/L)	33,3			66,6			43,2			29,2			
fósforo Total (mg P/L)	2,73			8,53			1,93			1,02			
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7	7,3	7,9	7,5	7,29	7,72	7,5	7,43	7,83	7,55	7,83	7,91	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	10	13	35	50	11	3	110	140	75	100	60	80	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	19,8	28,5	47,5	74	37,7	15	154	324	186	172	172	108	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	40	20	40	100	10	20	150	100	150	60	47	20	
azoto Total (mg N/L)	67,4	20	12,7	31,3	29,1	20	25,2	70,6	76,9	21,7	21,7	23,7	
fósforo Total (mg P/L)	0,42	0,7	1,21	2,52	1	0,9	3,72	7,43	7,81	2,92	2,91	3,41	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,66	7,51	7,83	7,29	7,77	7,04	7,16	7,56	7,81	7,31	7,49	7,29	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	80	26	65	7	175	150	280	70	72	75	70	36	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	138	72,1	85,3	50,6	428	238	320	159	139	187	142	14	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	70	20	40	12	150	200	140	30	60	30	50	20	
azoto Total (mg N/L)	19,7	32,5	25,1	16,3	22,5	64,8	67,8	83,4	29,3	48	56	26	
fósforo Total (mg P/L)	1,93	3,07	2,37	1,97	2,93	11,1	15,7	3,04	3,04	5,9	5,1	3	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

## ETAR 10 – ETAR de Tentugal

Tabela 42 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à entrada da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 10 - Entrada												
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	640	-	-	-	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	280	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	400	-	760	920	430	650	-	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	591	-	1434	1223	696	1161	-	-	-	-	-	-
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	160	-	450	600	550	400	-	-	-	-	-	-
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 43 - Dados dos boletins analíticos de autocontrolo à saída da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 10 – Saída													
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,58	7,21	7,46	-	7,2	7,11	7,49	7,08	7,02	7,47	7,21	7,42	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	82	85	350	370	410	320	300	200	195	80	50	170	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	151	216	516	-	752	530	647	417	381	87,3	253	315	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	36	70	40	100	200	100	150	80	60	40	60	100	
azoto Total (mg N/L)	31,6	36,4	56,7	-	110	136	83,4	122	93,7	81,3	40,9	52,1	
fósforo Total (mg P/L)	37,2	3,37	7,05	-	22,8	12,4	9,13	7,85	7,95	5,89	3,67	3,43	
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,84	7,37	7,32	7,42	7,91	7,45	7,87	7,21	7,53	7,93	7,42	7,53	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	310	115	460	220	105	230	70	70	175	40	55	20	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	438	179	600	370	383	581	121	121	391	97,5	107	80,6	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	80	150	100	160	350	350	150	150	250	60	60	30	
azoto Total (mg N/L)	61,5	37,3	73,1	52,3	32,1	27,5	79,2	79,2	89,6	21,9	32,1	22,5	
fósforo Total (mg P/L)	4,57	4,55	6,54	2,72	3,48	3,53	3,8	3,8	4,17	3,53	2,53	3,07	
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Qualidade
pH (escala de Sörensen)	7,81	7,47	7,53	7,92	7,55	7,64	7,26	7,29	7,55	6,86	7,11	7,15	Deficiente
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	10	26	55	130	5	32	20	3	6	3	3	14	
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	18,5	51,3	72,9	251	55,8	64,7	47,8	38,7	36	34	8	30	
SST (mg/L O <sub>2</sub> )	4	40	30	100	10	20	7,26	4	30	4	4	8	
azoto Total (mg N/L)	21,9	20,5	23,7	27,2	20,9	14	25	39,4	12,7	11	22	21	
fósforo Total (mg P/L)	2,58	1,53	2,39	2,51	3,48	9,26	2,21	2,58	4	1,9	0,7	2,93	

Não conformidade (> VLE)

Incumprimento (> 2xVLE)

Anexo I.III – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitados à saída das ETAR do Município de Montemor-o-Velho

ETAR 1 – ETAR de Abrunheira, Verride e Vila Nova da Barca

Tabela 44 – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 1														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	-	-	-	-	1431	1113	526	328	1184	1082	2060	963	1085,88	±532,023
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	88,51	81,48	89,80	78,08	84,47	±5,61
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	84,21	84,21	89,29	72,22	82,48	±7,25
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	90,91	95,63	92,96	88,64	92,03	±2,98
N rejeitado (kgN/mês)	-	-	-	-	27,19	16,70	2,63	2,30	10,66	21,64	18,54	15,41	14,38	±8,77
P rejeitado (kgP/mês)	-	-	-	-	8,59	2,23	1,05	1,64	2,37	3,25	6,18	2,89	3,52	±2,56
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	1840	1405	1188	995	668	234	1360	1221	1541	2619	1423	2547	1420,08	±684,155
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	97,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,60	98,75	±1,21
Remoção de CQO (%)	94,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97,42	96,12	±1,85
Remoção de SST (%)	96,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,86	97,76	±1,55
N rejeitado (kgN/mês)	39,38	36,11	23,88	19,90	13,36	8,70	25,70	15,14	14,33	28,02	23,48	38,97	23,91	±10,28
P rejeitado (kgP/mês)	5,15	3,82	2,67	1,32	0,83	1,32	1,43	4,51	1,47	3,46	6,60	4,15	3,06	±1,84
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	3051	5432	4512	4932	3493	3321	2073	2552	2608	3359	3971	3846	3595,83	±1001,05
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	95,00	77,86	94,12	71,67	98,67	20,00	98,00	98,82	81,77	±26,99
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	92,13	85,20	97,06	45,41	97,55	45,74	93,30	91,52	80,99	±22,19
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	92,00	95,45	80,00	80,00	96,00	96,00	90,00	94,29	90,47	±6,79
N rejeitado (kgN/mês)	38,75	85,28	69,03	91,24	41,57	474,90	52,45	78,86	47,20	79,61	95,30	119,23	106,12	±118,64
P rejeitado (kgP/mês)	3,33	13,58	4,31	9,27	4,30	39,19	4,29	7,63	20,86	8,03	14,30	17,69	12,23	±10,24

## ETAR 2 - ETAR de Arazede

Tabela 45 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 2														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	3571	3811	6546	5845	5525	4878	3107	1892	3014	6137	6173	5540	4669,92	±1528,24
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	68,92	105,56	382,29	683,87	194,48	136,10	37,91	6,98	8,77	10,74	161,73	151,80	162,43	±195,48
P rejeitado (kgP/mês)	7,28	16,43	13,09	11,69	11,05	8,54	7,18	6,98	8,77	10,74	11,67	8,31	10,14	±2,84
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	7211	3406	4632	4218	3772	4702	2455	2723	3266	4469	3664	5178	4141,33	±1268,23
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	96,88	98,15	99,29	95,71	90,00	98,57	96,43	±3,40
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	94,16	96,32	98,11	83,75	61,30	97,08	88,45	±14,29
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	90,00	93,33	99,00	97,50	97,33	98,82	96,00	±3,58
N rejeitado (kgN/mês)	186,76	112,06	92,64	84,36	7,54	94,04	30,20	35,13	23,55	41,56	52,03	62,65	68,54	±49,28
P rejeitado (kgP/mês)	10,60	4,05	7,32	4,30	5,36	3,48	4,69	12,61	2,39	4,69	7,99	15,02	6,87	±3,96
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	6387	9841	6732	12010	12435	10985	8376	5699	5020	5376	7784	9491	8344,67	±2599,03
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	96,92	91,43	94,12	98,89	99,44	98,18	84,85	98,71	95,32	±5,05
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	96,24	96,25	97,06	96,91	98,51	95,35	73,68	90,24	93,03	±8,19
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	98,86	96,00	80,00	98,57	99,00	96,00	90,00	96,92	94,42	±6,51
N rejeitado (kgN/mês)	133,49	103,33	88,19	162,14	162,90	255,95	211,91	90,61	106,42	67,20	155,68	66,44	133,69	±58,58
P rejeitado (kgP/mês)	16,16	17,71	7,20	18,14	13,55	42,51	17,34	13,73	19,08	5,21	17,90	18,98	17,29	±9,14

