Implementação do GERE nos subsistemas de saneamento de Água Longa, Penices, Esposende e Marinhas

Pedro Henrique Dias Arrojado

Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade de Água

Biologia

2022

Orientador
Professora Doutora Maria da Natividade Ribeiro Vieira, FCUP
Supervisora
Doutora Bárbara Cachada Cardoso, Águas do Norte


U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Declaração de Honra

Eu, Pedro Henrique Dias Arrojado, inscrito no Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade de Água da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto declaro, nos termos do disposto na alínea a) do artigo 14.º do Código Ético de Conduta Académica da U.Porto, que o conteúdo do presente relatório de estágio reflete as perspetivas, o trabalho de investigação e as minhas interpretações no momento da sua entrega.

Ao entregar este relatório de estágio, declaro, ainda, que o mesmo é resultado do meu próprio trabalho de investigação e contém contributos que não foram utilizados previamente noutros trabalhos apresentados a esta ou outra instituição.

Mais declaro que todas as referências a outros autores respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, encontrando-se devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção de referências bibliográficas. Não são divulgados no presente relatório de estágio quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor.

Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Venade, 1 de setembro de 2022

Pedro Henrique Dias Arrojado

Agradecimentos

Durante a realização deste estágio contei com a preciosa a ajuda de muitas pessoas, sem as quais este não se teria realizado.

Primeiramente, agradeço à minha orientadora da FCUP, professora Maria da Natividade Ribeiro Vieira e supervisora de estágio por parte da empresa Águas do Norte S.A, doutora Bárbara Cachada Cardoso por toda disponibilidade para me orientar durante este estágio, por me ajudarem com todos os problemas e duvidas que tive e pela simpatia que sempre demostraram. Agradeço também à responsável de exploração Engenheira Cristina Gonçalves por todo o apoio e auxílio prestado sempre que necessário.

Agradeço à empresa Água do Norte S.A, pela oportunidade de realizar este estágio e por me proporcionarem todas as condições necessárias.

Um agradecimento para os operadores das ETAR em que trabalhei, por serem sempre muito compreensivos e por me terem acolhido muito bem.

Agradecimentos para os meus pais e restante família por todo o apoio e suporte que me deram ao longo deste estágio.

Um agradecimento muito especial para a minha namorada por sempre estar ao meu lado e ter sido um grande suporte.

Por fim, um agradecimento para os meus amigos pelo companheirismo e gargalhadas que partilhamos

Um muito obrigado a todos

Resumo

O tratamento das águas residuais é uma das principais medidas para combater os problemas ambientais causados pelas várias atividades humanas que resultam na poluição de corpos aquáticos. Muitas destas atividades resultam em contaminações das águas com químicos, matéria orgânica, sólidos, entre outros poluentes.

É com o objetivo de aumentar a eficácia dos tratamentos das estações de tratamento de águas residuais(ETARS), que a empresa Águas do Norte S.A. decidiu implementar uma nova plataforma de gestão que apresenta várias vantagens em relação à usada previamente, nomeadamente a possibilidade de implementar registos automáticos, o que irá diminuir a carga de trabalho dos operadores, o armazenamento de toda a informação operacional no mesmo *software*, facilitando o acesso e consulta e o elevado índice de cibersegurança que a nova plataforma GERE apresenta.

O objetivo deste estágio é contribuir para a implementação da plataforma GERE nos subsistemas de saneamento de Penices, Água Longa, Esposende e Marinhas.

A ETAR de Penices localiza-se na freguesia de Gondifelos, no concelho de Vila Nova de Famalicão e a Etar de Água Longa localiza-se na freguesia de Água Longa, no concelho de Santo Tirso; ambas as ETAR utilizam um método de tratamento biológico por lamas ativadas em arejamento prolongado em canais de oxidação.

A ETAR de Esposende localiza-se na freguesia de Gandra no concelho de Esposende e a ETAR de Marinhas localiza-se na freguesia de Marinhas, concelho de Esposende; ambas as ETAR utilizam um método de tratamento biológico por lamas ativadas em arejamento prolongado em reatores do tipo *Sequecing Batch Rector* (SBR).

Durante o processo de implementação da plataforma procedeu-se à verificação no terreno de todos os equipamentos presentes nas infraestruturas, de forma a que as árvores de infraestruturas do GERE correspondessem à realidade. Uma vez concluído este passo, parametrizaram-se as variáveis e as tarefas e por fim procedeu-se ao planeamento das mesmas definindo a periocidade de cada uma, para o correto funcionamento das infraestruturas.

Após a entrada em funcionamento da plataforma, foram-se realizando ajustes, correções e adicionando sugestões dos operadores de forma a tornar mais prática e simples a utilização desta plataforma no dia a dia operacional.

Palavras-chave: Tratamento de águas residuais, Águas do Norte S.A., ETAR, gestão, planeamento, GERE

Abstract

Wastewater treatment is one of the main measures to combat the environmental problems caused by the various human activities that result in the pollution of water bodies. Many of these activities result in water contamination with chemicals, organic matter, solids, among other pollutants.

It is with the aim of increasing the effectiveness of the treatments of its wastewater treatment plants that Águas do Norte S.A. decided to implement a new management platform that has several advantages compared to the one used previously, namely the possibility of implementing automatic registrations, which will reduce the operators' workload, the storage of all operational information in the same software, facilitating access and consultation and the high level of cybersecurity that the new GERE platform presents.

The objective of this internship is to contribute in the implementation of the GERE platform in the sanitation subsystems of Penices, Água Longa, Esposende and Marinhas.

The Penices WWTP is located in the parish of Gondifelos, in the municipality of Vila Nova de Famalicão and the Água Longa WWTP is located in the parish of Água Longa, in the municipality of Santo Tirso; both WWTPs use a biological treatment method using activated sludge in prolonged aeration in oxidation channels.

The Esposende WWTP is located in the parish of Gandra in the municipality of Esposende and the WWTP of Marinhas is located in the parish of Marinhas, in the municipality of Esposende; both WWTPs use a biological treatment method using activated sludge in prolonged aeration in Sequecing Batch Rector (SBR) type reactors.

During the platform implementation process, all equipment present in the infrastructures was verified on the field, so that the GERE infrastructure trees corresponded to reality. Once this step was completed, the variables and tasks were parameterized and finally they were planned, defining the periodicity of each one, for the correct functioning of the infrastructures.

After the platform went into operation, adjustments, corrections and suggestions from operators were made in order to make the use of this platform in daily operational practice more practical and simpler.

Keywords: Wastewater treatment, Águas do Norte S.A., WWTP, management, planning, GERE

Índice

1.Introdução……..…….……1
1.1. Estrutura do relatório……1
1.2. Introdução teórica ao tema ……..……..…1
1.3. Enquadramento…….……2
1.4. Objetivos…….……3
1.5. Empresa – Grupo Águas de Portugal…….……3
1.5.1. Águas do Norte, S.A…….……..6
2. Tratamento de águas residuais…….……..9
2.1 Águas residuais…….……9
2.2. História do tratamento de águas residuais……...……..11
2.3. Tratamento de Águas Residuais……..……...…12
2.3.1. Fase líquida……...……..……12
2.3.1.1 Tratamento preliminar……...……..……13
2.3.1.2 Tratamento primário……14
2.3.1.3 Tratamento secundário……..……...……..…15
2.3.1.4 Tratamento terciário……16
2.3.2 Fase sólida……16
3. Caracterização das ETAR……...18
3.1 ETAR de Penices e Água Longa……...…….……..18
3.1.1 Procedimentos……19
3.1.1.1 Fase Líquida……...……19
3.1.1.1.1 Elevação inicial e gradagem……..19
3.1.1.1.2 Tratamento preliminar……19
3.1.1.1.3 Distribuição de caudais……...…...……21
3.1.1.1.4 Tratamento secundário……..……22
3.1.1.2 Fase sólida……..……24
3.2 ETAR de Esposende e Marinhas……..……..……27
3.2.1 Procedimentos……..……..……..28
3.2.1.1 Fase líquida……...……28

3.2.1.1.1 Tratamento preliminar……..…….28
3.2.1.1.2 Equalização……..……..30
3.2.1.1.3 Tratamento secundário…….……...31
3.2.1.1.4 Tratamento terciário……..……...…….34
3.2.1.2 Fase sólida…….……34
3.2.1.3 Desodorização……..35
3.3 Parâmetros analíticos……..……...35
3.4 Parâmetros Processuais…….……..38
3.5 Legislação…….……..41
4. Plataforma GERE…….……45
4.1 Enquadramento…….……45
4.2 Utilização da plataforma…….……..46
4.3 Plataformas Navia e Gere – semelhanças e diferenças…….……47
5. Implementação do GERE……..……49
5.1. Implementação do GERE – Penices e Água Longa……..……49
5.1.1. Verificação dos equipamentos e árvore de infraestruturas……..……49
5.1.1.1. Equipamentos mecânicos e medidores de caudal…….……53
5.1.1.2. Variáveis de energia…….……..55
5.1.1.3. Reagentes……..……56
5.1.1.4. Equipamentos de emergência e caixas de primeiros socorros……58
5.1.2. Parametrização das tarefas……..…60
5.1.3. Planeamento das tarefas…….……63
5.1.4. Ajustes e adaptação……..……..66
5.2. Implementação do GERE – Esposende e Marinhas……..……..66
5.2.1. Ajustes e adaptação……..……..67
6. Conclusão……..……68
Bibliografia……..……70
Anexo A. Revisão das árvores de infraestruturas……..…74
Anexo B. Controlo operacional dos subsistemas de Penices e Água Longa…….75
Anexo B.1. Controlo operacional das ETARs de Penices e Água Longa……..75

Anexo B.2. Controlo operacional das estações elevatórias de Penices e Água Longa……..76

Anexo C. Controlo operacional dos subsistemas de Esposende e Marinhas……..78

Anexo C.1. Controlo operacional das ETAR de Esposende e Marinhas…….78

Anexo C.2. Controlo operacional das estações elevatórias de Esposende e Marinhas……79

Índice de figuras

Figura 1-1 - Quadro Estratégico de Compromisso do Grupo AdP……..4

Figura 1-2 – Empresas pertencentes ao Grupo Águas de Portugal……....5

Figura 1-3 – Municípios abrangidos pela empresa Águas do Norte, S.A.……...7

Figura 1-4 – Estratégia apresentada pela empresa Águas do Norte, S.A……..…8

Figura 2-1 - Ponte raspadora do tanque de desarenamento/desengorduramento…….14

Figura 3-1 - ETAR de Penices……..……..18

Figura 3-2 - ETAR de Água Longa……..18

Figura 3-3 – Entrada das águas residuais no edifício de pré-tratamento…….…….20

Figura 3-4 – Concentrador de gorduras…….21

Figura 3-5 – Distribuidor de caudal…….21

Figura 3-6 – Depósito de oxigénio líquido da ETAR de Penices…….……...22

Figura 3-7 – Esquema representativo do funcionamento automático dos canais de arejamento……..……...23

Figura 3-8 – Decantador secundário……..24

Figura 3-9 – Espessador de tambor……...……25

Figura 3-10 – Centrifuga de alto rendimento…….25

Figura 3-11 – Silo de armazenamento de lamas desidratadas……..26

Figura 3-12 – ETAR de Esposende……..…….27

Figura 3-13 – ETAR de Marinhas……...……27

Figura 3-14 – Classificador de areias……..……...29

Figura 3-15 – Esquematização de uma unidade compacta (adaptado de Chã, 2021)…30

Figura 3-16 – Tanque de Equalização…….……..31

Figura 3-17 – Tanque SBR…….…….32

Figura 3-18 – Decantador de um SBR…….33

Figura 3-19 – Unidade de microtamisação e desinfeção por UV……..……34

Figura 3-20 – Espessador gravítico…….……..35

Figura 3-21 – Medidores de caudal……..……...40

Figura 3-22 – Analisador portátil…….……41

Figura 4-1 - Esquematização da utilização da plataforma GERE……..……46

Figura 5-1 – Parte da Árvore da ETAR de Penices e os seus nós……..50

Figura 5-2 – Unidades agregadoras e unidades standard do Tratamento Secundário da árvore da ETAR de Água Longa……..……51

Figura 5-3 – Unidades standard pertencentes à unidade agregadora Monitorização…52

Figura 5-4 – Variáveis associadas ao equipamento Bomba Submersível 1 Poço de Gorduras da ETAR de Penices e opção de desbloquear uma variável de interesse..…..52

Figura 5-5 – SCADA da ETAR de Penices……...….53

Figura 5-6 – Variáveis associadas ao medidor de caudal da elevatória da ETAR de Água Longa……..……54

Figura 5-7 - Interface de parametrização de importação dos valores para a variável “horas de funcionamento” para o equipamento Bomba Submersível 1 Poço de Gorduras da ETAR de Penices…….55

Figura 5-8 – Reagentes registados na ETAR de Penices……..…….57

Figura 5-9 – Reagentes registados na ETAR de Água Longa.……57

Figura 5-10 – Interface da criação de depósitos de reagentes……...…57

Figura 5-11 – Variável Stock de Regentes ……..58

Figura 5-12 – Boia, vara e corda de salvamento do edifício obra-entrada da ETAR de Penices……...……59

Figura 5-13 – Extintores existentes na ETAR de Penices ……..59

Figura 5-14 - Componentes de uma caixa de primeiros socorros da ETAR de Água Longa.…….60

Figura 5-15 – Interface de tarefas associadas à ETAR de Penices……..……61

Figura 5-16 – Interface de parametrização de um modelo de tarefa……61

Figura 5-17 – Equipas virtuais……..…..62

Figura 5-18 – Interface de parametrização de variáveis ……63

Figura 5-19 – Interface de planeamento de tarefas……..……64

Figura 5-20 – Seleção de data e hora de início de uma tarefa……..……...64

Figura 5-21 – Seleção da equipa que vai executar a tarefa……..……..64

Figura 5-22 – Interface de planeamento da periocidade de uma tarefa……...….65

Figura A-1- Documento de registos utilizado para auxiliar a revisão das árvores de infraestruturas ……...……74

Índice de tabelas

Tabela 2-1 - Tipos de águas residuais (adaptado de Henze & Comeaum 2008)……9

Tabela 2-2 - Principais constituintes de águas residuais (Adaptado de Henze & Comeaum 2008)……..…….10

Tabela 3-1 - Parâmetros de controlo e seus limites determinados diariamente pelos operadores ……..……..42

Tabela 3-2 - Parâmetros de controlo e seus limites determinados semanalmente em laboratório……..……42

Tabela 3-3 - Limites de vários parâmetros para a descarga final das ETAR em zonas designadas sensíveis ……..…44

Tabela 5-1 – Tarefas parametrizadas para as ETAR de Penices e Água Longa……65

Tabela 5-2 – Tarefas parametrizadas para as ETAR de Esposende e Marinhas……67

Tabela B-1-Controlo Operacional das ETARs de Penices e Água Longa……..…75

Tabela B-2. Estações elevatórias da responsabilidade dos operadores de Penices e Água Longa……..…….76

Tabela B-3. Variáveis registadas na tarefa de registo de estação elevatória……..77

Tabela C-1. Controlo Operacional das ETARs de Esposende e Marinhas……..78

Tabela C-2. Estações elevatórias da responsabilidade dos operadores de Esposende e Marinhas……...……...79

Tabela C-3. Variáveis registadas na tarefa de registo de estação elevatória em Esposende e Marinhas…….80

Lista de abreviaturas

A.C – Antes de Cristo

AdNorte – Águas do Norte S.A

AdP- Águas de Portugal

AR – Águas residuais

CBO_5 - Carência bioquímica de oxigénio

CQO – Carência química de oxigénio

D.C - Depois de Cristo

ECCE - Estágios Extracurriculares em Contexto Empresarial

EE – Estações elevatórias

e.p – Equivalente populacional

ETA – Estação/Estações de tratamento de águas

ETAR – Estação/Estações de tratamento de águas residuais

FCUP - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

GERE – Gestão de Exploração Rumo à Eficiência

IVL - Índice volumétrico de lamas

OD – Oxigénio dissolvido

SBR - *Sequencing batch reactors*

SCADA - *software* de supervisão e aquisição de dados

SDT – Sólidos dissolvidos

SST - Sólidos suspensos totais

SSV - sólidos suspensos voláteis

UV - Ultravioleta

1. Introdução

1.1. Estrutura do relatório

Este relatório está divido em seis capítulos principais, cada um dividido em subcapítulos que todos possam ser devidamente organizados.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema do estágio com abordagem no enquadramento, objetivos e uma introdução sobre as empresas Águas de Portugal e Águas do Norte.

O segundo capítulo aborda o tema das águas residuais, a definição e os tipos existentes bem como a história do tratamento de águas residuais e como este tratamento é realizado nos dias atuais.

No terceiro capítulo é feita a caracterização das ETAR onde decorreu o estágio, bem como parâmetros analíticos e processuais e legislação importante.

No quarto capítulo é abordada a plataforma GERE, as principais características, o seu funcionamento e as principais vantagens e desvantagens.

No quinto capítulo é descrito, em pormenor, todo o processo de implementação da plataforma GERE nos subsistemas de saneamento bem como o trabalho realizado após a implementação.

O sexto capítulo diz respeito à conclusão do trabalho.

1.2. Introdução teórica ao tema

A água é um dos bens mais essenciais para a vida na Terra, todos os seres vivos dependem de água para a sua sobrevivência e sem ela acabam por morrer (Chaplin, 2001). Apesar da grande quantidade de água presente no nosso planeta, 97,5% do total da água da Terra (Grey *et al*., 2013) é constituída por água salgada que não pode ser usada para consumo nem outras aplicações (Amirfakhraei *et al*., 2020) estando para esses fins, disponíveis apenas as reservas de água doce e atmosférica, responsáveis por sustentar toda a vida terrestre, que constituem menos de 1% da água total presente no planeta (Grey *et al*., 2013).

Com o aumento exponencial da população humana e consequente aumento das diversas atividades essenciais ao desenvolvimento da sociedade, verificam-se sérios impactes ambientais, dentro os quais, o aumento da poluição, presente em diversos corpos de água e consequente diminuição da qualidade da mesma (Ray & Ray, 2011)

Para diminuir os impactes ambientais na saúde pública causados pela poluição aquática, legislação cada vez mais rigorosa, tem sido aplicada, na sua maioria em países desenvolvidos, de forma a regular a presença de variados poluentes em águas residuais (Crini *et al*., 2018). Para que esta legislação seja cumprida, são necessários vários tratamentos às águas residuais que podem incluir uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos bem como processos específicos para tipos particulares de poluentes (Crini *et al.,* 2018). Estes tratamentos são assegurados pelas estações de tratamento de águas residuais (ETAR).

Devido à quantidade e complexidade dos vários processos que decorrem numa ETAR, que permitem que as águas residuais sejam tratadas eficazmente, de forma a cumprir a legislação mais recente, é de extrema importância a modernização dos processos de gestão das infraestruturas e de registos de parâmetros fundamentais para assegurar o correto funcionamento de todos os processos. A plataforma de gestão GERE, que permite um avanço significativo na gestão de toda a infraestrutura de saneamento através da incorporação de todos os processos na mesma plataforma, contribuindo para uma monitorização e gestão muito mais eficientes.

O principal objetivo deste estágio foi a implementação da plataforma GERE nos subsistemas de saneamento de Penices, Água Longa, Esposende e Marinhas.

1.3. Enquadramento

O presente estágio foi realizado no âmbito do Programa de Estágios Extracurriculares em Contexto Empresarial (ECCE) da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) para a obtenção do grau de Mestre em Biologia e Gestão da Qualidade de Água.

O estágio curricular decorreu entre outubro de 2021 e junho de 2022 num período de 9 meses tendo sido realizado entre as ETAR's de Penices, Água Longa, Esposende e Marinhas. Num horário laboral das 9h às 17h durante dias uteis.

1.4. Objetivos

Tal como referido anteriormente, o principal objetivo deste estágio foi a implementação da plataforma GERE nos subsistemas de saneamento de Penices, Água Longa, Esposende e Marinhas. Para além do objetivo principal, outros objetivos do estágio incluem:

- Conhecer as etapas de tratamento das ETAR associadas a cada subsistema de saneamento;
- Perceber quais as tarefas, rotinas e registos desenvolvidos pela equipa de exploração;
- Conhecer o laboratório da ETAR e perceber a dinâmica do mesmo (Plano de Controlo Operacional);
- Conhecer a plataforma GERE e perceber a dinâmica da ferramenta.

1.5. Empresa – Grupo Águas de Portugal

Fundado em 1993, em parceria com os municípios, o Grupo Águas de Portugal (AdP) tem ao longo destas últimas três décadas desempenhado um papel fundamental quer na melhoria da qualidade de água, quer no atendimento às necessidades das populações através dos seus sistemas de abastecimento e saneamento.

Na figura 1-1 está representado o Quadro Estratégico de Compromisso do Grupo AdP para o triénio 2020 - 2022, que apresenta os 12 desafios estratégicos, devidos entres três eixos (Grupo Água de Portugal, 2020):

- Eixo I – Cultura de Grupo
- Eixo II – Excelência de Serviço
- Eixo III – Utilidade Social



Figura 1-1 - Quadro Estratégico de Compromisso do Grupo AdP

O Grupo AdP, através das suas várias empresas apresentadas na figura 1-2, fornece serviços diretamente aos municípios (sistemas de “alta”) bem como fornece serviços diretamente às populações através de sistemas municipais (sistemas em “baixa”) de abastecimento de água e de saneamento. As empresas do Grupo AdP fornecem estes serviços de abastecimento e saneamento direta ou indiretamente por todo o território continental de Portugal bem como serviços internacionais e de domínio das energias renováveis.

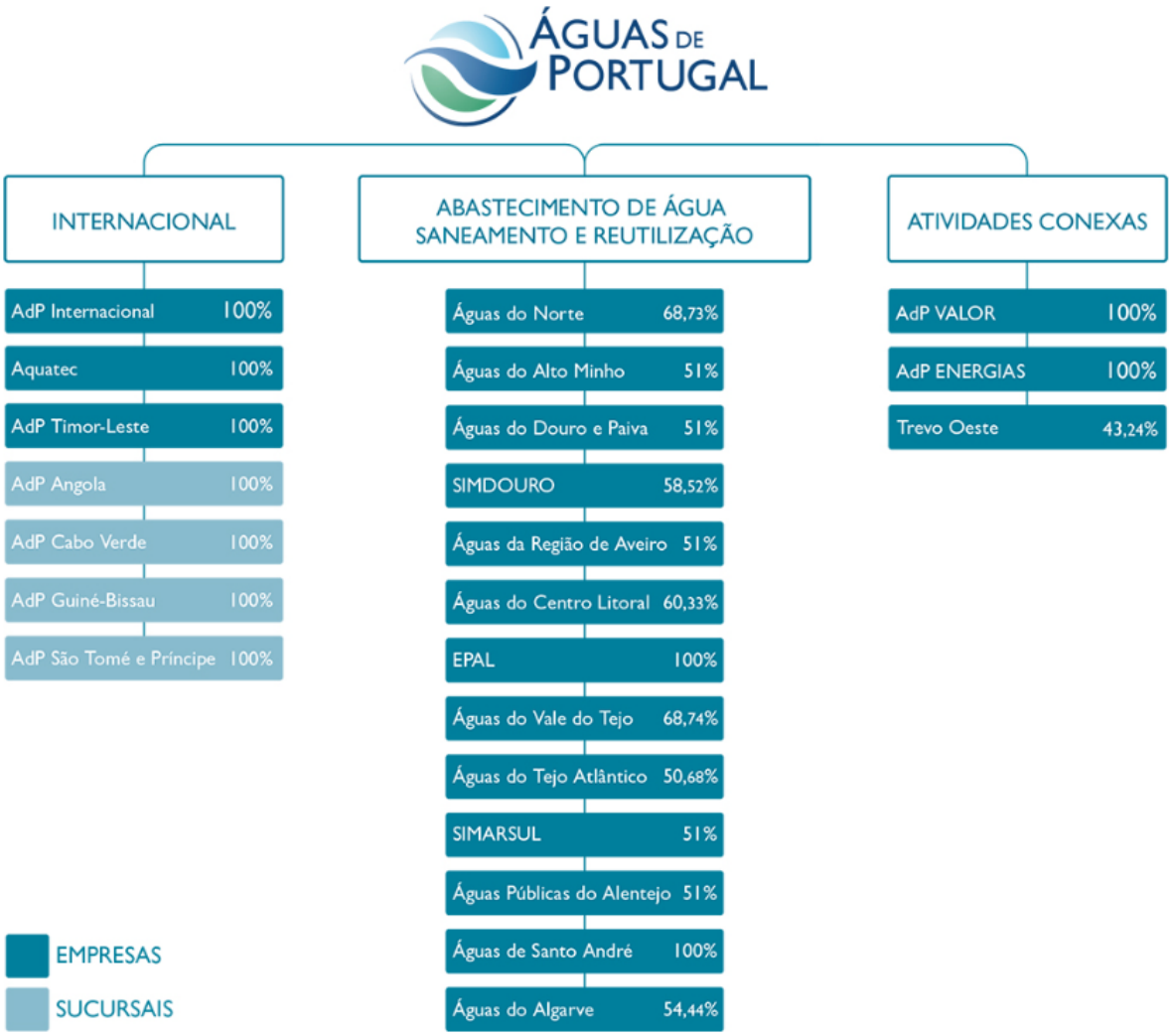


Figura 1-2 – Empresas pertencentes ao Grupo Águas de Portugal

Em junho de 2021, integravam o Grupo AdP, 13 entidades gestoras que prestavam serviços de abastecimento em 219 municípios correspondendo a cerca de 7,7 milhões de pessoas abrangidas e serviços de saneamento de águas residuais em 222 municípios correspondendo a cerca de 7,6 milhões de pessoas abrangidas (Grupo Água de Portugal, 2021).

Os subsistemas de Penices, Água Longa, Esposende e Marinhas pertencem à empresa Águas do Norte, S.A.

1.5.1. Águas do Norte, S.A.

A empresa Águas do Norte, S.A. (AdNorte) é uma das muitas empresas que pertence ao Grupo AdP. Fundada em 2010 a partir da junção das sociedades Águas do Cávado, S.A, Águas do Minho e Lima, S.A. e Águas do Ave, S.A, encontra-se atualmente sediada em Vilar Real e é responsável pelo abastecimento de água e pelo saneamento de águas residuais em vários municípios do noroeste de Portugal continental.

Após a fundação, durante vários anos foram formulados contratos e parcerias de gestão com o Estado português e com os municípios, levando posteriormente à integração dos próprios municípios na empresa.

A 1 de fevereiro de 2017, ao abrigo do Decreto-Lei n.º 16/2017, ocorre um processo de cisão que cria o sistema multimunicipal de abastecimento de água do sul do Grande Porto e o sistema multimunicipal de saneamento do Grande Porto, ambos a partir sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal – sem prejuízos no âmbito da manutenção do sistema de abastecimento e de saneamento multimunicipal. Também a patir desta cisão são criadas as sociedades Águas do Douro e Paiva, S.A., e a SIMDOURO, S.A (Águas do Norte, 2022).

Atualmente, a Águas do Norte é a entidade gestora do sistema multimunicipal responsável, num total de 75 municípios divididos entre o Sistema multimunicipal do Norte de Portugal que abrange 63 municípios e o Sistema de águas da região do Noroeste que abrange 8 municípios, pelo serviço de abastecimento bem como pelo serviço de saneamento, servindo uma população total de cerca de 1,9 milhões de pessoas (Águas do Norte, 2022). Os municípios abrangidos estão mapeados na figura 1-3.

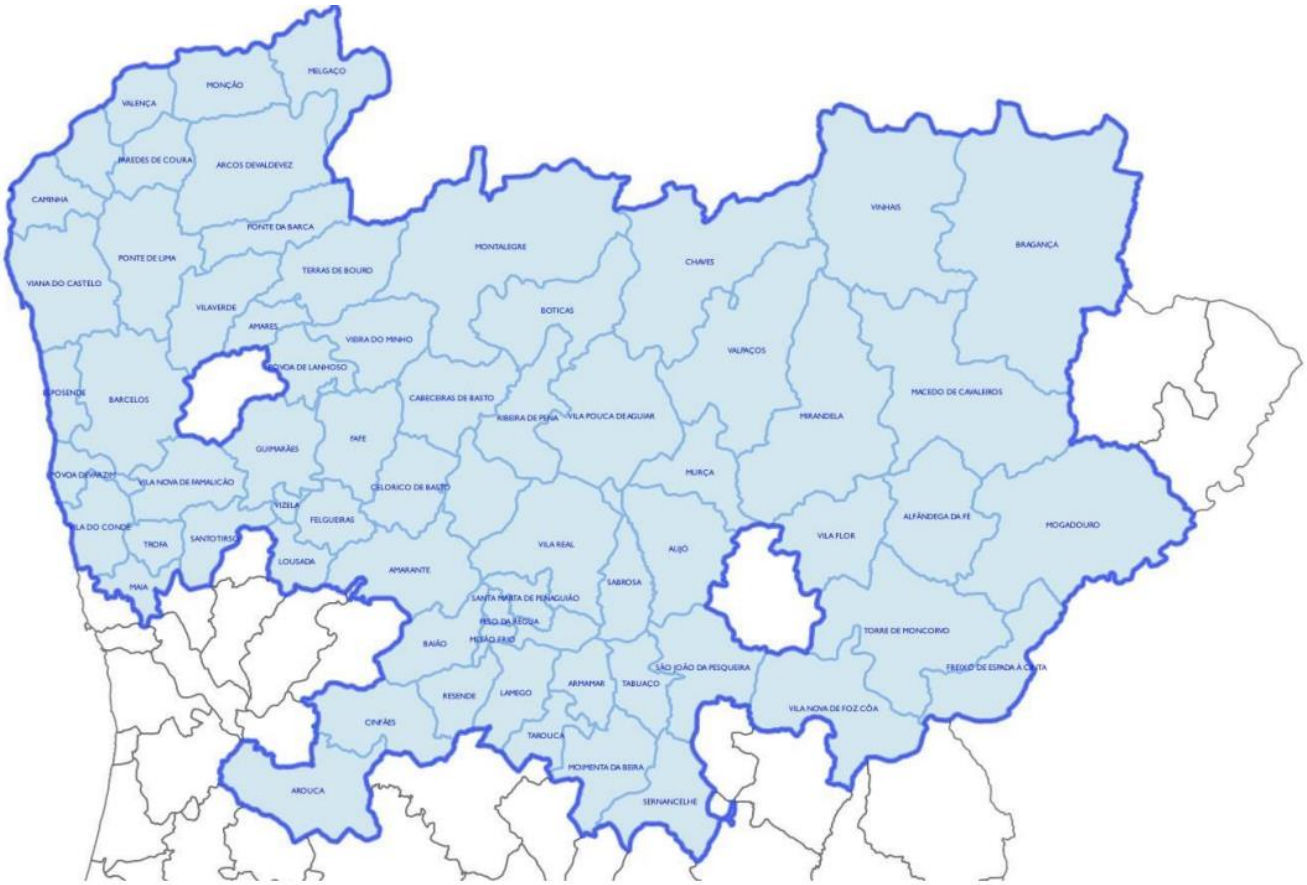


Figura 1-3 – Municípios abrangidos pela empresa Águas do Norte, S.A.

A missão da empresa passa pela eficiência, sustentabilidade e inovação dos serviços prestados, podendo contribuir de forma continua para a melhoria da qualidade de vida das populações e para o desenvolvimento da região. Adicionalmente a visão para o futuro da empresa passa por continuar a prestar um serviço de excelência sendo uma referência no setor da Água (Água do Norte, 2021).

Para que seja possivel o cumprimento da missão proposta e da visão futura estabelecida pela empresa, foi deliniada uma estratégia que se encontra representada na figura1-4. Esta estratégia centra-se em 4 pilares: Eficiência, Proximidade, Satisfação dos Acionistas e Parceiros e Orientação para o cliente (Água do Norte, 2021).



Figura 1-4 – Estratégia apresentada pela empresa Águas do Norte, S.A.

2. Tratamento de águas residuais

2.1. Águas residuais

Como resultado das diversas atividades que a humanidade exerce diariamente, a produção de resíduos originários dessas mesmas atividades é inevitável. Parte desses resíduos serão produzidos sob a forma de águas residuais, que dependendo das atividades que lhes deram origem podem apresentar constituições muito diferentes (Henze & Comeaum 2008).