## ETAR 3 – ETAR de Carapinheira

Tabela 46 - Valores de caudais s, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 3														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	±0
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	576,00	903,00	501,00	564,00	1071,00	621,00	627,00	1815,00	597,00	495,00	1155,00	966,00	824,25	±387,57
P rejeitado (kgP/mês)	549	85,2	104,1	129	130,2	175,2	83,4	193,5	215,4	171,9	151,2	89,4	173,13	±126,25
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	8936	8879	7545	9436	8306	9131	5473	6823	9714	10314	11952	10726	8936,25	±1755,12
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	475,40	419,09	393,09	225,52	563,15	218,23	152,70	324,09	616,84	246,50	325,09	248,84	350,71	±145,54
P rejeitado (kgP/mês)	42,36	30,28	25,95	23,68	55,73	27,12	16,91	48,10	57,41	33,83	15,78	22,20	33,28	±14,39
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	20340	18723	20087	19927	19515	14651	14491	15458	16748	21301	34925	18469	19552,9	±5364,48
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	461,72	439,99	558,42	667,55	392,25	555,27	317,35	230,32	276,34	660,33	698,50	683,35	495,12	±166,72
P rejeitado (kgP/mês)	51,26	39,13	72,11	75,32	37,27	174,35	44,78	47,77	115,56	161,89	157,16	83,11	88,31	±51,07

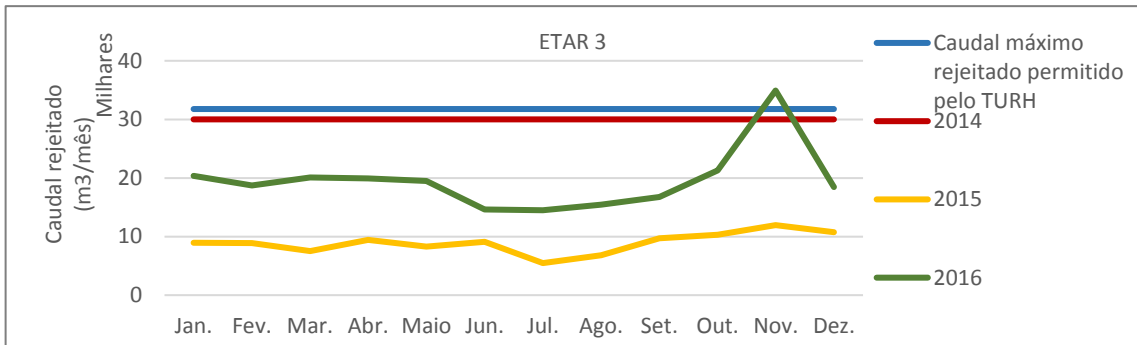


Gráfico 20 - Caudal rejeitado pela ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

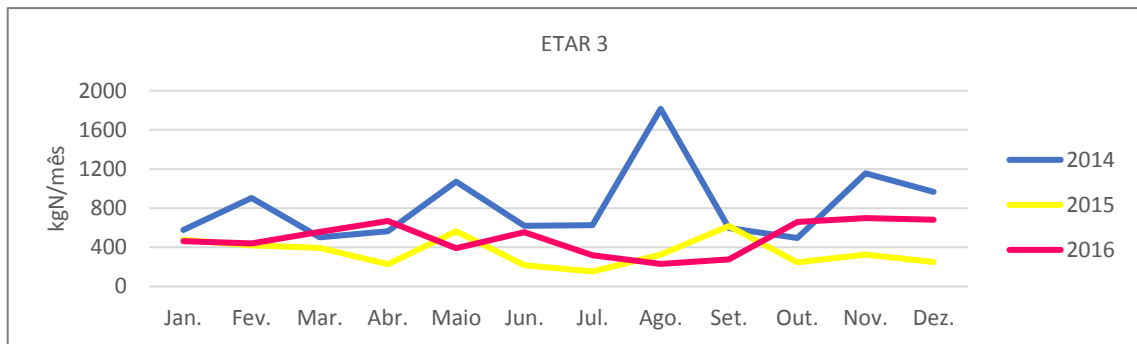


Gráfico 21 - Azoto rejeitado pela ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

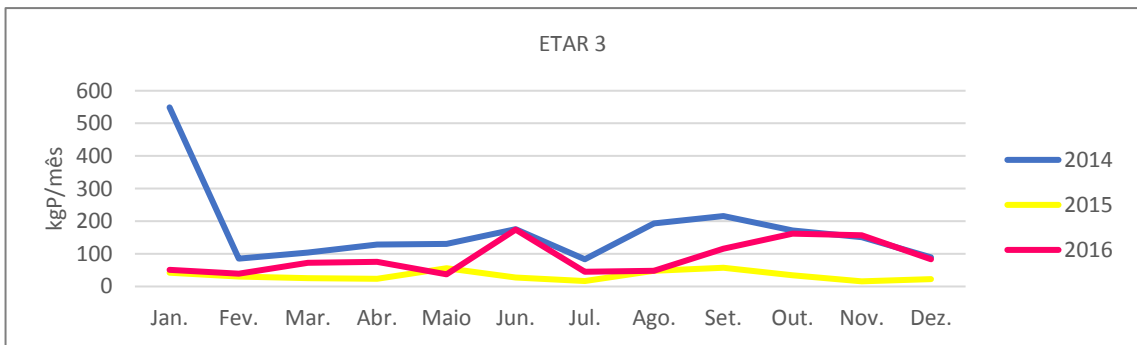


Gráfico 22 - Fósforo rejeitado pela ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

## ETAR 4 – ETAR de Ereira

Tabela 47 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 4														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	3600	3600	3600	4514	2081	1864	3389	4467	4929	8095	8427	10572	4928,17	±2691,14
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	61,20	118,80	54,00	58,68	33,30	55,92	88,11	111,68	162,66	291,42	202,25	158,58	116,38	±76,03
P rejeitado (kgP/mês)	3,60	10,80	7,20	13,54	4,16	1,86	10,17	22,34	9,86	16,19	16,85	21,14	11,48	±6,73
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	4130	2909	4301	2973	970	2276	1879	2820	3371	6534	3216	3216	3216,25	±1384,05
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	42,11	-	25,00	-	76,00	33,91	-	-	-	-	-	-	44,25	±22,29
Remoção de CQO (%)	30,92	-	29,46	-	53,41	49,78	-	-	-	-	-	-	40,89	±12,46
Remoção de SST (%)	33,33	-	66,67	-	0,00	90,00	-	-	-	-	-	-	47,50	±39,29
N rejeitado (kgN/mês)	177,18	181,81	126,88	128,43	35,11	54,40	44,53	149,18	162,15	207,78	89,73	62,07	118,27	±59,53
P rejeitado (kgP/mês)	9,62	14,46	14,24	7,52	2,25	8,90	4,68	16,67	17,77	32,21	11,93	6,72	12,25	±7,90
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	4130	2909	4301	2973	970	2276	1879	2820	3371	6534	3216	3216	3216,25	±1384,05
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	61,90	83,87	-88,89	14,81	46,67	50,00	83,33	71,00	75,00	44,19	±54,43
Remoção de CQO (%)	-	-	-	42,17	75,11	-22,08	-11,52	49,94	76,74	85,63	75,92	64,71	48,51	±39,57
Remoção de SST (%)	-	-	-	61,54	79,17	0,00	75,00	50,00	96,88	57,14	77,78	86,67	64,91	±28,45
N rejeitado (kgN/mês)	135,88	37,24	94,19	75,22	25,12	216,22	70,84	135,08	89,33	251,56	45,02	32,16	100,65	±72,47
P rejeitado (kgP/mês)	12,60	1,27	13,12	10,61	3,40	22,42	16,42	5,58	7,75	22,28	5,15	4,18	10,40	±7,15

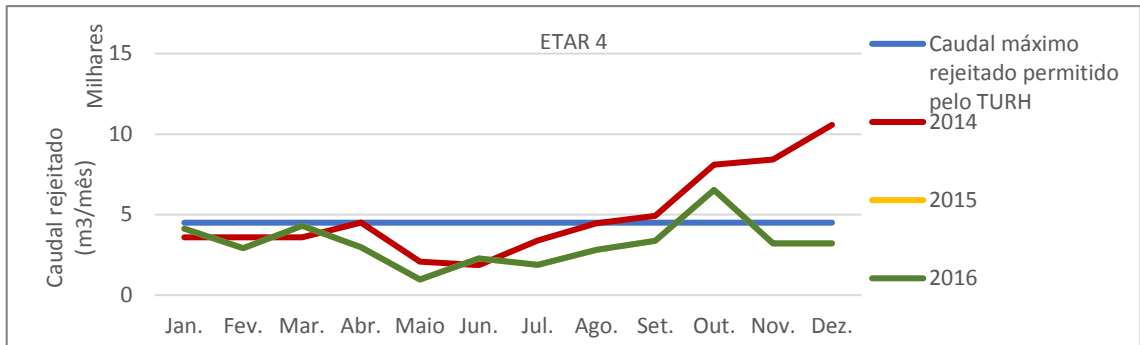


Gráfico 23 - Caudal rejeitado pela ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

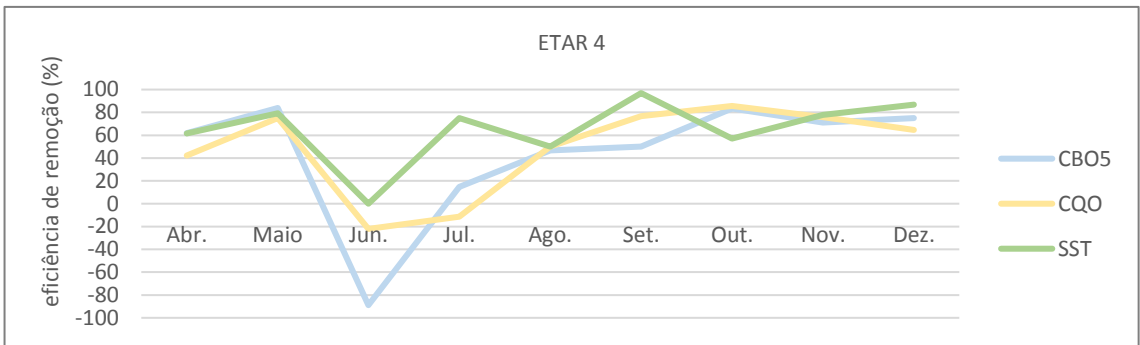


Gráfico 24 - Eficiência de remoção para CBO<sub>5</sub>, CQO e SST na ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho de abril a dezembro de 2016

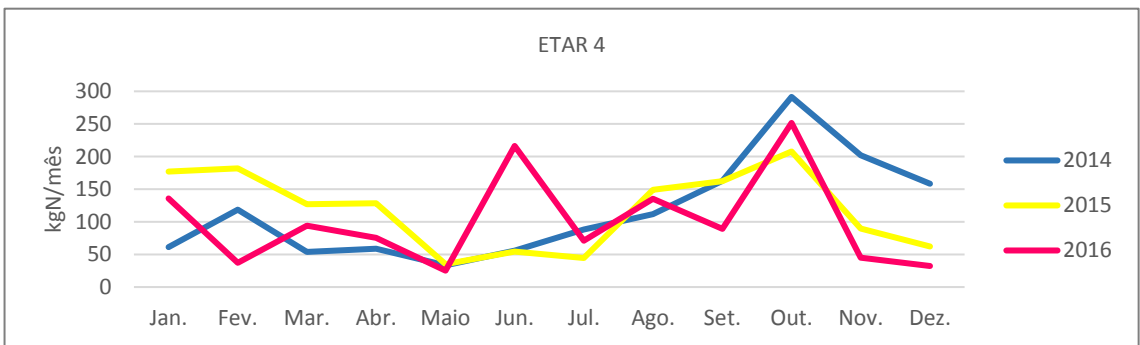


Gráfico 25 - Azoto rejeitado pela ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

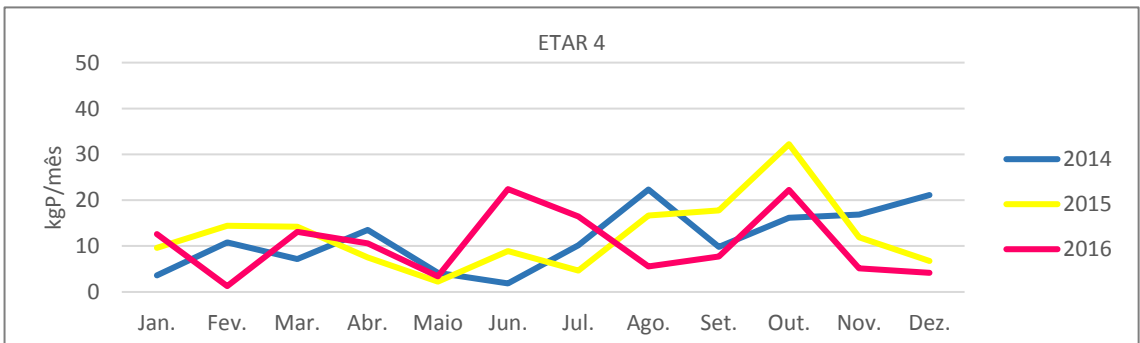


Gráfico 26 - Fósforo rejeitado pela ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

## ETAR 5 - ETAR de Formoselha e Santo Varão

Tabela 48 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 5														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	21668	11356	11118	10496	4395	3798	4815	4111	4511	5440	5090	2550	7445,67	±5420,17
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	216,68	113,56	244,60	146,94	43,95	113,94	154,08	94,55	139,84	527,68	101,80	73,95	164,30	±127,48
P rejeitado (kgP/mês)	21,67	11,36	22,24	20,99	8,79	7,596	19,26	8,22	31,58	21,76	10,18	7,65	15,94	±7,92
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	9305	7085	6164	7642	5953	6500	4053	5598	5883	3417	3871	4122	5799,42	±1739,65
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	406,63	201,21	188,00	245,31	316,10	273,65	220,89	235,68	352,39	109,69	106,07	76,26	227,66	±100,84
P rejeitado (kgP/mês)	36,20	13,89	10,05	18,11	29,59	26,59	19,25	24,80	22,06	13,77	6,54	12,00	19,40	±8,77
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	8554	7085	6164	7642	5953	6500	4053	5598	5883	3417	3871	4712	5786	1565,41
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	169,63	169,63	-
P rejeitado (kgP/mês)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,84	10,84	-