Nas tabelas 2-1 e 2-2, a seguir, estão descritos, respetivamente, os vários tipos de águas residuais e os seus principais constituintes;

Tabela 2-1 - Tipos de águas residuais (adaptado de Henze & Comeaum 2008)

Águas residuais produzidas pela sociedade	Águas residuais produzidas pelas ETAR
Águas residuais domésticas	Sobrenadante do espessante
Águas residuais industriais	Sobrenadante do digestor
Infiltração nos esgotos	Água resultante da secagem das lamas
Águas pluviais	Água drenada dos leitos de secagem das lamas
Lixiviados	Água de lavagem dos filtros
Águas residuais de fossas sépticas	Água de limpeza dos equipamentos

Tabela 2-2 - Principais constituintes de águas residuais (Adaptado de Henze & Comeaum 2008)

Constituintes de águas residuais	Exemplos	Potenciais sequências para ambiente e/ou saúde pública
Microrganismos	Bactérias patogénicas, vírus e ovos de vermes	Riscos ao tomar banho e ao comer marisco
Material orgânico biodegradável	Depleção de oxigénio em rios, lagos e fiordes	Morte de peixes, odores
Outros materiais orgânicos	Detergentes, pesticidas, gordura, óleo e graxa, corantes, solventes, fenóis, cianeto	Efeitos tóxicos, inconvenientes estéticos, bioacumulação na cadeia alimentar
Nutrientes	Nitrogénio, fósforo, amónia	Eutrofização, depleção de oxigênio, efeitos tóxicos
Metais	Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni	Efeitos tóxicos, bioacumulação
Outros metais inorgânicos	Ácidos, Bases	Corrosão, efeitos tóxicos
Efeitos térmicos	Água quente	Alterações nas condições de vida para a flora e fauna
Odor e sabor	Ácido sulfídrico	Inconveniências estéticas, efeitos tóxicos
Radioatividade		Efeitos tóxicos, acumulação

Com todos os riscos apresentados pelas águas residuais, quer para a saúde pública quer para o meio ambiente é imperativo que estas sejam tratadas devidamente. Em Portugal, O tratamento das Águas Residuais Urbanas é regulado pelo Decreto-Lei nº152/97 de 19 de junho, que define o nível de tratamento exigido tendo em consideração a dimensão do aglomerado populacional e o meio recetor da descarga da água residual tratada, designado de zona sensível. (Decreto-Lei n.o 152/97, 1997).

Para que os tratamentos a serem aplicados sejam adequados ao tipo de águas residuais que determinada ETAR recebe para tratar, as águas residuais são também caracterizadas pelo caudal e pela concentração de poluentes. O caudal de chegada de águas residuais a uma ETAR está dependente da produção destes efluentes. Diferentes tipos de águas residuais apresentam tipos e concentrações de poluentes muito distintos, águas residuais domésticas, por exemplo, apresentam normalmente concentrações de poluentes muito mais baixas que águas residuais industriais (Diário da República, 2017).

2.2. História do tratamento de águas residuais

O primeiro registo existente de uma civilização se preocupar com as águas residuais remonta a 4000 antes de Cristo (A.C.), quando na Babilónia eram usados tubos de argila para deslocar as águas residuais para longe do centro da cidade (Brown, 2005).

Desde a Idade do Cobre até a Antiguidade Clássica vários povos desenvolveram diferentes sistemas de drenagem de águas residuais. A Civilização Minoica em 1700 A.C utilizavam ainda tubagem de argila, os Gregos em 500 A.C., já utilizavam tubagens de chumbo e bronze para drenar águas residuais e água excessiva (causada por tempestades), e desde o Século VI A.C. ao Século V Depois de Cristo (D.C.) os aquedutos romanos serviram a civilização como meio de movimentar água para consumo bem como água residual (Brown, 2005).

Após a queda do Império Romano no Séc. V, somente no Séc. XV é que a importância dos sistemas de drenagem foi redescoberta, sendo feita a relação entre águas residuais e doenças (Brown, 2005).

Com o advento da Revolução Industrial, durante os Séc. XVIII e XIX, e o crescimento exponencial das cidades industrializadas e das suas populações levaram à necessidade de construir canais que transportavam as águas residuais (AR) para os rios mais próximos, não estando cientes dos perigos para a saúde publica causados pelo despejo direto de AR nos rios (Monte *et al*., 2016).

Apesar da constatação de que a poluição da água dos rios e poços causada por descargas de águas residuais é um risco para a saúde pública e a sua ligação a algumas epidemias, o tratamento de AR não era uma opção a considerar e esperava-se que a capacidade de autodepuração dos cursos de água cumprisse a sua função de despoluição. Isto era possível na época devido à população e número de indústrias serem muito inferiores às dos dias de hoje (Monte *et al*., 2016).

Durante o final do Séc. XIX, vários investigadores da época realizaram estudos com o objetivo de compreender o processo de autodepuração, e descobriram que para além dos processos físicos também ocorriam processos de origem biológica (Monte *et al*., 2016).

Através destes novos conhecimentos, em 1888 em Lawrence, Massachusetts, USA, foram constituídos filtros intermitentes de areia, uma solução de tratamento que combina

a filtração e a depuração biológica, através do biofilme que se forma na camada superficial dos filtros, tendo sido esta a primeira aplicação destes conhecimentos no tratamento de águas residuais (Monte *et al*., 2016)

Em Portugal, a primeira ETAR foi construída na cidade de Braga, servindo uma população de cerca de 25 mil habitantes, com o objetivo de tratar as águas residuais drenadas por uma rede separativa. Entrou um funcionamento em 1937, adotando um método de tratamento por lamas ativadas a média carga, com sete reatores biológicos com arejamento por ar comprimido, dois decantadores primários e quatro decantadores secundários. Esta ETAR funcionou até ao início dos anos 70, tendo de ser desativada devido à degradação dos seus equipamentos (Monte *et al*., 2016)

Atualmente, o país já conta com numerosas e diversas ETAR espalhadas por todo o território, desde as maiores que servem as grandes cidades até às mais pequenas responsáveis por servir populações de regiões mais rurais. (Monte *et al*., 2016).

2.3. Tratamento de Águas Residuais

Para minimizar os problemas causados pelas águas residuais, após a sua produção, estas são encaminhadas, por condutas próprias, para as ETARs, infraestruturas projetadas e preparadas para receber este tipo de resíduos produzidos pelas atividades humanas, com o objetivo de as tratar, retirando da água os diversos tipos de poluentes que podem apresentar.

O tratamento de águas residuais, realizado nas ETAR, está divido em duas fases: a fase líquida que visa a remoção de poluentes das águas de forma a cumprir os parâmetros de descarga exigidos pela legislação e a fase sólida que por sua vez visa o tratamento dos sólidos removidos pelos procedimentos da fase líquida (Pereira, 2010).

2.3.1. Fase líquida

Numa ETAR convencional o processo de tratamento de águas residuais referente à faz líquida, apresenta várias etapas de procedimentos físicos, químicos e biológicos: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário, desinfeção de descarga (Sonune & Ghate, 2004).

2.3.1.1. Tratamento preliminar

O tratamento preliminar é a primeira etapa da fase líquida do tratamento de águas residuais. O objetivo deste primeiro tratamento é a remoção de sólidos de grandes dimensões, areias e gorduras (Sonune & Ghate, 2004). A importância destes procedimentos não deve ser menosprezada uma vez que, quando realizados de forma correta e eficaz não só protegem os equipamentos da ETAR como afetam de forma benéfica a eficácia dos tratamentos posteriores (Pereira, 2010).

A remoção de sólidos grosseiros, ou de grandes dimensões, é feita através do processo de gradagem, que consiste na utilização de grelhas e/ou tamisadores para separar fisicamente os sólidos das águas residuais (Metcalf & Eddy, 1991).

O processo de remoção de areias é designado de desarenamento e tem como principal objetivo a remoção de materiais sólidos de dimensões demasiado reduzidas para poderem ser removidas pela gradagem, sendo assim um procedimento realizado num tanque próprio. O desarenamento de águas residuais é muito importante para evitar a deposição de areias em canais e condutas salvaguardando os equipamentos mecânicos das ETAR (Chã, 2021)

O desengorduramento, isto é, o processo de remoção de gorduras é realizado através da flotação que consiste em injetar ar na zona inferior do tanque e quando estas bolhas de ar de tamanho muito reduzido entram em contacto com as gorduras presentes na água residual em tratamento fazem com que estas se acumulem na superfície da água de onde são raspadas por uma ponte raspadora (Figura 2-1) (Pereira, 2010).



Figura 2-1 - Ponte raspadora do tanque de desarenamento/desengorduramento

2.3.1.2. Tratamento primário

O objetivo do tratamento primário é a diminuição da quantidade de sólidos suspensos totais (SST) e da quantidade de matéria orgânica presente. Durante este tratamento existe uma redução de cerca de 20% na carência bioquímica de oxigénio (CBO_5) e de 50% na quantidade de SST (Pereira, 2010). O procedimento recorrente nesta etapa é a utilização de processos físico como sedimentação/decantação ou, em casos mais raros e específicos, a utilização de métodos químicos de flotação com assistência de coagulação química. Através da decantação é possível remover partículas granulares e floculantes, reduzindo assim a quantidade de SST. Este processo acontece através da deposição destes sólidos no fundo do decantador primário, formando as lamas primárias que por usa vez são raspadas e removidas. Uma vez concluído este tratamento as águas residuais encontram-se prontas para tratamentos subsequentes (Lucas, 2012)

2.3.1.3. Tratamento secundário

Nesta etapa de tratamento, o objetivo é a remoção da maior quantidade possível de matéria orgânica biodegradável, seja em suspensão ou em solução coloidal, através da aplicação de métodos principalmente biológicos, mas também físicos e químicos (Chã, 2021).

Existem diferentes tipos de tratamentos biológicos: aeróbios, anaeróbios e anóxicos que podem ser combinados ou facultativos. Os tratamentos aeróbios ocorrem na presença de oxigénio, os tratamentos anaeróbios ocorrem na ausência de oxigénio e os processos anóxicos ocorrem em períodos com presença de oxigénio e períodos com ausência de oxigénio. Adicionalmente, os microrganismos responsáveis pelos vários tratamentos podem estar suspensos no meio líquido ou fixos em suportes. Através destes processos, os microrganismos convertem a matéria orgânica e nutrientes em biomassa e dióxido de carbono entre outros gases (Valente, 2013).

Este processo de conversão da matéria orgânica e nutrientes em biomassa e gases, em meio aeróbio, é designado de tratamento por lamas ativadas e é um processo contínuo em que o meio aeróbio é mantido por arejamento mecânico. Após um período de permanência nos tanques de arejamento o licor misto, constituído pelo efluente líquido e pelas lamas, é encaminhado para um decantador secundário onde ocorre a separação destes por meio de decantação mecânica. As lamas que ficam depositados nos decantadores podem ser recirculadas de volta aos tanques de arejamento ou serem encaminhadas para o tratamento de lamas (Chã, 2021).

Outro processo que acontece nesta etapa do tratamento de águas residuais é o processo de nitrificação/desnitrificação. Este é um processo em duas etapas responsável pela remoção de azoto. Na primeira etapa (nitrificação), o ião amónia (NH_4^+) é transformado em nitrito (NO_2^-) por ação das bactérias *Nitrosomonas* (Reação 1) seguido de uma transformação do nitrito em nitrato (NO_3^-) por ação das bactérias *Nitrobacter* (Reação 2), sempre na presença de oxigénio (Gee *et al*., 1990).

$$NH_4^+ + \frac{3}{2} O_2 \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O \qquad \text{(Reação 1)}$$

$$NO_2^- + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow NO_3^- \qquad \text{(Reação 2)}$$

A seguinte reação (reação 3), representa a reação global de nitrificação:

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O \quad \text{(Reação 3)}$$

A segunda etapa deste processo, a desnitrificação, ocorre na ausência de oxigénio e na presença de uma fonte de carbono externa como metanol. Durante este processo o nitrato é transformado em azoto gasoso por bactérias heterotróficas. A reação 4 representa esta reação, utilizando metanol como fonte externa de carbono (Rodrigues, 2013).

$$6NO_3^- + 5CH_3OH \rightarrow 5CO_2 + 3N_2 + 7H_2O + 6OH^- \quad \text{(Reação 4)}$$

2.3.1.4. Tratamento terciário

O tratamento terciário é a última etapa da fase líquida do tratamento de águas residuais e engloba a desinfeção, remoção de sólidos em suspensão, nutrientes em excesso ou remoção de poluentes específicos do efluente após a decantação secundária. Desta forma, após a sua descarga no meio recetor, estas águas podem ser utilizadas para várias atividades como agricultura, rega de parques e jardins, limpeza de pavimentos entre outros (Chã, 2021).

2.3.2. Fase sólida

Como mencionado anteriormente, os processos de tratamento primário e secundário dão origem a lamas que, tal como as águas residuais, necessitam de tratamento. Este é realizados paralelamente ao tratamento da fase líquida e apresenta três processos: espessamento, desidratação e estabilização (Suh & Rousseaux, 2002).

O processo de espessamento caracteriza-se pela redução do volume das lamas através de processos gravíticos, de flotação com ar difuso ou processos mecânicos utilizando equipamentos eletromecânicos. Após espessadas as lamas são

encaminhadas para centrífugas onde são desidratadas completamente. Adicionalmente a água resultante destes processos é reencaminhada para o início do tratamento da fase líquida (Assunção, 2013).

O processo de estabilização pode ser realizado por vários métodos: digestão anaeróbia, digestão aeróbia, esterilização química por adição de cal, esterilização térmica e compostagem, e o objetivo deste processo é a remoção de microrganismos patogénicos, odores e redução do potencial de putrefação (Assunção, 2013).

Durante o processo de digestão anaeróbia ocorre a mineralização biológica da matéria orgânica, na ausência de oxigénio. Este é um processo que ocorre em duas etapas: na primeira etapa compostos orgânicos complexos são convertidos em ácidos orgânicos que, por sua vez, são posteriormente convertidos em metano e dióxido de carbono durante a segunda etapa (Chã, 2021).

Estas duas etapas, podem ser divididas em quatro fases distintas devido à complexidade das reações:

- 1ª fase – Hidrólise – O material orgânico complexo em estado sólido é desintegrado por ação enzimática de bactérias, sendo transformado em açúcares simples, aminoácidos e ácidos gordos em estado líquido;
- 2ª fase – Acidogénese – Os produtos resultantes da hidrólise são adsorvidos por microrganismos fermentativos para serem utilizados no seu metabolismo. Desta atividade microbiana resulta a eliminação de ácidos orgânicos, álcoois, ácidos láticos e compostos inorgânicos;
- 3ª fase – Acetogénese – Por ação de bactérias fermentativas, ácidos orgânicos voláteis são convertidos em ácido acético, dióxido de carbono e hidrogénio;
- 4ª fase – Nesta última fase, o hidrogénio e acido acético são convertidos em metano e dióxido de carbono por ação de metanobactérias (Valente, 2013).

No processo de digestão aeróbia também ocorre a mineralização biológica da matéria orgânica, mas desta vez, ocorre na presença de oxigénio. A principal diferença para o processo de digestão anaeróbica é que este não produz metano, sendo o dióxido de carbono o principal produto da reação (Chã, 2021).

O processo de esterilização química através da adição de cal permite estabilizar e/ou diminuir as comunidades de microrganismos presentes através do aumento do pH (Rodrigues, 2013).

3. Caracterização das ETAR

3.1. ETAR de Penices e Água Longa

As ETAR de Penices (Figura 3-1) e de Água Longa (Figura 3-2) fazem parte do subsistema de saneamento do Minho e Baixo Douro das Águas do Norte.



Figura 3-1 - ETAR de Penices



Figura 3-2 - ETAR de Água Longa

A ETAR de Penices foi inaugurada em 2011 e localiza-se na freguesia de Gondifelos, no concelho de Vila Nova de Famalicão. Esta ETAR serve diversas freguesias do concelho de Vila Nova de Famalicão, designadamente Cavalões, Cruz, Gondifelos, Jesufrei, Louro, Mouquim, Nine, Outiz, Santa Eulália e Santa Maria e também duas freguesias do concelho de Póvoa do Varzim, Balazar e Rates. O caudal médio diário de efluente que esta ETAR recebe é de 6410 m^3/dia e está dimensionada para tratar um equivalente populacional de cerca de 32 mil habitantes (Águas do Ave, 2007b).

A Etar de Água Longa foi inaugurada em 2011 localiza-se na freguesia de Água Longa, no concelho de Santo Tirso. Esta ETAR serve um total de 8 freguesias, Agrela, Água Longa, Carreira, Guimarei, Lamelas, Monte Córdova, Refojos de Riba de Ave e Reguenga localizadas no concelho de Santo Tirso. O caudal médio diário recebido por esta ETAR é de 3388 m^3/dia e está dimensionada para tratar efluentes equivalentes a cerca de 22 mil habitantes (Águas do Ave, 2007a).

3.1.1 Procedimentos

3.1.1.1 Fase Líquida

As Etar de Penices e Água Longa seguem o mesmo procedimento para o tratamento da fase líquida.

3.1.1.1.1 Elevação inicial e gradagem

O procedimento inicia-se com a trituração de sólidos grossos através de um triturador mecânico, seguido por uma gradação dos sólidos com recurso a um tamisador e por uma elevação inicial realizada por um grupo de 3 bombas submersíveis, instaladas em poço seco, com arrancador de velocidade para fazer face à variação de caudal prevista ao longo do tempo. Estes processos iniciais são realizados em estações elevatórias iniciais por onde se dá a entrada do afluente bruto (Águas do Ave, 2007a); (Águas do Ave, 2007b).

3.1.1.1.2 Tratamento preliminar

Concluindo-se os procedimentos nas estações elevatórias iniciais, as águas residuais são encaminhas a uma nova gradagem, esta feita, com uma grade com malha de 6 mm (Águas do Ave, 2007a); (Águas do Ave, 2007b). Na figura 3-3 está

representada a entrada das águas a tratar no edifício de pré-tratamento da ETAR de Água Longa.

Após esta gradagem, as águas residuais seguem para o passo seguinte da etapa do pré-tratamento, desengorduramento/desarenamento. Estes processos são efetuados conjuntamente, em dois órgãos em paralelo, de planta retangular, equipados com pontes do tipo vai e vem, com raspagem de superfície e sistema de insuflação de ar. As areias depositadas no fundo são extraídas para um classificador de areias, com bombas de superfície montadas na ponte de vaivém. A flotação, induzida por insuflação de ar, permite a diferenciação das gorduras da restante fase líquida, sendo estas posteriormente removidas pelo raspador de superfície e conduzidas, por meio de bombagem, a um concentrador de gorduras (Figura 3-4) (Águas do Ave, 2007a); (Águas do Ave, 2007b).



Figura 3-3 – Entrada das águas residuais no edifício de pré-tratamento



Figura 3-4 – Concentrador de gorduras

3.1.1.1.3 Distribuição de caudais

Ambas as ETAR de Penices e de Água Longa estão equipadas com um distribuidor de caudal eletromecânico (Figura 3-5). Este distribuidor determina o funcionamento dos canais de arejamento, permitindo encaminhar o caudal todo para um canal, alternar o canal de entrada de efluente, ou dividir igualmente o caudal por ambos os canais permitindo assim uma elevada flexibilidade de operação (Águas do Ave, 2007a); (Águas do Ave, 2007b).



Figura 3-5 – Distribuidor de caudal

3.1.1.1.4 Tratamento secundário

O tratamento secundário realizado nas ETAR de Penices e Água Longa consiste num tratamento biológico por lamas ativadas em arejamento prolongado em canais de oxidação, materializado numa linha, proporcionando uma maior flexibilidade processual e incrementando a estabilidade e segurança de tratamento. Esta linha é constituída por dois canais, em que, as etapas de nitrificação/desnitrificação são asseguradas de forma temporizada e de acordo com os níveis de oxigénio dissolvido nos canais. Cada um dos canais de arejamento possui arejadores, 2 em cada canal na ETAR de Penices, e 3 em cada canal na ETAR de Água Longa (Águas do Ave, 2007a); (Águas do Ave, 2007b). Adicionalmente, na ETAR de Penices, devido à avaria de um arejador foi também instalado um sistema de oxigénio líquido que fornece oxigénio ao canal de tratamento no lugar do arejador avariado. Na figura 3-6 está representado o depósito de oxigénio líquido da ETAR de Penices.



Figura 3-6 – Depósito de oxigénio líquido da ETAR de Penices

O processo de nitrificação/desnitrificação realizado nestas ETAR segue ciclos de 4 horas, sendo cada ciclo dividido em 4 fases, designadas de Fase A, B, C e D em que:

- Fase A = 90 min
- Fase B = 30 min
- Fase C = 90 min
- Fase D = 30 min

Na figura 3-7 a seguir está representado, esquematicamente, o funcionamento destes ciclos, em que: N=Nitrificação e DN=Desnitrificação. É importante recordar que, como descrito anteriormente, a fase de nitrificação ocorre na presença de oxigénio e a fase de desnitrificação ocorre na ausência de oxigénio.

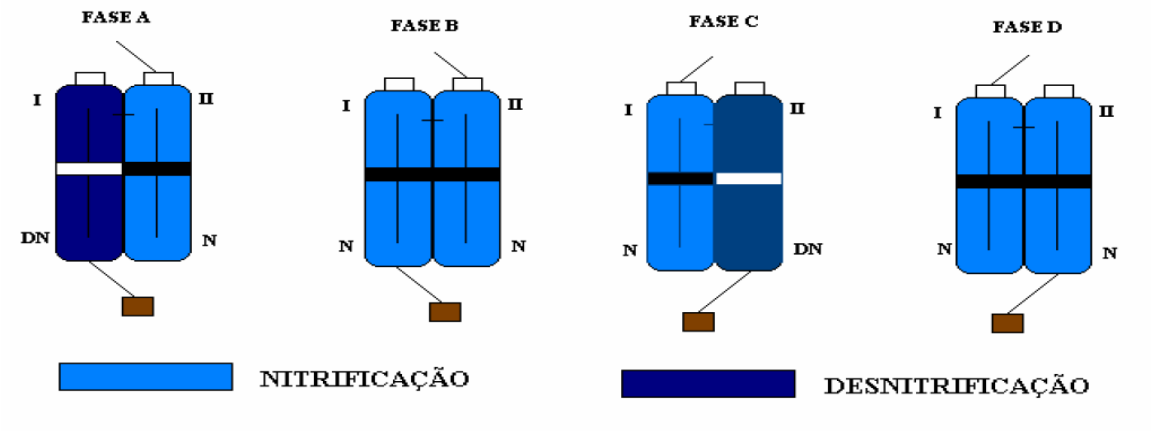


Figura 3-7 – Esquema representativo do funcionamento automático dos canais de arejamento

Após o tratamento biológico a água em tratamento segue para os decantadores secundários (figura 3-8), que no caso de Penices e de Água Longa são dois equipamentos de planta circular equipados com ponte raspadora de fundo e de superfície responsáveis para realização da decantação secundária mecânica. As lamas separadas da água em tratamento durante este processo, caso sejam recirculadas, são

reencaminhadas para os canais de arejamento, caso estejam em excesso são extraídas para tratamento (Águas do Ave, 2007a) (Águas do Ave, 2007b).



Figura 3-8 – Decantador secundário

Por fim, após realizados os tratamentos alguma da água tratada é reutilizada como água de serviço por ambas as ETAR e a restante é descarregada nos respetivos meios recetores, sendo o Rio Este no caso da ETAR de Penices (Águas do Ave, 2007b) e o Rio Leça no caso da ETAR de Água Longa (Águas do Ave, 2007a).

3.1.1.2 Fase sólida

Tal como acontece na fase líquida, os tratamentos das ETAR de Penices e de Água Longa são idênticos para a fase sólida.

Após serem extraídas da fase líquida, as lamas em excesso seguem para o tratamento de lamas ativadas. O primeiro passo deste tratamento é o espessamento mecânico através de um espessador do tipo tambor (Figura 3-9) com o objetivo de diminuir o volume das lamas. Nesta etapa é adicionado também um polímero de espessamento para melhorar a eficácia do processo (Águas do Ave, 2007a); (Águas do Ave, 2007b).



Figura 3-9 – Espessador de tambor

O passo seguinte neste tratamento é a desidratação mecânica utilizando uma centrifuga de alto rendimento (Figura 3-10). Nesta etapa é adicionado um polímero de desidratação para melhorar a eficácia do processo (Águas do Ave, 2007a); (Águas do Ave, 2007b).



Figura 3-10 – Centrifuga de alto rendimento

Estando concluído o processo de desidratação, as lamas desidratadas são encaminhadas para o silo de armazenamento (Figura 3-11). As escorrências e filtrado da centrífuga são encaminhados para a cabeça da estação e retomam a linha de tratamento da fase líquida, através da rede de escorrências. Posteriormente as lamas desidratadas são recolhidas dos silos para serem utilizadas em solos agrícolas (Águas do Ave, 2007a); (Águas do Ave, 2007b).



Figura 3-11 – Silo de armazenamento de lamas desidratadas

3.2 ETAR de Esposende e Marinhas

As ETAR de Esposende (Figura 3-12) e de Marinhas (Figura 3-13) pertencem ao subsistema de saneamento do Baixo Minho Litoral das Águas do Norte.



Figura 3-12 – ETAR de Esposende



Figura 3-13 – ETAR de Marinhas

A ETAR de Esposende localiza-se na freguesia de Gandra no concelho de Esposende. O caudal médio diário de efluente que esta ETAR recebe é de 6750 m^3/dia e tem capacidade para tratar um equivalente populacional de cerca de 40 mil habitantes.

O subsistema de Esposende integra ainda um conjunto de intercetores, com uma extensão total de 37,9 km, que permitem encaminhar os efluentes dos aglomerados populacionais que drenam para a infraestrutura de tratamento (Chã, 2021).

A ETAR de Marinhas localiza-se na freguesia de Marinhas, concelho de Esposende. O caudal médio diário de efluente que esta ETAR recebe é de 3800 m^3/dia e tem capacidade para tratar um equivalente populacional de cerca de 23 mil habitantes. O subsistema de Marinhas integra ainda um conjunto de intercetores, com uma extensão total de 26 km, que permitem encaminhar os efluentes dos aglomerados populacionais que drenam para a infraestrutura de tratamento (Chã, 2021).

3.2.1 Procedimentos

3.2.1.1 Fase líquida

As ETAR de Esposende e Marinhas seguem o mesmo procedimento para o tratamento da fase líquida, apenas com algumas diferenças relativas aos equipamentos utilizados.

3.2.1.1.1 Tratamento preliminar

Na ETAR de Esposende o procedimento do pré-tratamento segue uma ordem semelhante à já relatada anteriormente nas ETAR de Penices e Água Longa. Após a chegada, o efluente é sujeito a uma gradagem, com o objetivo de remover sólidos de grandes dimensões com uma grade automática com malha de 3 ou 6 mm. O passo seguinte é a remoção de gorduras e areias. Este processo é realizado num tanque retangular de linha dupla, cada uma com um sistema duplo de ponte vaivém com função raspadora e sistema de insuflação de ar. Com o deslocamento para a superfície da água, causado pela injeção de ar no tanque, das gorduras, a ponte raspadora procede à sua separação da restante fase líquida e posteriormente essas gorduras separadas são bombeadas para um concentrador de gorduras. As areias que por sua vez se depositam no fundo são extraídas para um classificador de areias (Figura 3-14), com bombas de superfície montadas na ponte de vaivém (Coelho, 2013).



Figura 3-14 – Classificador de areias

No caso da ETAR de Marinhas o processo é semelhante, mas o equipamento utilizado é diferente. Para a realização do pré-tratamento são utilizadas duas unidades compactas (Figura 3-15) onde as águas residuais entram no tamisador de malha de 6 mm que separa as matérias sólidas ou em suspensão da restante fase líquida. Os resíduos compactados da unidade compacta são posteriormente transportados por intermédio de parafusos de transporte de areia e bombas de extração de gorduras e de escorrência de unidades compactas, para contentores (Chã, 2021). Comparativamente aos métodos mais tradicionais vistos anteriormente, a utilização destas unidades compactas torna o processo menos sensível a situações de baixos caudais afluentes e reduz a produção de odores (Luságua, sem data).

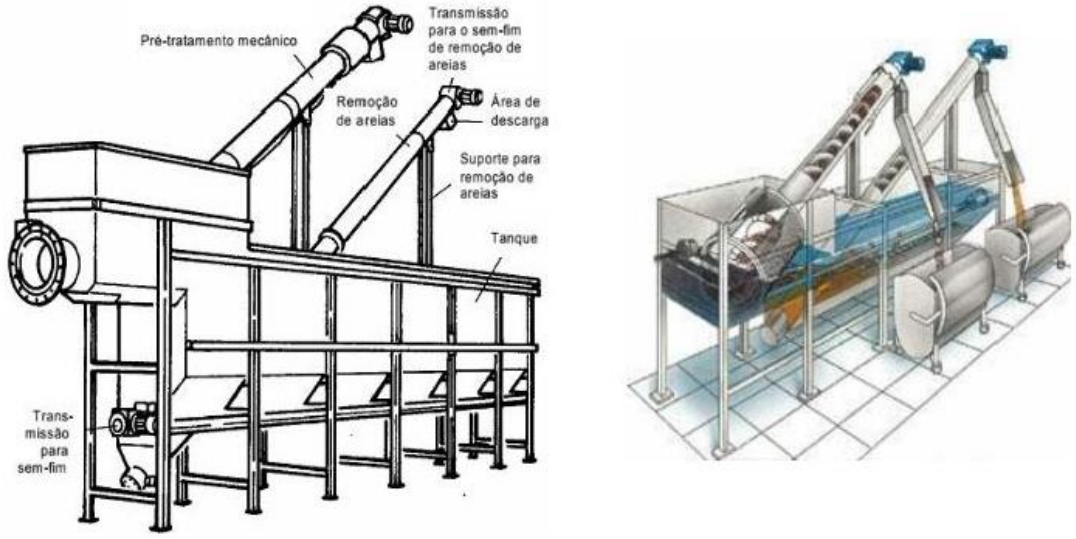


Figura 3-15 – Esquematização de uma unidade compacta (adaptado de Chã, 2021)

3.2.1.1.2 Equalização

Após o pré-tratamento, o efluente é encaminhado para os tanques de equalização (Figura 3-16). Na ETAR de Esposende existem 3 e na ETAR de Marinhas existe 1. A função destes tanques é armazenar e/ou misturar as águas residuais controlando a alimentação à etapa de tratamento secundário. Durante esta etapa o efluente é arejado e agitado consoante as suas especificações (Chã, 2021).



Figura 3-16 – Tanque de Equalização

3.2.1.1.3 Tratamento secundário

As ETAR de Esposende e de Marinhas realizam o seu tratamento secundário utilizando *Sequencing batch reactors* (SBR) (Figura 3-17). Este tipo de reator biológico caracteriza-se por possuir o decantador secundário incluído no próprio tanque do reator, ao contrário dos métodos convencionais em que os decantadores secundários encontram-se em tanques separados (Mace & Mata-Alvarez, 2002). O funcionamento deste tipo de reator está baseado em 4 etapas: Enchimento, Arejamento, Sedimentação e Descarga. Estas etapas ocorrem de forma cíclica.



Figura 3-17 – Tanque SBR

- Enchimento – Esta é a primeira etapa do ciclo e diz respeito à entrada da água residual no reator. Dependendo do tipo de situação, existem três tipos de enchimento. O enchimento estático, ocorre em situações de arranque e de baixo caudal, é um tipo de enchimento em que não há qualquer tipo de arejamento, com os arejadores e agitadores desligados o que permite a acumulação de substrato no reator. O enchimento misto ocorre quando os arejadores estão desligados e os agitadores ligados, permitindo a formação de condições anóxicas propicias à realização da desnitrificação. No caso do enchimento arejado tanto arejadores como agitadores se encontram ligado, criando condições aeróbias (Chã, 2021).
- Arejamento – Esta etapa é controlada pela injeção de ar no sistema, controlando essa injeção de ar é possível apresentar condições aeróbias, anóxicas a anaeróbias, desta permitindo o fornecimento de condições adequadas para nitrificação, desnitrificação e remoção de fósforo (Chã, 2021).
- Sedimentação – Na etapa da sedimentação, os arejadores e agitadores são desligados, a mistura entra em repouso e dá-se a separação, por decantação, das lamas ativadas e do efluente tratado (Chã, 2021)
- Descarga – Nesta última etapa, o efluente é descarregado do reator por um tubo fixo ou uma comporta. (Chã, 2021)

As lamas em excesso são extraídas de um SBR no início de cada ciclo, podendo ocorrer durante uma paragem ou em simultâneo com a descarga do efluente (Chã, 2021).

Tanto a ETAR de Esposende como a ETAR de Marinhas estão equipadas com três SBR que funcionam em regime de arejamento prolongado eliminando a matéria orgânica carbonácea e de azoto, através da nitrificação e desnitrificação. Cada reator é equipado com difusores de bolha fina, dois agitadores submersíveis, um decantador (Figura 3-18), um sistema flutuante de recolha de escumas e uma bomba de extração de lamas em excesso. Cada reator é independente dos outros, e para diferentes tipos de afluentes a tratar, é possível selecionar a duração de cada passo e número de reatores utlizados (Chã, 2021).



Figura 3-18 – Decantador de um SBR

3.2.1.1.4 Tratamento terciário

O tratamento terciário realizado nas ETAR de Esposende e de Marinhas caracteriza-se por uma filtração utilizando um microtamisador seguido de uma desinfeção por radiação Ultravioleta (UV) utilizando um sistema UV compacto (Figura 3-19) (Chã 2021).



Figura 3-19 – Unidade de microtamisação e desinfeção por UV

Após este procedimento, o efluente é libertado para o respetivo meio recetor, no caso, o rio Cávado para a ETAR de Esposende e a ribeira de Peralta para a ETAR de Marinhas e uma pequena parte desse efluente pode ser reutilizado para serviços internos das próprias ETAR (Chã, 2021).

3.2.1.2 Fase sólida

Assim como acontece no tratamento da fase líquida, as ETAR de Esposende e de Marinhas seguem a mesma linha de tratamento para a fase sólida.