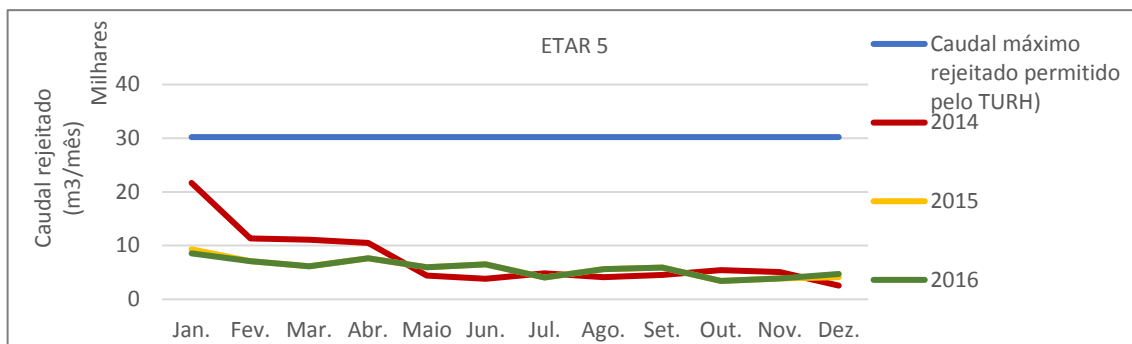


Gráfico 27 - Caudal rejeitado pela ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

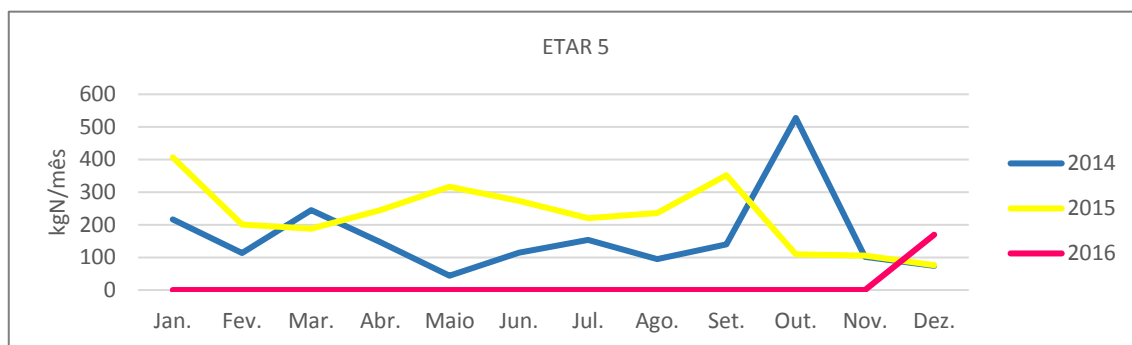


Gráfico 28 - Azoto rejeitado pela ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

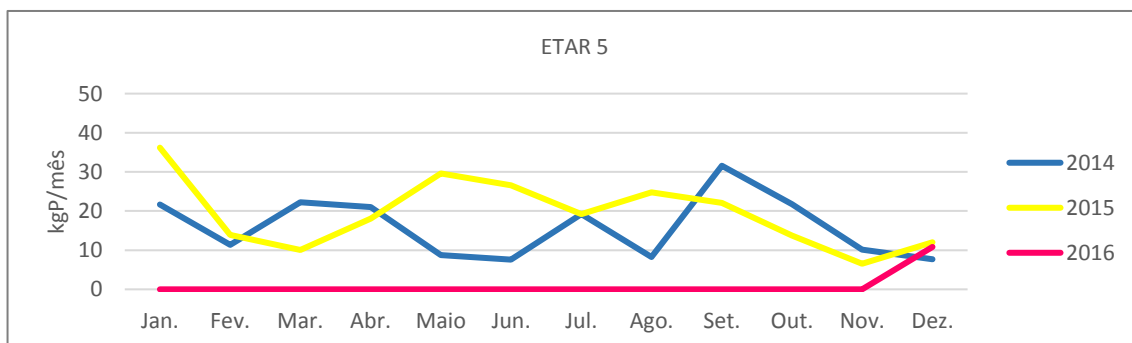


Gráfico 29 - Fósforo rejeitado pela ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 6 – ETAR de Liceia, Gatões e Seixo

Tabela 49 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 6														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	5070	3386	3749	2598	2955	3790	4699	3638	1935	3899	1853	4366	3494,83	±1011,84
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	99,69	96,00	96,67	98,18	97,63	±1,65
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	90,14	76,86	87,47	89,67	86,04	±6,23
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	97,14	75,00	83,33	87,50	85,74	±9,21
N rejeitado (kgN/mês)	84,16	100,56	249,31	163,93	67,67	165,24	158,36	110,23	81,27	283,85	59,48	166,78	140,90	±71,11
P rejeitado (kgP/mês)	70,98	6,77	7,50	5,20	9,84	7,28	27,40	23,21	9,58	17,58	7,08	10,92	16,94	±18,42
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	6846	4197	4201	2327	3322	4885	5860	4201	4187	6377	5028	6561	4832,67	±1371,84
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	96,36	97,50	97,78	-	-	-	-	-	-	-	-	98,60	97,56	±0,93
Remoção de CQO (%)	89,16	83,11	94,64	-	-	-	-	-	-	-	-	96,29	90,80	±5,96
Remoção de SST (%)	91,67	83,33	92,00	-	-	-	-	-	-	-	-	98,82	91,46	±6,34
N rejeitado (kgN/mês)	256,04	105,76	84,02	46,54	66,44	97,70	69,73	105,03	47,31	97,57	125,70	78,08	98,33	±55,15
P rejeitado (kgP/mês)	15,40	6,88	7,90	2,40	7,97	12,31	7,50	25,37	4,31	6,95	21,82	6,89	10,48	±7,02
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	5160	8467	6996	7904	7930	9482	8454	6987	7722	7056	7707	6153	7501,5	±1136,90
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	97,27	94,86	98,28	97,22	98,75	99,43	95,59	99,17	97,57	±1,66
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	91,75	90,05	96,47	81,61	96,04	97,70	91,45	95,82	92,61	±5,24
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	97,50	90,00	95,45	95,45	94,29	98,67	93,33	98,89	95,45	±2,97
N rejeitado (kgN/mês)	53,15	142,25	107,04	98,80	97,54	89,32	133,57	201,92	259,46	153,12	131,02	184,59	137,65	±56,43
P rejeitado (kgP/mês)	5,42	15,58	15,74	8,14	12,61	17,64	27,22	21,94	46,33	7,69	23,89	25,84	19,00	±11,24