Após a extração das lamas em excesso do SBR estas são encaminhadas para um espessador gravítico (Figura 3-20). O objetivo deste procedimento é diminuir o volume das lamas antes destas seguirem para a desidratação (Chã, 2021).



Figura 3-20 – Espessador gravítico

Como citado anteriormente, após serem espessadas, as lamas passam para o processo de desidratação, este é realizado por centrifugas de alto rendimento (Chã, 2021).

Por fim, após a desidratação, as lamas são bombeadas para o silo de armazenamento e as escorrências da desidratação e da lavagem das centrifugas são encaminhas para o início da ETAR pelo circuito de escorrências (Chã, 2021).

3.2.1.3 Desodorização

Durante alguns dos procedimentos relatados anteriormente, a produção de odores é inevitável. Estes odores para além de desagradáveis, são prejudiciais à saúde humana. Para a remoção destes odores existe na ETAR de Esposende um sistema de remoção destes odores que se baseia em remover o ar contaminado dos edifícios, e envia-lo para o sistema de desodorização, que pode trata-lo pela via biológica, com o recurso a biofiltros mediante uma passagem anterior por uma torre de lavagem responsável por humedecer o ar, ou pela via química em torres de lavagem *(scrubbers*) onde são utilizados reagentes químicos como ácido sulfúrico, peróxido de hidrogénio e hidróxido de sódio (Chã, 2021).

3.3 Parâmetros analíticos

Para assegurar o bom funcionamento dos procedimentos é importante a analise de vários parâmetros: pH, temperatura, condutividade, concentração de oxigénio dissolvido, CBO_5, CQO, sólidos e concentração de azoto e fósforo (Brito, 2010).

- pH – Este parâmetro mede a concentração de iões H^+ nas águas. O seu valor varia entre 0 e 14, na relação de quanto maior a concentração de iões H^+ menor é o valor de pH, e estes valores traduzem o carácter ácido (valor entre 0 e 6), neutro (valor de 7) ou básico (valor entre 8 e 14). Para o funcionamento dos processos biológicos o pH das águas residuais em tratamento deve ser mantido entre 6 e 9 de forma a permitir o crescimento dos microrganismos que constituem as lamas ativadas (Monte *et al*., 2016);
- Temperatura – A temperatura das águas residais durante o tratamento é um fator que varia muito facilmente, quer devido à geografia da própria ETAR quer devido às águas quentes recebidas (Monte *et al*., 2016). As variações de temperatura podem influenciar a velocidade dos processos bioquímicos que provoca a decomposição da matéria orgânica, diminuição da sobrevivência dos microrganismos e aumento da toxicidade de alguns produtos químicos, daí a monitorização da temperatura ser de extrema importância para o funcionamento correto de um processo biológico de tratamento de águas residuais (Monte *et al*., 2016);
- Potencial redox - Este parâmetro permite avaliar o potencial para a ocorrência de reações de oxidação – redução entre componentes das águas residuais em tratamento através da quantificação da atividade de eletrões. Alguns processos onde ocorrem reações redox durante o tratamento de águas residuais incluem, desinfeção por agentes oxidantes, como o cloro e o ozono, precipitação de elementos dissolvidos por oxidação com ar ou oxigénio molecular e também a degradação bioquímica da matéria orgânica (Chã, 2021);
- Condutividade elétrica - A condutividade elétrica permite estimar o teor de minerais na água residual através da medição da concentração total de substanciais ionizadas capazes de conduzir corrente elétrica. Quanto maior o valor da condutividade, maior a concentração de iões na água residual em tratamento. Este parâmetro é de especial interesse para ETAR próximas das zonas costeiras, uma vez que a sua medição permite perceber se existem infiltrações de água salobra no tratamento (Chã, 2021);
- Oxigénio dissolvido – O oxigénio dissolvido (OD) é um parâmetro que avalia a quantidade de moléculas de oxigénio dissolvidas na água. Este parâmetro é muito importante uma vez que é o oxigénio que permite o crescimento dos organismos aeróbios responsáveis pela degradação da matéria orgânica e é

também um fator condicionante do processo de nitrificação e desnitrificação (Chã, 2021). Adicionalmente, o valor de OD está diretamente relacionado com o estado de poluição da água: águas com elevados valores de OD não se encontram poluídas, por outro lado, águas com baixos valores de OD estarão poluídas uma vez que poluentes orgânicos são rapidamente oxidados pelo OD presente na água (Monte *et al*., 2016);

- Carência química de oxigénio – Este parâmetro permite medir a quantidade de matéria orgânica presente numa determinada água residual através do oxigénio necessário para a oxidação química dessa matéria orgânica utilizando um reagente oxidante forte (Monte *et al*., 2016).
- Carência bioquímica de oxigénio – A carência bioquímica de oxigénio, CBO_5, é uma forma de avaliação indireta da matéria orgânica biodegradável presente na água. Consiste na verificação da quantidade de oxigénio consumido durante a oxidação bioquímica da matéria orgânica de uma água durante um período de tempo predefinido, entre 5 a 7 dias, a uma determinada temperatura, geralmente 20ºC. O consumo de oxigénio é diretamente proporcional à quantidade de matéria orgânica que foi oxidada bioquimicamente (Monte *et al*., 2016);
- Sólidos totais – A presença de sólidos nas águas pode ser resultado de fenómenos de erosão ou de arrastamento de detritos. Estes sólidos podem formar uma camada superficial pouco permeável no solo, afetar a fauna aquática, reduzir a atividade fotossintética e se os sedimentos forem orgânicos podem reduzir a quantidade de oxigénio dissolvido, ou seja, podem ser muito prejudiciais para a qualidade da água e por isso a sua monitorização é muito importante (Chã, 2021). São considerados dois tipos de sólidos: sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos (SDT). Os SST dizem respeito a toda a matéria em suspensão na água enquanto os SDT correspondem a matéria que está dissolvida na água. Para que estes possam ser quantificados é utilizada uma filtração com um filtro de fibra de vidro, os SST correspondem à quantidade de sólidos totais que ficou retida no filtro enquanto do SDT correspondem à quantidade de sólidos totais que atravessa o filtro (Monte *et al*., 2016);
- Azoto e Fósforo – O azoto e o fósforo são dois nutrientes muito importante para o crescimento biológico, contudo a sua presença nas águas tem de ser vigiada. O excesso destes nutrientes pode levar à eutrofização de meios

aquáticos, o que por sua vez leva ao aparecimento de “blooms” de cianobactérias, que podem ter grandes consequências quer para o meio, com a morte de peixes e outros serem vivos devido à escassez de oxigénio, como para a saúde publica devido à produção de cianotoxinas (Pitois *et al*., 2001). Em águas residuais o azoto surge em quatro formas azoto amoniacal, azoto orgânico como aminas e proteínas, nitratos e nitritos e o fósforo sob a forma de fosfatos, polifosfatos e fosfatos orgânicos. A remoção destes nutrientes é realizada por microrganismos em processos como assimilação e nitrificação-desnitrificação (Monte *et al*., 2016).

3.4 Parâmetros Processuais

A avaliação dos parâmetros processuais, ao longo da linha de tratamento da água residual, permite inferir o estado e o desempenho dos processos de tratamento implementados numa determinada ETAR (Chã, 2021).

A seguir encontram-se descritos alguns parâmetros processuais importantes para o controlo operacional de uma ETAR.

- Índice volumétrico de lamas – o índice volumétrico de lamas (IVL) diz respeito ao volume (em mL) ocupado por 1 grama de lamas após 30 minutos de sedimentação. Para calcular esta parâmetro utiliza-se como variáveis o volume de uma amostra de um reator biológico, após 30 minutos de sedimentação, e a concentração de SST presentes nessa amostra. A fórmula para realizar este cálculo é a representada na equação 1 (Monte *et al*., 2016):

$$\mathrm{IVL}\left(\frac{\mathrm{mL}}{\mathrm{g}}\right)=\frac{\text{Volume de lamas sedimentadas }\left(\frac{\mathrm{ml}}{\mathrm{g}}\right)\times 1000\ \left(\frac{\mathrm{mg}}{\mathrm{g}}\right)}{\mathrm{SST}\ \left(\frac{\mathrm{mg}}{\mathrm{L}}\right)} \qquad \text{Eq. 1}$$

Os valores de referência indicam que caso o IVL esteja entre 50 mg/g e 200 mg/g considera-se um bom estado do tratamento. Quando o valor de IVL se encontra acima deste limite normalmente está associado ao desenvolvimento de microrganismos filamentosos (Monte *et al*., 2016);

- Idade das lamas – Este parâmetro representa o período de permanência médio dos microrganismos no interior do reator biológico, num sistema de lamas ativadas. O cálculo é feito a partir da equação 2 (Chã, 2021):

$$\text{Idade das lamas(dias)} = \frac{\text{SSTa} \times \text{V}}{\text{Qp} \times \text{SSTr}} \qquad \text{Eq. 2}$$

Em que:

- SST_a é a concentração de sólidos suspensos totais numa amostra do reator biológico (mg/L);
- V é o volume do reator (m^3);
- Q_p é o caudal de purga de lamas (m^3/dia);
- SST_r é a concentração de sólidos suspensos totais de uma amostra da recirculação (mg/L).

Quando a idade das lamas é considerada baixa, isto é, inferior a 5 dias, a taxa de crescimento dos microrganismos é alta. Por outro lado, quando a idade das lamas é superior a 15 dias a taxa de crescimento dos microrganismos é baixa. A idade das lamas é um parâmetro de importância elevada uma vez que a idade das lamas afeta a composição da fauna microbiológica das lamas (Monte *et al*., 2016);

- Razão CBO_5/CQO – A razão entre a carência bioquímica de oxigénio e a carência química de oxigénio permite inferir a biodegradabilidade do efluente. Caso este valor seja igual ou superior a 0,7 o efluente apresenta condições ideias para ser submetido a um tratamento biológico. Por outro lado, caso a razão seja inferior a 0,5 o efluente contém elementos tóxicos sendo necessários métodos de tratamento alternativos (Monte *et al*., 2016);
- Razão SSV/SST – Este parâmetro é medido em percentagem (%) representa a razão entre sólidos suspensos voláteis e sólidos suspensos totais presentes numa amostra de lamas de um reator biológico. O cálculo deste parâmetro mostra a percentagem de sólidos de natureza orgânica em relação aos sólidos suspensos totais (Monte *et al*., 2016);
- Razão de recirculação – É definida como a razão entre o caudal de recirculação (m^3/dia) e o caudal de entrada (m^3/dia) num sistema de lamas ativadas. Como referido anteriormente, a recirculação de lamas tem como objetivo a manutenção de uma concentração suficiente de lamas ativadas nos reatores biológicos. Muitas ETAR possuem medidores de caudal (Figura 3-21) destinados à medição do caudal de recirculação bem como vários outros para as mais diversas etapas do tratamento;



Figura 3-21 – Medidores de caudal

- Razão alimento/microrganismos – O parâmetro associado à razão alimento/microrganismos (A/M) permite relacionar a quantidade de substrato e a quantidade de microrganismos presentes no reator biológico. A razão é calculada seguindo a equação 3 (Chã, 2021):

$$\frac{A}{M} = \frac{Qe \times CBO5}{SSTa \times V} \qquad \text{Eq. 3}$$

Em que:

- Qe corresponde ao caudal de efluente de entrada (m^3/dia);
- CBO_5 é a carência bioquímica de oxigénio no efluente a tratar (mg/L);
- SST_a é a concentração de sólidos suspensos totais numa amostra do reator biológico (mg/L)
- V é o volume do reator (m^3);

Valores baixos de A/M (0,3 d^{-1}) indicam que a quantidade de substrato é reduzida o que induz os microrganismos a metabolizar as próprias reservas celulares para produzirem energia. É por volta destes valores que a eficiência do tratamento é maximizada devido ao consumo de toda matéria orgânica (Monte *et al*., 2016).

3.5 Legislação

As ETAR de Penices, Água Longa, Esposende e Marinhas têm de fazer os possíveis para seguir os critérios estipulados na licença de empresa Águas do Norte S.A. (Chã, 2021).

Para garantir o cumprimento destes critérios, alguns parâmetros mais simples são avaliados diariamente pelos operadores com recurso a um medidor portátil (Figura 3-22). Outros parâmetros mais complexos necessitam de análise laboratorial, sendo esta realizada no laboratório da ETAR de Viana do Castelo para as amostras de todas as ETAR mencionadas anteriormente (Chã, 2021). Na tabela 3-1 estão descritos os parâmetros avaliados diariamente, em diferentes fases do procedimento, bem como os valores limite. Na tabela 3-2 estão descritos os parâmetros avaliados semanalmente em laboratório, nas várias etapas do tratamento e respetivos valores limite (Chã, 2021).



Figura 3-22 – Analisador portátil

Tabela 3-1 - Parâmetros de controlo e seus limites determinados diariamente pelos operadores

Ponto de amostragem	Parâmetro	Limite mínimo	Limite máximo
Entrada	Temperatura	10 °C	35 °C
	Concentração oxigénio dissolvido	-	-
	Potencial redox	- 50 E_0/mV	-
	Condutividade	-	-
	pH	-	-
Licor misto	Temperatura	10 °C	35 °C
	Concentração oxigénio dissolvido	0,5 mg/L	2,5 mg/L
	Potencial redox	0 E_0/mV	-
	Condutividade	-	-
	pH	6	9
Saída	Temperatura	-	-
	Concentração oxigénio dissolvido	-	-
	Potencial redox	-	-
	Condutividade	-	-
	pH	6	9

Tabela 3-2 - Parâmetros de controlo e seus limites determinados semanalmente em laboratório

Ponto de amostragem	Parâmetro	Limite mínimo	Limite máximo
Entrada	CQO	140 mg/L	1 500 mg/L
	CBO_5	-	1 000 mg/L
	SST	-	1 000 mg/L
	SSV	-	750 mg/L
	Fósforo total	-	25 mg/L
	Azoto total	-	100 mg/L

Licor misto	SST	1 500 mg/L	5 000 mg/L
	SSV	1 200 mg/L	4 000 mg/L
Saída	CQO	-	100 mg/L
	CBO_5	-	20 mg/L
	SST	4 000 mg/L	12 000 mg/L
	SSV	3 200 mg/L	10 000 mg/L
	Fósforo total	-	15 mg/L
	Azoto total	-	40 mg/L
	Nitratos	-	20 mg/L
Lama espessador	pH	6	10
	Matéria seca	1,8%	-
	Matéria volátil	70%	-
Escorrência espessador	pH	6	10
	SST	15 000 mg/L	60 000 mg/L
Lama desidratada	pH	6	10
	Matéria seca	18 %	-
	Matéria volátil	70 %	-
Escorrência desidratação	SST	-	500 mg/L

Relativamente às condições de descarga, ou seja, os critérios que a água deve apresentar após o tratamento e a descarga para o meio as ETAR seguem os valores decretados pelos decretos-lei, DL nº 236/98 de 1 de agosto e o DL nº 152/97 de 19 de junho. O primeiro estabelece normas gerais para a descarga de águas residuais como o de proteger os ecossistemas aquáticos melhorando a qualidade de água de acordo com os seus usos (Decreto-Lei no 236/98, 1998). O segundo decreto-lei faz referência à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático. Na tabela 3-3 estão apresentados os requisitos para as descargas da estação de tratamento das águas residuais urbanas em zonas sensíveis (Decreto-Lei nº 152/97, 1997) (Chã, 2021).

Tabela 3-3 - Limites de vários parâmetros para a descarga final das ETAR em zonas designadas sensíveis

Parâmetros	Valor limite de Emissão	Percentagem mínima de redução
pH[1]	6-9 unidades de pH	-
CBO_5[1]	25 (mg/L O_2)	70-90
CQO[1]	125 (mg/L O_2)	75
SST[1]	35 mg/L	90
Fósforo Total[2]	2 mg/L (10 000-100 000 e.p.) 1 mg/L (> 100 000 e.p.)	80
Azoto Total[2]	15 mg/L (10 000-100 000 e.p.) 10 mg/L (> 100 000 e.p.)	70-80

[1] Anexo I do Decreto-lei nº 152/97, de 19 de julho;

[2] Anexo XVIII do Decreto-lei nº 236/98 de 1 de agosto.

4. Plataforma GERE

4.1 Enquadramento

Atualmente, há um grande foco por parte da Águas do Norte, S.A. numa gestão eficaz das suas infraestruturas com especial atenção na questão ambiental, isto é, especial cuidado com possíveis incumprimentos das normas ambientais. Desta forma o planeamento e gestão adequados são essenciais (Adnorte, 2021).

Em estações de tratamento de águas residuais a água em tratamento passa por uma grande variedade de procedimentos e tratamentos e como tal, para se verificar se um tratamento é eficiente face às normas estabelecidas, é imperativo que todos os processos, parâmetros e variáveis estejam muito bem organizados (Adnorte, 2021). É com esta organização em mente que a empresa Águas do Norte, S.A. decidiu implementar nas suas infraestruturas uma nova plataforma de gestão, a plataforma GERE (Gestão de Exploração Rumo à Eficiência).