## ETAR 7 - ETAR de Montemor-o-Velho

Tabela 50 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 7														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	8437	7088	2206	7026	7139	7634	9009	8535	7349	9013	6201	6096	7144,42	±1840,18
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	101,24	85,06	26,47	112,42	114,22	122,14	90,09	85,35	73,49	171,25	111,62	121,92	101,27	±34,60
P rejeitado (kgP/mês)	25,311	21,264	6,618	14,052	14,278	15,268	9,009	8,535	7,349	18,026	12,402	12,192	13,69	±5,70
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	5273	5101	5733	5100	4422	5678	7158	8814	7525	9375	7755	9506	6786,67	±1802,36
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	282,11	208,12	179,44	142,29	88,44	113,56	199,71	108,41	118,14	171,56	145,02	145,44	158,52	±53,71
P rejeitado (kgP/mês)	21,25	14,18	8,03	10,35	6,37	18,68	22,05	16,92	19,49	38,91	23,42	17,02	18,05	±8,56
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	18008	17292	9021	21845	17558	12389	11595	8596	12564	10638	17687	14965	14346,5	±4155,25
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	243,11	240,36	206,58	441,27	282,68	229,20	361,76	386,82	701,07	359,56	371,43	1077,48	408,44	±249,55
P rejeitado (kgP/mês)	27,55	44,79	27,15	59,64	31,08	104,81	50,21	30,17	76,64	37,76	14,15	103,26	50,60	±29,97

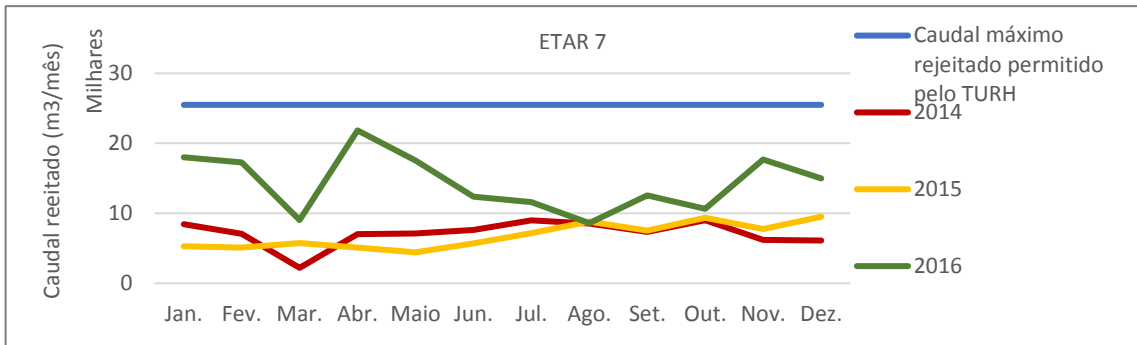


Gráfico 30 - Caudal rejeitado pela ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

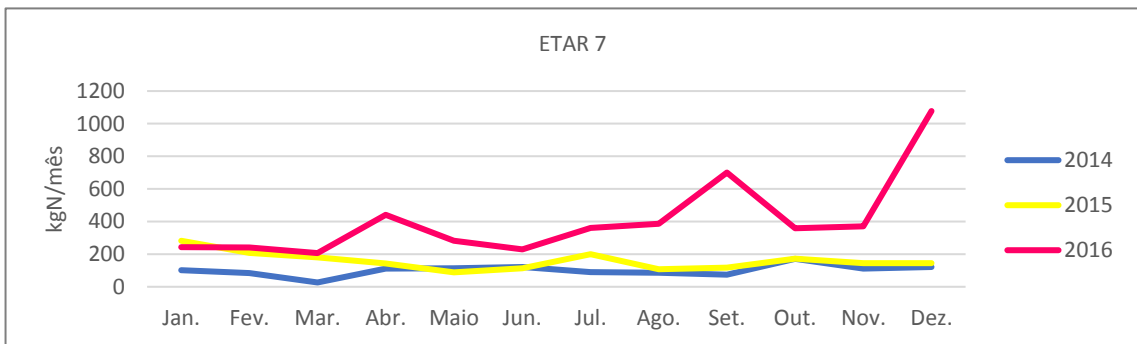


Gráfico 31 - Azoto rejeitado pela ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

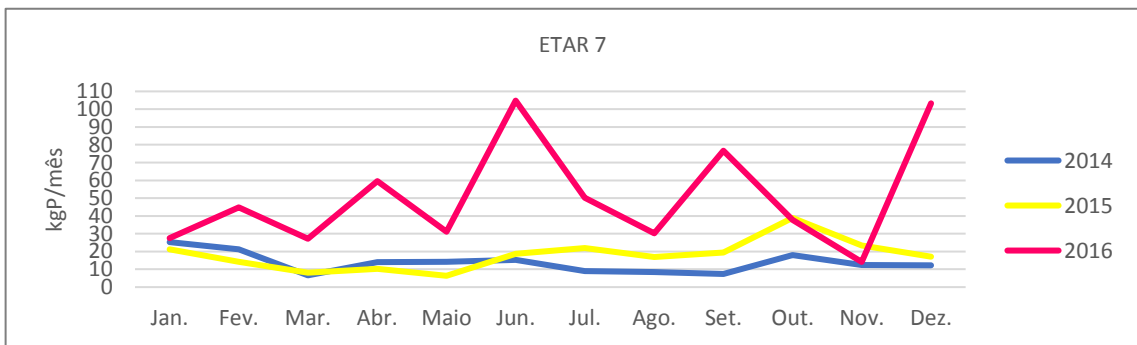


Gráfico 32 - Fósforo rejeitado pela ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

## ETAR 8 – ETAR de Pereira do Campo

Tabela 51 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 8														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	6958	5567	7010	5881	1513	14694	9945	11142	24149	43934	65134	26075	18500,2	±18908,9
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	62,62	89,07	189,27	235,24	46,90	1190,21	397,80	479,11	1014,26	2372,44	2735,63	1016,93	819,12	±906,19
P rejeitado (kgP/mês)	6,96	11,13	28,04	23,52	6,05	58,78	59,67	77,994	144,894	219,67	260,536	156,45	87,81	±87,24
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	39031	27283	40756	48517	17833	610	26230	17005	16570	43401	21728	29226	27349,2	±13774,3
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	2064,74	2179,91	1882,93	1809,68	445,83	33,55	1466,26	913,17	859,98	876,70	808,28	587,44	1160,71	±697,98
P rejeitado (kgP/mês)	271,27	145,42	285,70	141,67	70,80	5,10	80,53	53,91	64,95	141,92	38,68	94,69	116,22	±87,18
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	33465	25073	34922	48517	17833	23684	26203	17005	16570	43401	21728	28902	28108,6	±10274,7
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	752,96	258,25	848,60	101,89	272,84	371,84	209,62	212,56	207,13	3819,29	738,75	606,94	700,06	±1014,85
P rejeitado (kgP/mês)	124,49	21,81	83,11	122,75	26,93	317,37	471,65	40,98	44,74	156,24	369,38	30,93	150,86	±152,02

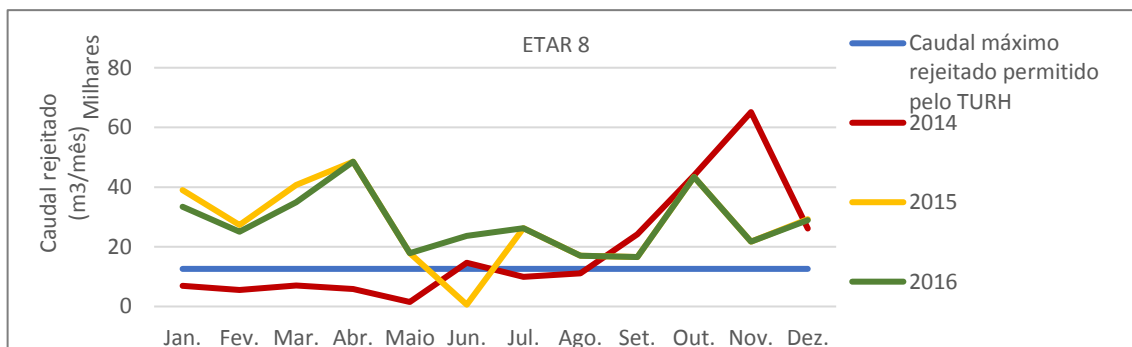


Gráfico 33 - Caudal rejeitado pela ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