O GERE trata-se de um *software* de gestão destinado a estações de tratamento de água, onde se incluem ETA (Estações de tratamento de água) e ETAR, onde é possível registar todas as informações sobre todas as etapas e procedimentos e permite a informatização integrada de todos os processos de exploração (Chã, 2021).

A utilização do GERE é uma grande vantagem para operadores e gestores uma vez que, a plataforma suporta todos os procedimentos operacionais permitindo que todos os dados de várias infraestruturas e tratamentos sejam armazenados no mesmo local permitindo que esta plataforma funcione como a única plataforma de gestão e operação. Estes factos levam a que esta plataforma seja utilizada por toda a equipa desde gestores a operadores, o que por sua vez, facilita a comunicação de dados e ocorrências dentro da cadeia hierárquica. Outra grande vantagem do GERE é a possibilidade que este apresenta de registar automaticamente determinados parâmetros, nomeadamente horas de funcionamento de determinados equipamentos. Este registo é realizado através do GERE Link e pode substituir o registo manual diário realizado pelos operadores, registo esse que consome muito tempo. Todas estas possibilidades e facilidades permitem grandes poupanças de tempo e diminuição na carga de trabalho dos operadores no terreno (Chã, 2021).

A informação introduzida no GERE está disponível para acesso por todo o individuo, equipa, departamento, de qualquer lugar e de acordo com as responsabilidades (Adnorte, 2021).

4.2 Utilização da plataforma

A utilização da plataforma GERE segue as seguintes etapas, esquematizadas na figura 4-1:

1. Parametrização
2. Planeamento
3. Registo
4. Consulta

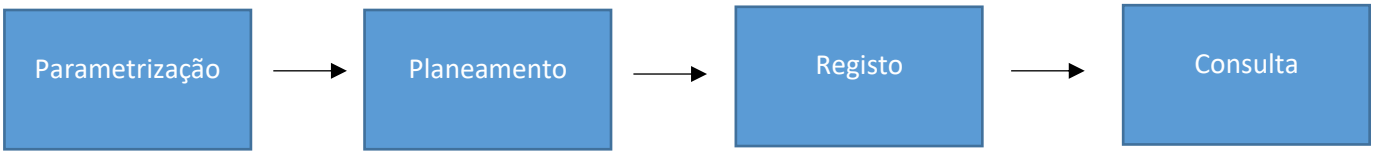


Figura 4-1 - Esquematização da utilização da plataforma GERE

A primeira etapa, parametrização, é da responsabilidade dos responsáveis de exploração e diz respeito à definição das variáveis que necessitam de ser registados pelos operadores e do período em que tal registo deve ser realizado (Chã, 2021).

A etapa de planeamento é também da responsabilidade dos responsáveis de exploração e corresponde à definição da periocidade para a realização das diferentes tarefas associadas a determinada infraestrutura por parte dos operadores (Chã, 2021).

Na etapa de registo, os operadores introduzem os dados na folha de registo da tarefa previamente parametrizada e planeado pelo responsável de exploração. Estes valores são validados automaticamente pelo sistema e, em caso de alguma anomalia, são apresentados alarmes notificatórios aos próprios operadores e/ou ao responsável de exploração (Chã, 2021).

A última etapa diz respeito à consulta dos valores registados ao longo do tempo bem como possível *download* desta informação para elaboração de relatórios de exploração (Chã, 2021).

Dentro das equipas, os responsáveis de exploração têm a responsabilidade de parametrizar os processos, planear as tarefas e consultar e exportar os dados registados, por outro lado operadores e técnicos de laboratório têm a responsabilidade de registar e editar e consultar dados (AdNorte, 2021).

A utilização da plataforma requer acesso à internet através da rede interna da empresa e um computador, *smartphone* ou tablet com acesso a um *browser* ou sistema operativo *android*, com o objetivo de substituir os registos manuais. Através deste acesso à internet as várias equipas podem contactar e partilhar informação mais facilmente (Chã, 2021).

4.3 Plataformas Navia e Gere – semelhanças e diferenças

Antes da implementação do GERE a plataforma de gestão utilizada pela empresa Águas do Norte desde 2013, era o Navia.

O NAVIA é um software de gestão operacional, que facilita a gestão diária de uma infraestrutura de água para consumo ou de água residual e permite a obtenção de bons resultados neste tipo de atividade devido ao acompanhamento diário das equipas de operação (Coelho, 2018).

Assim, a plataforma responde a vários entraves que a gestão operacional possa enfrentar:

- Localização, organização e tipo de intervenção das instalações e equipamentos;
- Tipo de informação a registar e modo de consulta;
- Constituição, funções e comunicação das equipas de trabalho;
- Planeamento e localização de tarefas a realizar.

Semelhante ao GERE, utilização da plataforma NAVIA engloba quatro fases principais: parametrização, planeamento, registo e consulta

As duas plataformas apresentam algumas semelhanças como o acesso, a simplicidade, e o ciclo do dia-dia da utilização da plataforma (Chã, 2021).

O GERE apresenta algumas vantagens face ao Navia sobretudo no que diz respeito à resiliência e cibersegurança. O GERE funciona em ambiente virtualizado e de mobilidade, em regime de alta disponibilidade, com o mais recente sistema operativo.

Outra vantagem é que ao contrário do que acontecia com o Navia todas as informações recolhidas e registadas no GERE são reunidas num único *sowftware*. Por fim o GERE também melhora a capacidade de operação remota através de uma atuação mais precisa com informação prévia sobre as ocorrências, assim será possível assegurar um maior controlo das ocorrências aumentando a eficiência nas respostas (AdNorte, 2021).

5. Implementação do GERE

Este capítulo está divido entre os subsistemas de Penices e Água Longa e os subsistemas de Esposende e Marinhas uma vez que aquando o inicio do corrente trabalho a implementação da plataforma encontrava-se em etapas muito diferentes nestes subsistemas.

5.1. Implementação do GERE – Penices e Água Longa

5.1.1. Verificação dos equipamentos e árvore de infraestruturas

O primeiro passo para a implementação da plataforma GERE foi verificar fisicamente todos os equipamentos presentes nas ETAR, para que, com base nessa informação pudessem ser ajustadas as árvores de infraestruturas para que correspondessem à realidade das ETAR.

Com base na árvore inicial fornecida pela empresa foram verificados todos os equipamentos, anotando quais dos presentes na árvore inicial correspondiam à realidade, quais não correspondiam e se seria necessário elimina-los da árvore, corrigir a nomenclatura ou até mesmo adicionar equipamentos à árvore. No anexo A está representada uma das folhas utilizadas para anotar as alterações a fazer nas árvores específicas.

Após estas verificações serem feitas, eram enviadas para o responsável da empresa por gerir as árvores das muitas infraestruturas para que as árvores iniciais fossem alteradas.

Estas árvores seguem uma hierarquia em que cada nó é mais específico que o anterior, iniciando no subsistema até aos equipamentos e seus componentes.

Na figura 5-1, a seguir estão especificados os vários tipos de nós existentes no GERE:

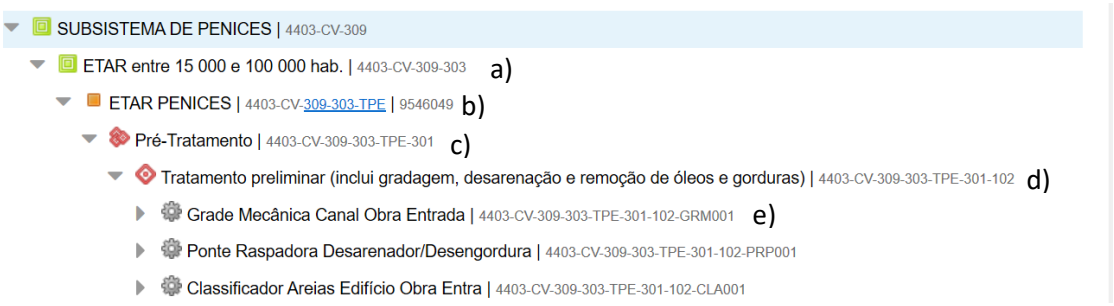


Figura 5-1 – Parte da Árvore da ETAR de Penices e os seus nós

a) Nó agregador: Representa a entidade global
b) Instalação: Representa a instalação específica
c) Unidade agregadora: Representa determinada etapa do tratamento
d) Unidade standard: Representa processos específicos dessa etapa do tratamento
e) Equipamento: Representa os equipamentos; é a este nó que são associadas a leitura de variáveis (horas de funcionamento, caudais, energia, etc).

As árvores de Penices e Água Longa são constituídos por unidades agregadoras que correspondem às diferentes etapas do seu tratamento: Pré-tratamento, Tratamento Secundário, Tratamento e Destino Final de Lamas, e Desodorização. Outra unidade agregadora também incluída é a Monitorização.

As unidades agregadoras que correspondem às etapas de tratamento possuem todas unidades standard específicas para a etapa em causa e outras unidades que são transversais a todas as etapas.

A unidade de Pré-tratamento tem como unidades standard específicas Tratamento Preliminar que inclui gradagem, desarenação e desengorduramento bem como todos os equipamentos associados a essa etapa. O nó de Tratamento Secundário tem associado a unidade standard tratamento biológico e o nó de Tratamento e Destino Final de Lamas tem associadas as unidades standard de Desidratação e Armazenamento de Lamas. No caso da Desodorização, tanto na ETAR de Penices como na de Água Longa é um procedimento que se encontra desativado pelo que, apesar da existência na árvore, não se registam quaisquer variáveis.

As unidades standard transversais a todas as unidades agregadoras incluem: Elevação, Produção, Distribuição, Instrumentação automação e controlo, Sistemas de apoio geral, Sistema de segurança, Edifícios e terrenos e Transporte/drenagem (Figura 5-2).

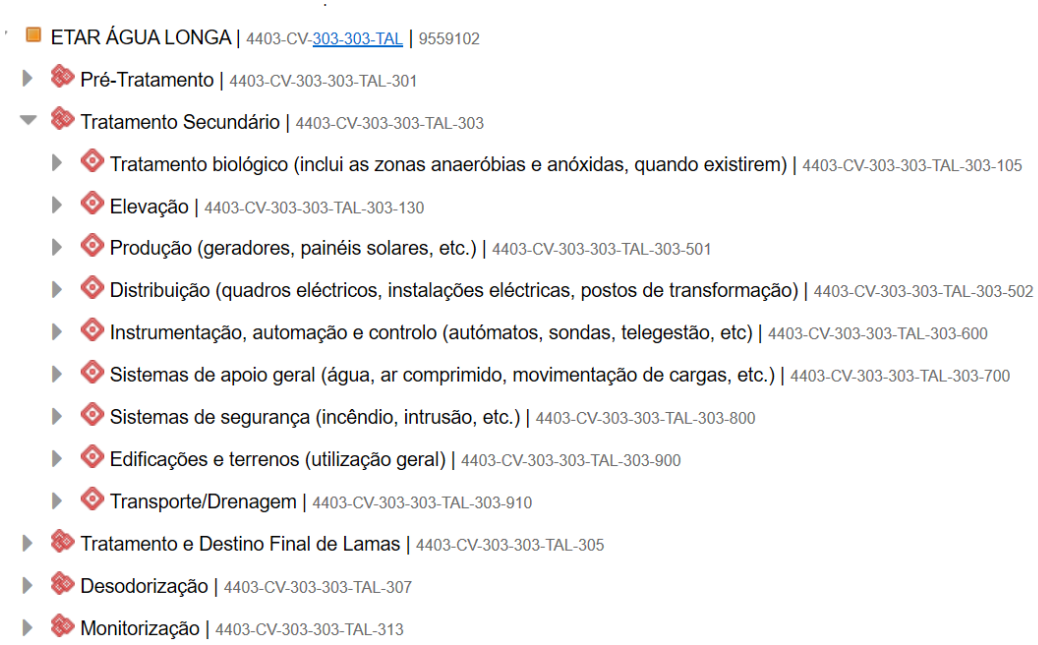


Figura 5-2 – Unidades agregadoras e unidades standard do Tratamento Secundário da árvore da ETAR de Água Longa

A outra unidade agregadora existente é a Monitorização que possui as seguintes unidades standard (Figura 5-3):

- Instrumentação, automação e controlo
- Amostragem
- Reagentes
- Equipamentos de emergência
- Higiene segurança -COVID 19
- Caixa de primeiros socorros

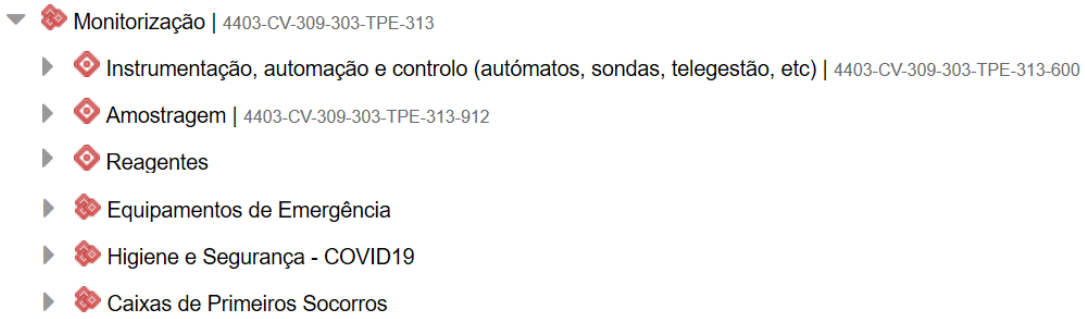


Figura 5-3 – Unidades standard pertencentes à unidade agregadora Monitorização

As variáveis estão associadas aos equipamentos. Cada equipamento tem várias variáveis associadas por predefinição, é da responsabilidade do gestor desbloquear as variáveis que serão relevantes (Figura 5-4).

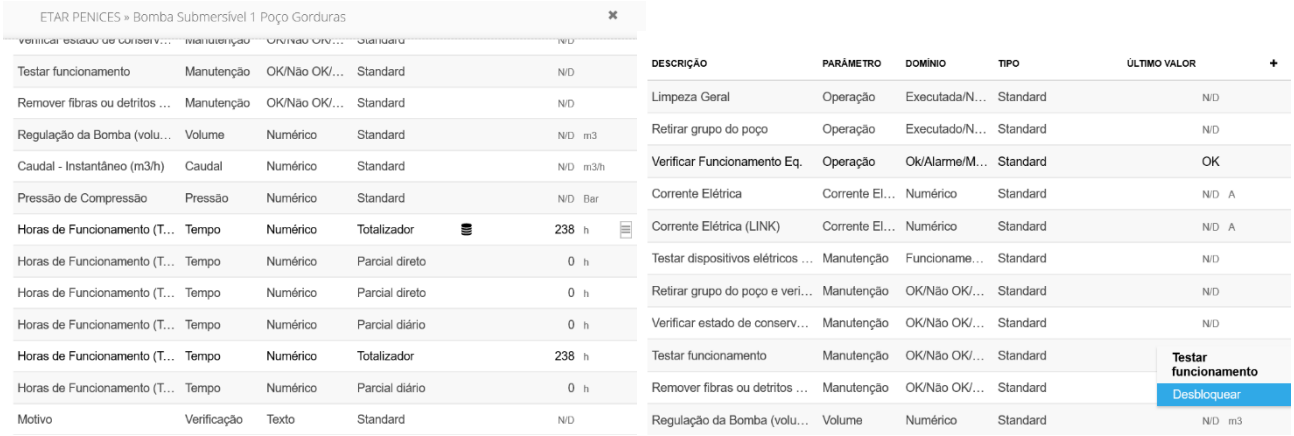


Figura 5-4 – Variáveis associadas ao equipamento Bomba Submersível 1 Poço de Gorduras da ETAR de Penices e opção de desbloquear uma variável de interesse

Na plataforma GERE, existem quatro tipos de variáveis:

- Variável standard – Esta é a variável mais comum e permite a gestão de valores a registar diariamente;

- Variável calculada – Esta provem do cálculo de valores registados noutras variáveis;
- Variável totalizador – Esta variável representa os valores que apresentam valores acumulados ao longo do tempo;
- Variável mensal- Esta variável só permite um registo por mês.

5.1.1.1. Equipamentos mecânicos e medidores de caudal

Para garantir um tratamento eficiente das águas residuais é muito importante que o estado dos vários equipamentos presentes nas ETAR esteja bem documentado, de forma a ser possível concluir se determinado equipamento está a funcionar corretamente ou se necessita de manutenção.