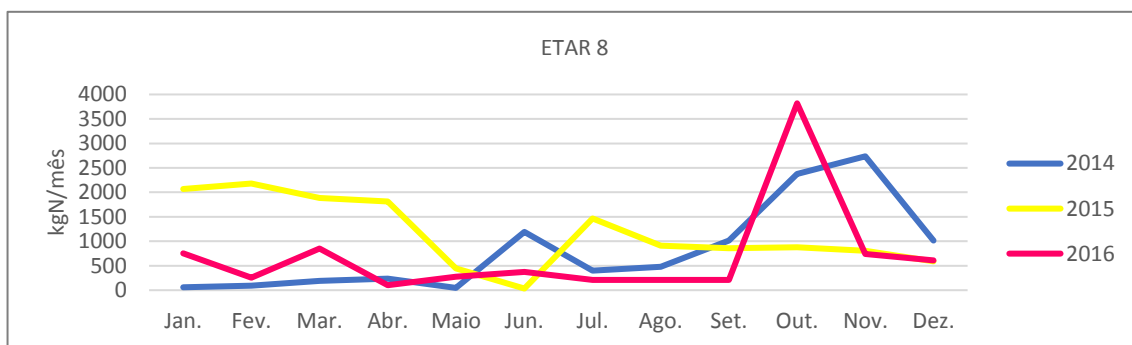


Gráfico 34 - Azoto rejeitado pela ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

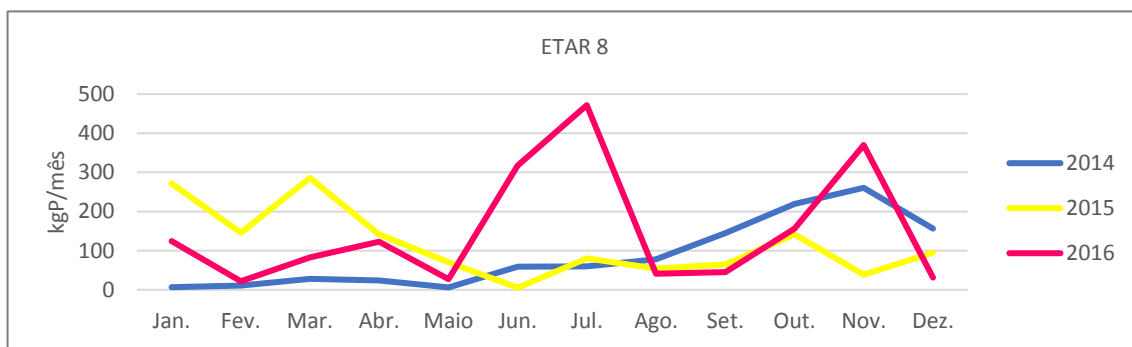


Gráfico 35 - Fósforo rejeitado pela ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

## ETAR 9 – ETAR de Portela

Tabela 52 - Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 9														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m³/mês)	1976	6135	1092	2173	1150	844,9	802	2369	3025	4572,2	7121	5657	3076,43	±2234,89
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	65,80			144,72			34,65			133,51			94,67	±53,07
P rejeitado (kgP/mês)	5,39			18,54			1,55			4,66			7,54	±7,52
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m³/mês)	7750	5886	3196	3319	3164	3243	785	1025	1301	900	1209	962	2728,33	±2209,41
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	522,35	117,72	40,59	103,88	92,07	64,86	19,78	72,37	100,05	19,53	26,24	22,80	100,19	±137,71
P rejeitado (kgP/mês)	3,26	4,12	3,87	8,36	3,16	2,92	2,92	7,62	10,16	2,63	3,52	3,28	4,65	±2,54
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m³/mês)	4857	5785	3332	3327	3112	1675	1318	1795	1452	1616	1621	1168	2588,17	±1507,72
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	52,94	-	-	53,33	-16,67	-100,00	-75,00	76,67	40,00	11,76	46,15	-33,33	5,59	±59,72
Remoção de CQO (%)	52,90	-	-	28,93	-10,31	-33,71	-90,48	63,53	55,87	3,61	51,03	39,13	16,05	±49,21
Remoção de SST (%)	65,00	-	-	70,00	62,50	-66,67	-75,00	86,36	40,00	57,14	16,67	-100,00	15,60	±69,34
N rejeitado (kgN/mês)	95,68	188,01	83,63	54,23	70,02	108,54	89,36	149,70	42,54	77,57	90,78	30,37	90,04	±43,93
P rejeitado (kgP/mês)	9,37	17,76	7,90	6,55	9,12	18,59	20,69	5,46	4,41	9,53	8,27	3,50	10,10	±5,74

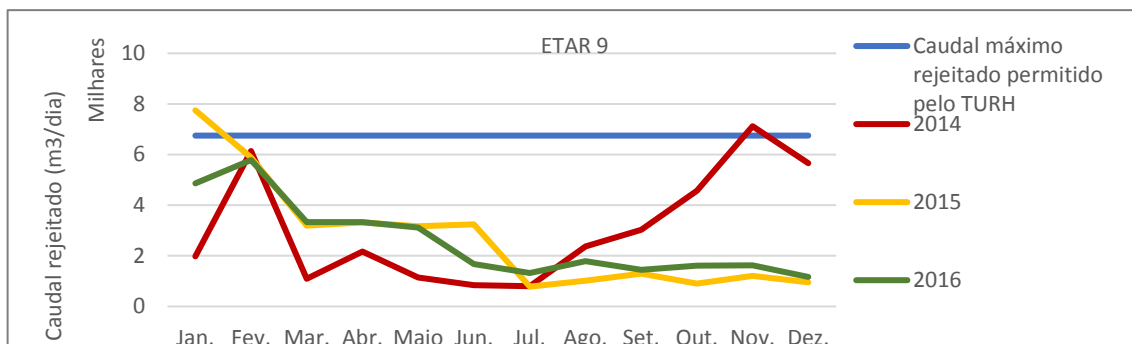


Gráfico 36 - Caudal rejeitado pela ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

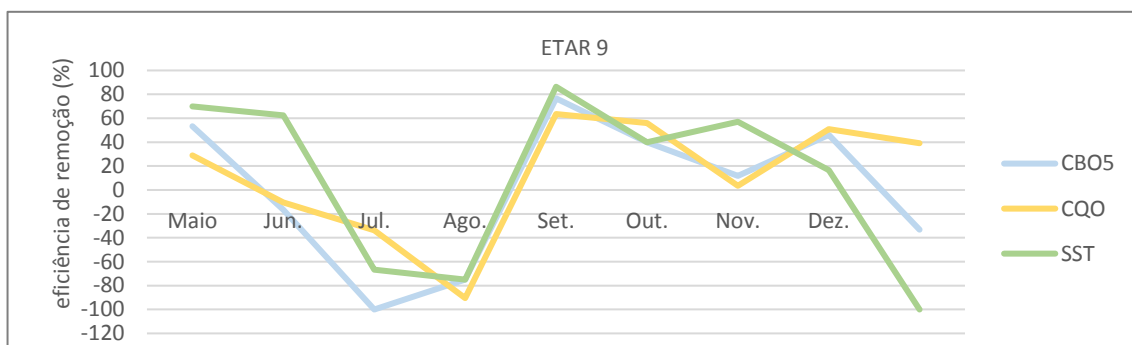


Gráfico 37 - Eficiência de remoção para CBO<sub>5</sub>, CQO e SST na ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho de abril a dezembro de 2016

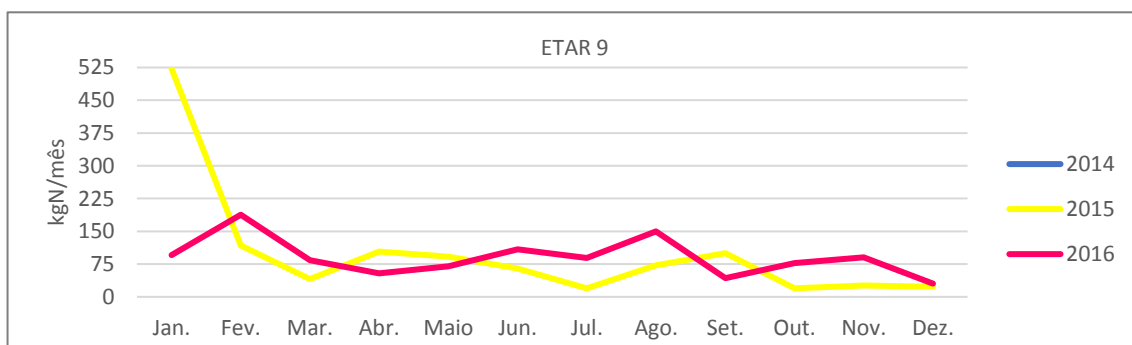


Gráfico 38 - Azoto rejeitado pela ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

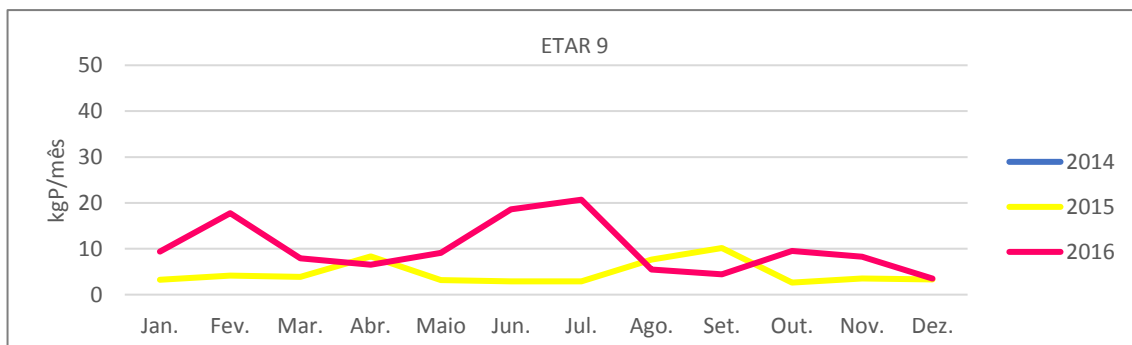


Gráfico 39 - Fósforo rejeitado pela ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

## ETAR 10 – ETAR de Tentúgal

Tabela 53 – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

ETAR 10														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	4217	5260	2624	4366	3175	4274	4120	3117	3364	5511	6441	5417	4323,83	±1152,36
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	133,26	191,46	148,78	0,00	349,25	581,26	343,61	380,27	315,21	448,04	263,44	282,23	286,40	±154,89
P rejeitado (kgP/mês)	156,87	17,73	18,50	0,00	72,39	53,00	37,62	24,47	26,74	32,46	23,64	18,58	40,17	±41,17
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	4217	5260	2624	4366	3175	1834	5875	3696	4145	7501	9366	4733	4732,67	±2084,79
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	22,50	-	39,47	76,09	75,58	64,62	-	-	-	-	-	-	55,65	±23,75
Remoção de CQO (%)	25,89	-	58,16	69,75	44,97	49,96	-	-	-	-	-	-	49,74	±16,30
Remoção de SST (%)	50,00	-	77,78	73,33	36,36	12,50	-	-	-	-	-	-	49,99	±26,96
N rejeitado (kgN/mês)	259,35	196,20	191,81	228,34	101,92	50,44	465,30	292,72	371,39	164,27	300,65	106,49	227,41	±119,05
P rejeitado (kgP/mês)	19,27	23,93	17,16	11,88	11,05	6,47	22,33	14,04	17,28	26,48	23,70	14,53	17,34	±6,05
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m <sup>3</sup> /mês)	4465	4465	4782	4162	4450	2214	2604	2954	2481	4008	6587	6487	4138,25	±1428,96
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	97,78	91,53	113,33	113,21	93,01	31,00	65,10	116,39	31,51	44,09	144,91	136,23	89,84	±38,89
P rejeitado (kgP/mês)	11,52	6,83	11,43	10,45	15,49	20,50	5,75	7,62	9,92	7,62	4,61	19,01	10,90	±5,09

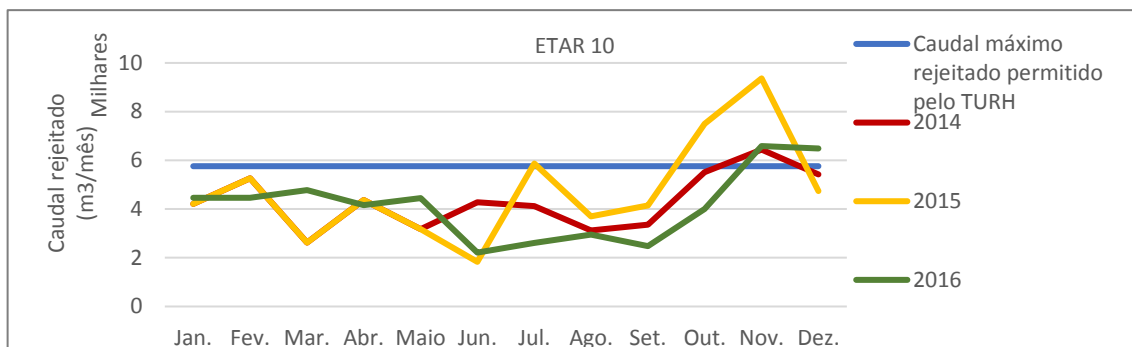


Gráfico 40 - Caudal rejeitado pela ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

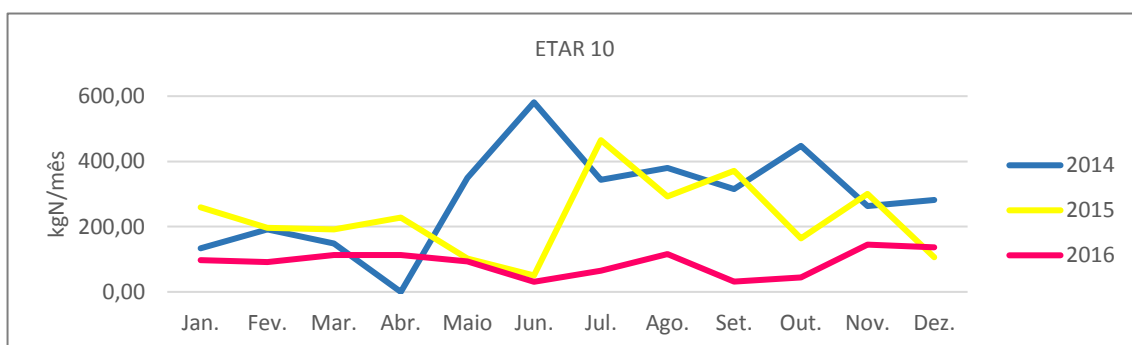


Gráfico 41 - Azoto rejeitado pela ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