No dia a dia de uma ETAR esta verificação é feita a partir da variável totalizadora, "horas de funcionamento", associada a todos os tipos de equipamentos mecânicos (bombas de elevação, arejadores, centrifugas, etc.). Os valores relativos às horas de funcionamento são obtidos a partir do SCADA (Figura 5-5), um *software* de supervisão e aquisição de dados que permite controlar todos os equipamentos e operações das ETAR de forma automática. Sabendo as horas totais de funcionamento de um determinado equipamento é possível inferir o estado de conservação desse equipamento e se está a funcionar corretamente ou está em avaria.

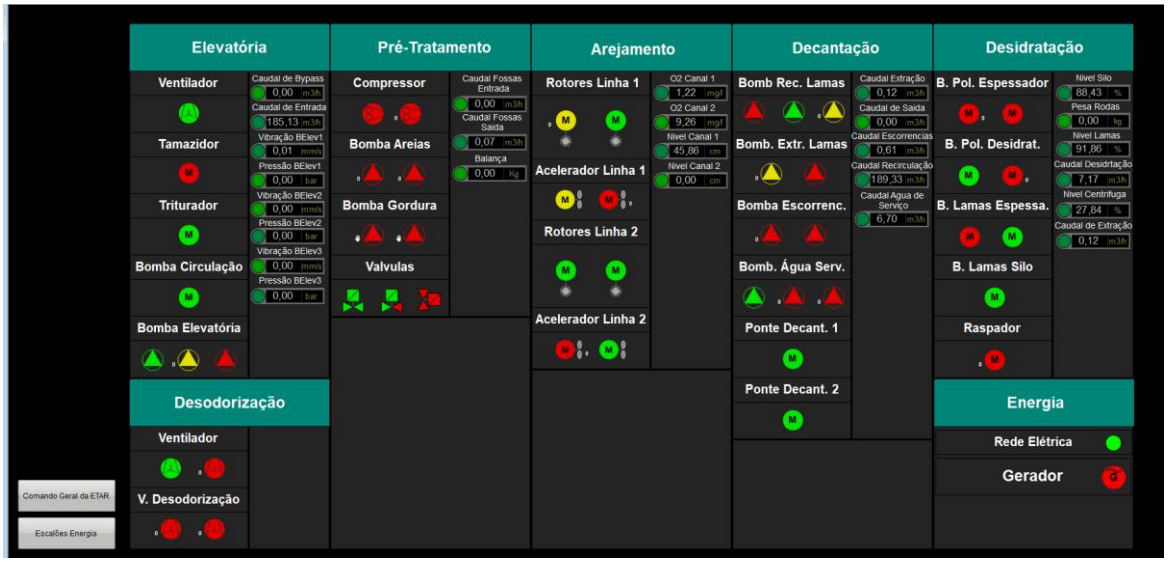


Figura 5-5 – SCADA da ETAR de Penices

Tal como as horas de funcionamento, a medição de caudais e volumes de água em determinadas etapas de tratamento são imprescindíveis para que o tratamento das águas residuais seja feito de forma eficiente.

Estas medições são feitas diariamente, a partir do SCADA, e registadas através de uma variável totalizadora associada a todos os medidores de caudal (Figura 5-6).

DESCRIÇÃO	PARÂMETRO	DOMÍNIO	TIPO	ÚLTIMO VALOR	+
Limpeza Geral	Operação	Executada/N…	Standard	N/D	
Verificar Funcionamento Eq.	Operação	Ok/Alarme/M…	Standard	N/D	
Volume (Totalizador) (LINK)…	Volume	Numérico	Parcial direto	3 711.0 m3	
Volume (Totalizador)	Volume	Numérico	Totalizador	10 040 231 m3	
Volume (Totalizador) P. diária	Volume	Numérico	Parcial diário	3 577.4 m3	
Volume (Totalizador) P. direta	Volume	Numérico	Parcial direto	3 316.0 m3	
Volume (Totalizador) (LINK)…	Volume	Numérico	Parcial diário	3 631.6 m3	
Volume (Totalizador) (LINK)	Volume	Numérico	Totalizador	4 470 689 m3	
Caudal - Instantâneo (LINK)…	Caudal	Numérico	Standard	N/D m3/h	
Caudal - Instantâneo (m3/h)	Caudal	Numérico	Standard	N/D m3/h	

Figura 5-6 – Variáveis associadas ao medidor de caudal da elevatória da ETAR de Água Longa

O registo diário destes valores é de extrema importância para a dia a dia de uma ETAR. Contudo a inserção manual de todos estes valores na folha de registo, feito pelos operadores é um processo moroso e sujeito a erros.

Para reduzir a carga de trabalho dos operadores e reduzir potenciais erros nos registos, foi ativada, para estas variáveis, a importação automática dos dados, a partir do SCADA, diretamente para o GERE, a partir do GERE Link.

Na figura 5-7, a seguir, está representada a interface de parametrização de importação dos valores para a variável “horas de funcionamento” para o equipamento Bomba Submersível 1 Poço de Gorduras da ETAR de Penices.

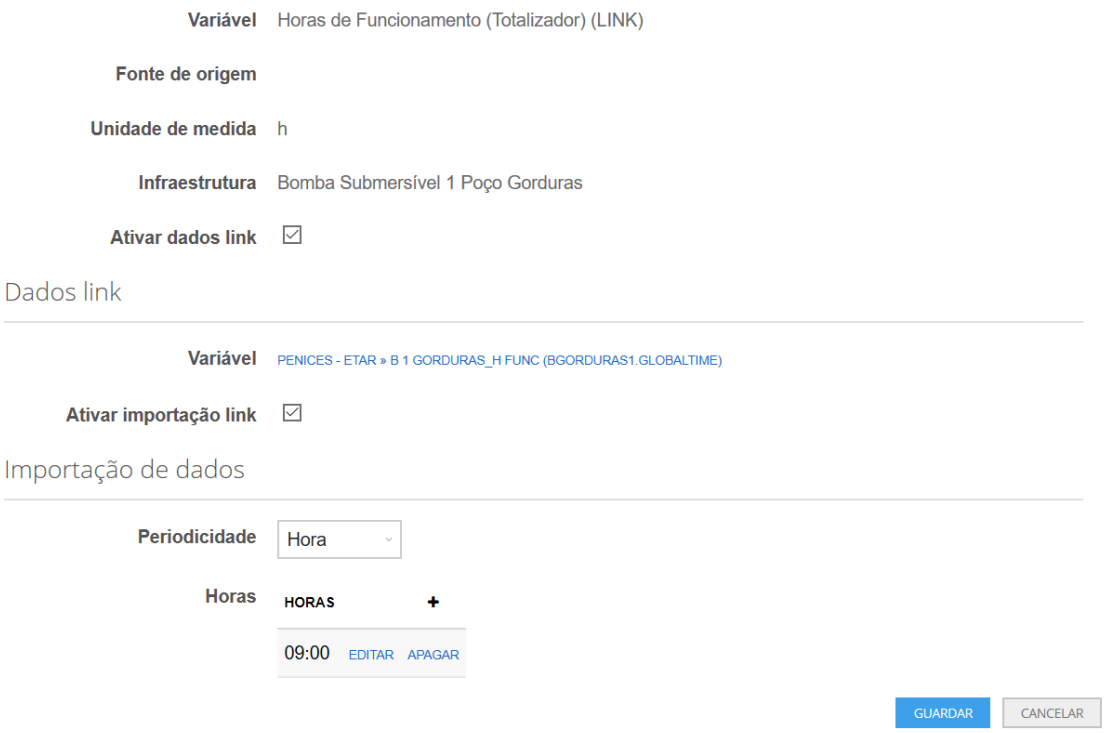


Figura 5-7 - Interface de parametrização de importação dos valores para a variável "horas de funcionamento" para o equipamento Bomba Submersível 1 Poço de Gorduras da ETAR de Penices

Com a implementação do GERE, os registos manuais deixaram de ser feitos diariamente, passando a serem feitos mensalmente para servirem como confirmação dos dados registados de forma automática e de correção a potenciais erros.

5.1.1.2. Variáveis de energia

O registo dos valores de energia é um importante processo do dia a dia de uma ETAR uma vez que é a partir deste registo que o consumo de energia é cobrado à empresa. Existem várias variáveis de energia que necessitaram ser desbloqueadas e parametrizadas:

- Energia Ativa Vazio - representa a energia consumida no período do vazio (das 6h00 às 8h00 e das 22h00 às 2h00 em ciclo diário e horário de inverno);
- Energia Ativa Ponta - é a energia consumida (das 9h00 às 10h30 e das 18h00 às 20h30 em ciclo diário e horário de inverno);

- Energia Ativa Cheias - representa a energia consumida no período das horas de cheia (das 8h00 às 9h00, das 10:30 às 18h00 e das 20h30 às 22h00 em ciclo diário e horário de inverno);
- Energia Ativa Super Vazio - representa a energia consumida no período super vazio (das 2h00 às 6h);
- Energia Reativa Indutiva Vazio - energia reativa consumida no período do vazio
- Energia Reativa Indutiva Fora Vazio - energia reativa consumida no restante período
- Energia Reativa Capacitiva Vazio - energia reativa fornecida à rede no período do vazio
- Energia Reativa Capacitiva Fora Vazio - energia reativa fornecida à rede no restante período
- Energia Ativa Total - energia total consumida.

As variáveis de energia têm de ser registadas manualmente, uma vez que os valores são obtidos diretamente a partir do contador de eletricidade.

A distinção dos períodos é importante uma vez que diferentes períodos do dia têm custos diferentes de energia, sendo os períodos de super vazio e vazio os mais baratos e o de ponta o período mais caro.

5.1.1.3. Reagentes

Durante os vários procedimentos são necessários alguns reagentes para maximizar a eficácia dos mesmos.

Nas ETAR de Penices e Água Longa, são utilizados reagentes como os polímeros de desidratação e espessamento para auxiliar no tratamento de lamas, nomeadamente nos processos de desidratação e espessamento das mesmas. Outros destes reagentes como o reagente anti espuma são utlizados esporadicamente para desinfeção das águas pós-tratamento, antes das descargas.

Na figura 5-8 e na figura 5-9 estão representados os reagentes registados na ETAR de Penices e na ETAR de Água Longa, respetivamente.



Figura 5-8 – Reagentes registados na ETAR de Penices

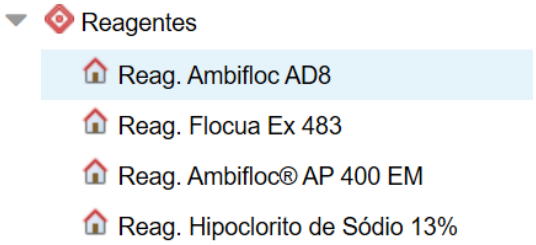


Figura 5-9 – Reagentes registados na ETAR de Água Longa

Para que os stocks destes reagentes possam ser registados nas folhas de registo é necessário, na árvore do GERE, proceder à criação de depósitos, um para cada reagente (Figura 5-10).

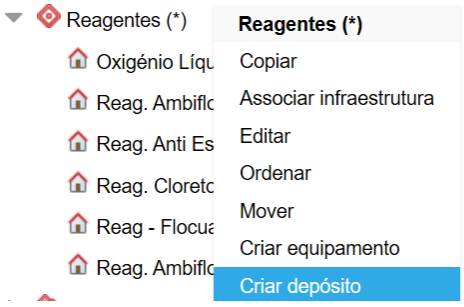


Figura 5-10 – Interface da criação de depósitos de reagentes

Uma vez criados os depósitos, são associados a cada um a variável de “Stock de reagentes” com a unidade indicada para o reagente em questão. Na figura 5-11 a seguir, está representada a variável associada ao depósito de Oxigénio Líquido da ETAR de Penices, no caso, a unidade de registo é a percentagem (%).

DESCRIÇÃO	PARÂMETRO	DOMÍNIO	TIPO	ÚLTIMO VALOR	+
Stock Reagentes (%)	Percentagem	Numérico	Standard	65.0 %	

Figura 5-11 – Variável Stock de Regentes

Atualmente, estes valores de stocks são registados manualmente todos os dias pelos operadores, permitindo manter atualizada a quantidade de cada reagente que a ETAR ainda possui, dando tempo ao responsável para encomendar qualquer um que seja necessário atempadamente.

5.1.1.4. Equipamentos de emergência e caixas de primeiros socorros

A segurança no trabalho é um fator muito importante no dia a dia das empresas e as ETAR não são exceção. As ETAR têm de ter operacionais vários tipos e equipamentos de emergência prontos a responder a eventuais situações de emergência. No caso das ETAR de Penices e Água Longa estes equipamentos são:

- Extintores
- Boias, cordas e varas de salvamento
- Chuveiros de emergência e Lava-olhos
- Sinalização de emergência
- Iluminação de emergência
- Central de incêndios
- Fatos de proteção química integral

Na figura 5-12 apresenta-se uma boia, vara e corda de salvamento do edifício obra-entrada da ETAR de Penices.



Figura 5-12 – Boia, vara e corda de salvamento do edifício obra-entrada da ETAR de Penices

Cada equipamento, pertencente a cada um destes tipos, foi verificado e em cada uma destas unidades standard, foram criados os equipamentos específicos com a sua localização. A figura 5-13 representa os extintores criados na unidade standard correspondente.

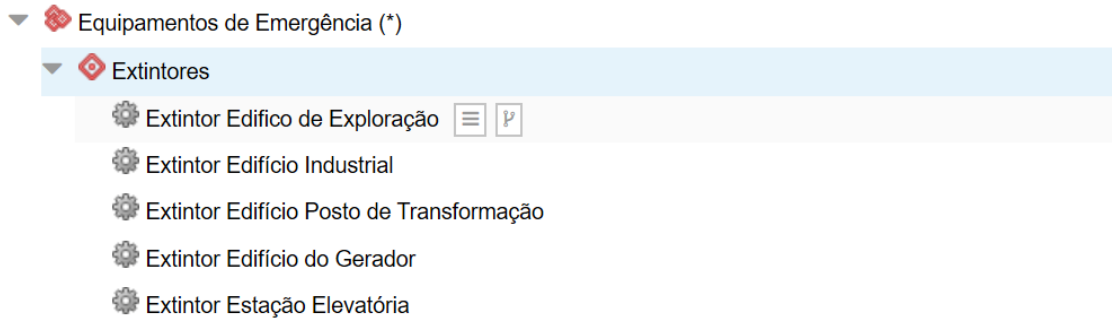


Figura 5-13 – Extintores existentes na ETAR de Penices

Relativamente às caixas de primeiros socorros, foi verificada a localização e o sei conteúdo, quer nas ETAR quer nas viaturas usadas pelos. No caso específico das caixas de primeiros socorros, existe um número previsto de cada componente da caixa para servir como guia. Na figura 5-14 estão representados os componentes de uma caixa de primeiros socorros da ETAR de Água Longa.



Figura 5-14 - Componentes de uma caixa de primeiros socorros da ETAR de Água Longa

Quer os equipamentos de emergência quer as caixas de primeiros socorros são verificados a cada três meses, para garantir o bom estado de todos os equipamentos e componentes e assim assegurar um ambiente de trabalho com maior segurança para todos.

5.1.2. Parametrização das tarefas

Após a árvore de infraestruturas se encontrar organizada e as variáveis devidamente desbloqueadas e associadas aos seus devidos equipamentos, procedeu-se à parametrização das tarefas.

Esta parametrização é feita a partir da interface de tarefas do GERE, onde selecionando uma infraestrutura é possível ver as tarefas já associadas à dita infraestrutura, edita-las, copia-las ou apaga-las bem como criar novas tarefas a partir dos modelos disponibilizados na plataforma (Figura 5-15).



Figura 5-15 – Interface de tarefas associadas à ETAR de Penices

Para se elaborar uma nova tarefa a primeira coisa a ser feita é parametrizar o modelo que se vai utilizar a partir da interface que está apresentada na figura 5-16.

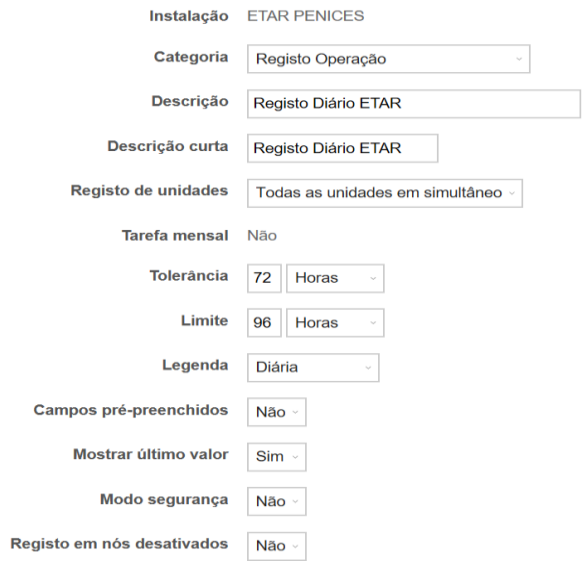


Figura 5-16 – Interface de parametrização de um modelo de tarefa

Primeiramente, seleciona-se a categoria a que a nova tarefa vai pertencer e atribui-se uma descrição que seja de fácil compreensão. As categorias a que as tarefas são associadas são:

- Registo de Operação – Diz respeito aos registos rotineiros realizados pelos operadores;

- Ronda – Semelhante ao registo de operação, é utilizado apenas como forma de diferenciar tarefas (normalmente entre ETAR e estações elevatórias)
- Registo Manutenção 1º nível – Registos de mecânica simples, efetuados pelos operadores. Incluem-se lubrificações, afinações simples, e testagem de funcionamento de geradores
- Recolhas – Tarefas de recolha de amostras para serem analisadas no laboratório
- Limpezas – Limpezas de equipamentos, edifícios e terreno
- Verificação STE – Verificação das caixas de primeiros socorros e equipamentos de emergência

De seguida é necessário preencher os campos de tolerância e limite bem como atribuir uma legenda.