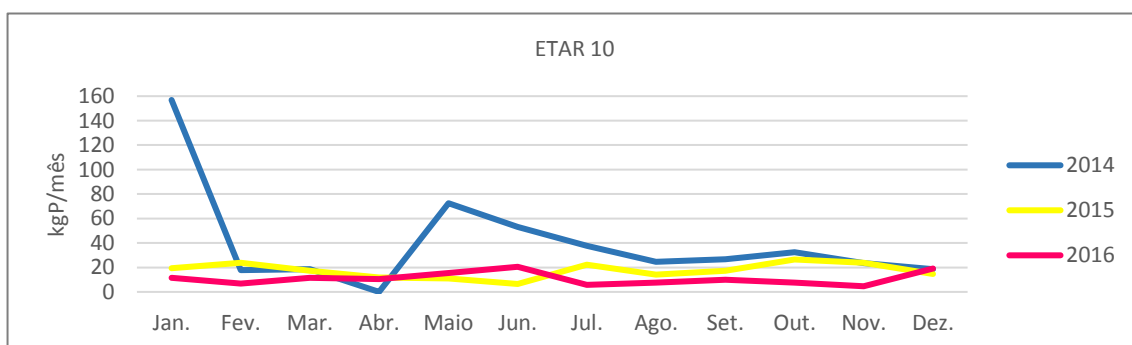


Gráfico 42 - Fósforo rejeitado pela ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho entre 2014 e 2016

**Anexo II – Dados recolhidos da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão**

## Anexo II.I - Características da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão

Tabela 54 - Características da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão

<b>Legenda</b>	ETAR Norte de Leiria
<b>Designação</b>	ETAR Norte de Leiria
<b>Nº Processo</b>	450.10.04.01.009193.2014.RH4
<b>Distrito</b>	Leiria
<b>Concelho</b>	Monte Real
<b>Freguesia</b>	Coimbrões
<b>Entidade Gestora</b>	Águas do Centro e Litoral
<b>Ano 0</b>	2008
<b>E.p no Ano 0</b>	125772
<b>Ano Horizonte</b>	2024
<b>E.p no Ano Horizonte</b>	156701
<b>Caudal (m3/dia)</b>	37997
<b>Tipo de Tratamento</b>	Lamas Ativadas de média Carga
<b>Nível de Tratamento</b>	Mais avançado que secundário
<b>Meio Recetor</b>	Rio Lis
<b>Longitude</b>	-8,91794
<b>Latitude</b>	39,88463
<b>Bacia Hidrográfica</b>	Lis
<b>Classificação</b>	Normal
<b>Alvará</b>	L015354.2014.RH4 - T1
<b>Data de Emissão</b>	01-12-2014
<b>Validade</b>	31-12-2019
<b>Situação do Processo</b>	Licença em vigor
<b>Qualidade do Tratamento 2014</b>	Bom
<b>Qualidade do Tratamento 2015</b>	Bom
<b>Qualidade do Tratamento 2016</b>	Razoável

Anexo II.II – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitados à saída da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão

Tabela 55 – Valores de caudais, eficiências de remoção e quantidades de N e P rejeitado pela ETAR Norte de Leiria/Coimbrão entre 2014 e 2016

ETAR Norte de Leiria/Coimbrão														
2014	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m³/mês)	1367491	1208721	846313	916720	711387	588801	564202	517260	587630	679533	938963	799217	810520	±264655
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	50597,17	36261,63	23696,76	17417,68	35569,35	13542,42	14669,25	20173,14	30556,76	14949,73	11737,04	-	24470,08	±12324,54
P rejeitado (kgP/mês)	1367	1209	5078	917	2917	589	677	2535	1116	815	1361	-	1689,21	±1344,24
2015	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m³/mês)	858818	747016	627027	660707	553168	508649	511996	500734	512470	593278	602955	553800	602552	±109097
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15676,83	18829,20	17253,02	±2229,06
P rejeitado (kgP/mês)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2230,93	1218,36	1724,65	±716,00
2016	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Média	Desvio Padrão
Caudal rejeitado (m³/mês)	945728	1065390	989946	954456	953656	639083	519758	552836	552635	556502	643479	469689	736930	±223014
Remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de CQO (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoção de SST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N rejeitado (kgN/mês)	18347,12	3409,25	17175,56	20854,86	-	20770,20	8576,01	7739,70	15197,46	10323,11	13191,32	16439,12	13820,34	±5690,19
P rejeitado (kgP/mês)	2061,69	106,54	1811,60	1589,17	-	367,47	2520,83	1686,15	1906,59	2281,66	1994,78	2583,29	1719,07	±799,27

**Anexo III – Imagens recolhidas ao longo das visitas técnicas às ETAR do Município de Montemor-o-Velho e à ETAR Norte de Leiria/Coimbrão**

*Anexo III.I - Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 1 - ETAR de Abrunheira, Verride e Vila Nova da Barca*



*Figura 13 – Reator SBR da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 14 – Obra de entrada da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 15 – Interior do reator SBR da ETAR 1 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 2 - ETAR de Arazede*



*Figura 16 - Envolvente da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 17 - Grelha no sistema de gradagem da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 18 - Sistema de desidratação de lamas da ETAR 2 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 3 - ETAR de Carapinheira*



*Figura 19 - Obra de entrada da ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 20 - Areador mecânico da ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 21 – Lagoa da ETAR 3 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 4 - ETAR de Ereira*



*Figura 22 - Envolvente da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 23 - Lagoa da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 24 - Obra de entrada com gradagem da ETAR 4 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 5 - ETAR de Formoselha e Santo Varão*



*Figura 25 - ETAR 5 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 6 - ETAR de Liceia, Gatões e Seixo*



*Figura 26 - ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 27 - Obra de entrada da ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 28 - Interior do reator SBR da ETAR 6 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 7 – ETAR de Montemor-o-Velho*



*Figura 29 - ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 30 - Interior do reator da ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 31 - Local de descarga da ETAR 7 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 8 - ETAR de Pereira do Campo*



*Figura 32 - Obra de entrada da ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 33 - Leitos de secagem e envolvente da ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 34 - Interior do reator da ETAR 8 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 9 - ETAR de Portela*



*Figura 35 - ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 36 - Reatores compactos da ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 37 - Caixa de gradados da ETAR 9 do Município de Montemor-o-Velho*

*ETAR 10 - ETAR de Tentúgal*



*Figura 38 - Sistema de gradagem da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 39 - Reator da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho*



*Figura 40 - Interior do reator da ETAR 10 do Município de Montemor-o-Velho*

*Anexo III.II - ETAR Norte de Leiria/Coimbrão*



*Figura 41 - Parafuso de Arquimedes na obra de entrada da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão*



*Figura 42 - Decantador primário da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão*



*Figura 43 - Reator de lamas da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão*



*Figura 44 - Decantador secundário da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão*



*Figura 45 - Sistema de desinfecção UV da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão*



*Figura 46 - Armazém de lamas secas da ETAR Norte de Leiria/Coimbrão*