- Tolerância – Período de tempo em que a tarefa deve ser realizada após a data e hora programada. Caso o período seja ultrapassado a tarefa é considerada atrasada
- Limite – Período limite para a execução da tarefa. Caso seja ultrapassado a tarefa é encerrada automaticamente como não executada
- Legenda – São previamente definidas pelos gestores

Por fim, é necessário selecionar a equipa virtual (Figura 5-17) que vai realizar a tarefa. Esta equipa virtual corresponde à equipa que vai realizar a tarefa, sejam operadores de um subsistema, equipa de manutenção ou técnicos de laboratório.



Figura 5-17 – Equipas virtuais

Terminada a parametrização do modelo, é necessário proceder à parametrização das variáveis que vão ser registadas na tarefa.

Através da interface de parametrização de variáveis, selecionam-se as variáveis que vão ser registadas, na tarefa em questão, a partir da lista de variáveis associadas aos equipamentos previamente desbloqueadas na árvore de infraestruturas. Na figura 5-18 está representa da a seleção da variável “verificar funcionamento do equipamento” associada ao equipamento Bomba Submersível 1 Poço de Gorduras na tarefa “Registo Diário ETAR” da ETAR de Penices.

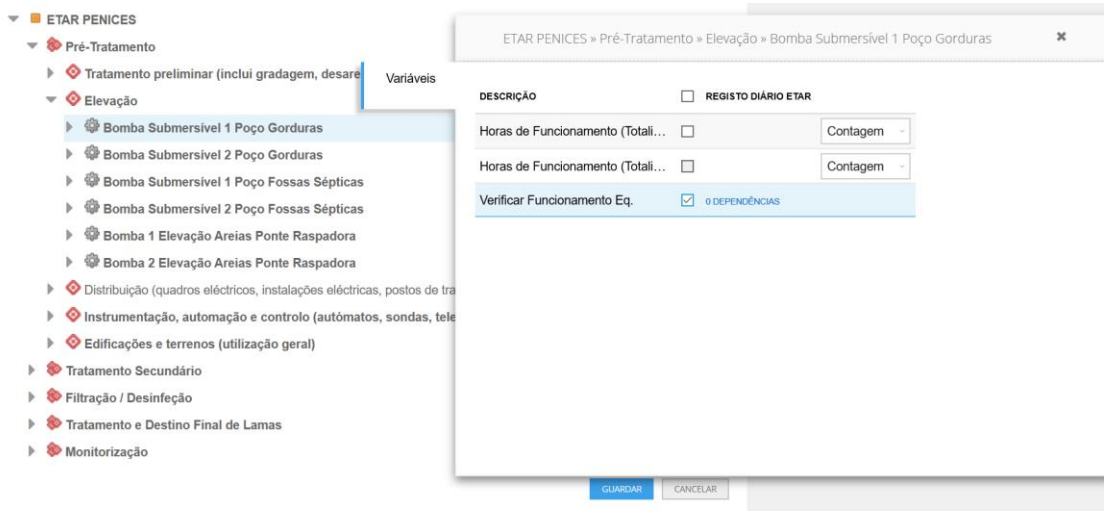


Figura 5-18 – Interface de parametrização de variáveis

Para além das ETAR, os operadores são também responsáveis por realizar as tarefas associas às estações elevatórias de Guidões, Várzea, Retorta, Ponte dos Arcos, Fontainhas e Casais.

Nas tarefas associadas às estações elevatórias registam-se as horas de funcionamento das bombas de elevação, o volume de caudais através dos medidores de caudal, a energia total no quadro elétrico e, no caso específico das estações da Várzea e Ponte de Arcos, verificações do gerador.

5.1.3. Planeamento das tarefas

Uma vez parametrizadas, procedeu-se ao planeamento das tarefas.

A figura 5-19 demonstra a interface de planeamento, onde é possível verificar a periocidade e as horas em que está planeada a execução de determinada tarefa.

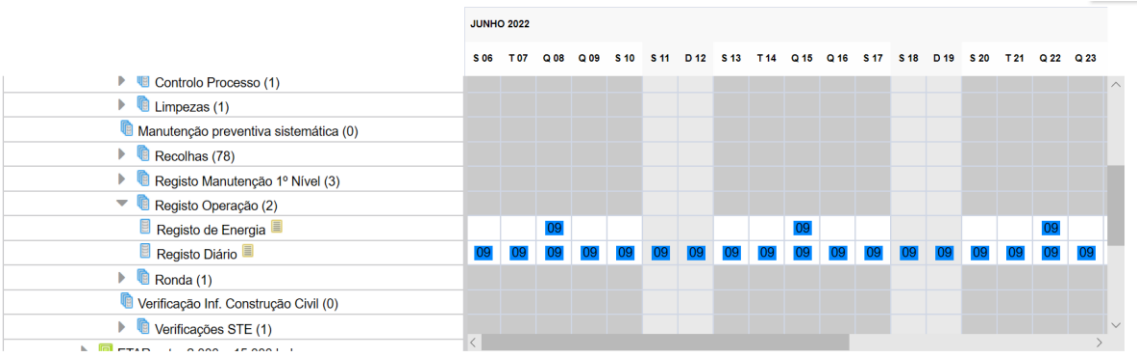


Figura 5-19 – Interface de planeamento de tarefas

Para se proceder ao planeamento de uma nova tarefa, o primeiro passo é selecionar o dia e a hora em que esta se vai iniciar (Figura 5-20)



Figura 5-20 – Seleção de data e hora de início de uma tarefa

De seguida é necessário selecionar a equipa a quem a notificação da tarefa vai aparecer e consequentemente, terá a responsabilidade de a executar (Figura 5-21).

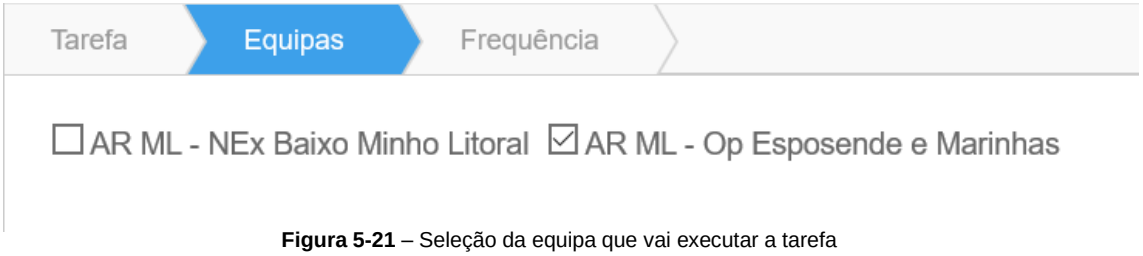


Figura 5-21 – Seleção da equipa que vai executar a tarefa

Por fim, é necessário programar a periocidade da tarefa (Figura 5-22). Esta pode ser única, diária, semanal, mensal ou anual. É possível ainda alterar esta periocidade colocando um número na caixa “a cada”. Por exemplo um 2 colocado nessa caixa, abaixo de uma periocidade diária, planeará uma tarefa para ser executada a cada dois dias.

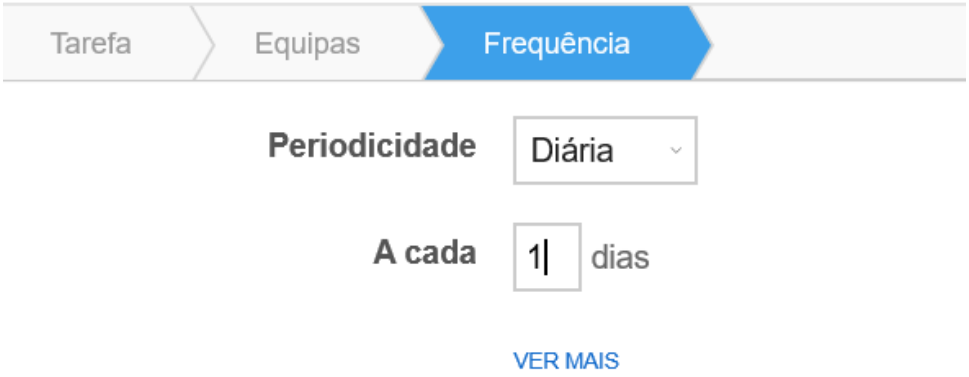


Figura 5-22 – Interface de planeamento da periocidade de uma tarefa

Para as ETAR de Penices e Água Longa foram parametrizadas várias tarefas com diferentes periocidades (Tabela 5-1):

Tabela 5-1 – Tarefas parametrizadas para as ETAR de Penices e Água Longa

Tarefa	Periocidade	Responsabilidade
Registo diário	Diária	Operadores
Registo diário automático	Diária	GERE Link
Registo mensal	Mensal	Operadores
Manutenção de geradores	Semanal	Operadores
Limpeza de sondas de oxigénio	Semanal	Operadores
Limpezas gerais	Semanal	Operadores
Verificação de caixas de primeiros socorros	Trimestral	Operadores
Verificação de equipamentos de emergência	Trimestral	Operadores
Registos das estações elevatórias	Semanal	Operadores

5.1.4. Ajustes e adaptação

A plataforma GERE entrou uma operação a 1 de fevereiro de 2022, substituindo o Navia de vez.

Como seria de esperar, apesar de toda a preparação, durante os primeiros meses de utilização foi necessário fazer ajustes e aperfeiçoamentos de forma a tornar a transição mais simples para operadores e responsáveis de exploração.

No caso específico de Penices e Água Longa, durante os dois primeiros meses de utilização da plataforma foram mantidos, nas tarefas diárias, o registo manual de horas de funcionamento e de volumes de caudais. Após esse período, com o registo automático do GERE Link esses registos passaram a ser realizados apenas mensalmente, para servirem como controlo aos dados fornecidos pelo sistema automático, com exceção dos caudais industriais que continuam a ser registados manualmente todos os dias uma vez que esses dados são fornecidos aos operadores pelas próprias indústrias.

Outros ajustes menores foram necessários ao longo do tempo, tais como, alterações na nomenclatura de alguns equipamentos, ajustes na ordem de aparecimentos de algumas variáveis, sobretudo variáveis de energia para que correspondessem à ordem em que os valores a registar aparecem nos contadores. Foram também adicionados posteriormente, à tarefa diária, variáveis de verificação do nível dos contentores de areia e gorduras.

5.2. Implementação do GERE – Esposende e Marinhas

Todo processo de implementação envolvendo variáveis, parametrização e planeamento para estes subsistemas foi realizado por Chã (2021), seguindo um procedimento semelhante ao apresentado no corrente trabalho nos subsistemas de Penices e Água Longa. Na tabela 5-2 estão representadas as tarefas parametrizadas para estes subsistemas. Desta forma o trabalho aqui relatado apenas se debruça sobre os ajustes e adaptação realizados após a implementação da plataforma.

5.2.1. Ajustes e adaptação

Tal como em Penices e Água Longa, os dados de horas de funcionamento e de volumes de caudais são importados diretamente pelo GERE Link, contudo nos subsistemas de Esposende e Marinhas, por instrução da responsável de exploração, optou-se por manter os registos diários manuais.

Os principais ajustes feitos ao GERE nos subsistemas de Esposende e Marinhas, centraram-se em alterar a nomenclatura de alguns equipamentos para evitar dúvidas e consequentes perdas de tempo, e a ordem em que algumas variáveis aparecem na folha de registos da tarefa, como foi feito em Penices e Água Longa. Também foram adicionados à árvore de infraestruturas os contentores de areias e gorduras, sendo associados a estes, variáveis de registo diário para verificar o nível destes contentores.

Adicionalmente, foram criadas duas tarefas adicionais. Uma tarefa semanal para se registar a testagem do funcionamento do gerador de emergência e uma tarefa mensal de comparação dos níveis de oxigénio entre os valores fornecidos pelos amostradores automáticos e os valores obtidos com um analisador portátil.

Tabela 5-2 – Tarefas parametrizadas para as ETAR de Esposende e Marinhas

Tarefa	Periocidade	Responsabilidade
Registo diário	Diária	Operadores
Registo diário automático	Diária	GERE Link
Comparação dos níveis de oxigénio	Mensal	Operadores
Manutenção de geradores	Semanal	Operadores
Limpeza de sondas de oxigénio	Semanal	Operadores
Limpezas gerais	Semanal	Operadores
Verificação de caixas de primeiros socorros	Trimestral	Operadores
Verificação de equipamentos de emergência	Trimestral	Operadores
Registos das estações elevatórias	Semanal	Operadores

6. Conclusão

O objetivo do corrente trabalho foi acompanhar e analisar a implementação da plataforma de gestão GERE nos subsistemas de saneamento de Penices, Água Longa, Esposende e Marinhas de forma a contribuir para o objetivo estabelecido pela empresa Águas do Norte S.A de tornar mais eficiente: o planeamento e execução de tarefas; a gestão de procedimentos e infraestruturas associados ao tratamento de águas residuais; e a resposta a ocorrências. Tudo isto é visto como de contribuições positivas para política de responsabilidade ambiental da empresa.

Durante o processo de implementação da plataforma foi necessário um conhecimento aprofundado sobre todos os processos e infraestruturas associados ao tratamento de águas residuais, desde os equipamentos necessários e a sua função durante o tratamento, ao conhecimento sobre os procedimentos e de que forma estes contribuem para melhorar a qualidade da água. Foi também necessário um conhecimento profundo sobre as rotinas e operações realizadas pelos operadores e responsáveis de exploração. Através desse conhecimento todo o processo de implementação do GERE foi muito focado nas necessidades e especificidades de cada subsistema.

A plataforma GERE apresenta inúmeras vantagens que tornam todo o processo de registo e gestão muito mais eficaz. A plataforma permite que todos os registos fiquem armazenados no mesmo *software* o que, facilita o acesso e consulta a toda a informação. Outra mais valia do GERE é a possibilidade de utilizar o GERE Link para obtenção automática de informação necessária para a realização das tarefas, informação esta que tinha de ser recolhida manualmente pelos operadores, o que custava tempo e aumentava a sua carga de trabalho, com os registos automáticos do GERE não só a carga de trabalho diária diminui como se reduz a possibilidade de ocorrência de erro humano há mais disponibilidade para lidar como qualquer ocorrência. Outra vantagem muito importante do GERE é ao nível da cibersegurança, sendo muito mais resistente a ciberataques que outras plataformas.

O GERE também apresenta desvantagens, nomeadamente a necessidade de haver ligação à internet para se poder aceder à plataforma. Nas ETAR não é um problema uma vez que a empresa fornece uma rede interna com acesso à internet, contudo no terreno pode haver locais em que o acesso à internet é mais difícil.

O processo de implementação iniciou-se com a verificação manual, no terreno, dos equipamentos presentes em todas as infraestruturas dos subsistemas de saneamento para que, através dessa informação, as respetivas árvores de infraestruturas fossem ajustadas à realidade de cada instalação. O passo seguinte envolveu a associação das variáveis de interesse aos equipamentos e stocks de reagentes correspondentes. Posteriormente as tarefas foram parametrizadas e planeadas de acordo com as necessidades de cada instalação dos subsistemas em causa.

Com a entrada em funcionamento do GERE a 1 de fevereiro de 2022, o trabalho subsequente, incidiu sobre ajustes necessários para facilitar o processo de transição e outras sugestões dos operadores de forma a que estes tenham as tarefas o mais simples e eficientes possível.

No final do trabalho a satisfação com a nova plataforma era nítida por parte de todos os trabalhadores, desde a simplicidade de realização de tarefas e de consulta das informações até ao aprimoramento e facilidade de implementar as sugestões e correções necessárias.

Para trabalhos futuros, será importante uma avaliação comparativa com outras ETARs que tenham a plataforma em funcionamento para se obterem dados mais abrangentes das vantagens e desvantagens da utilização desta plataforma ao longo do tempo e em várias localizações.

Deverá também ser implementado um controlo de qualidade ao GERE Link que deverá consistir em registos manuais paralelos em dias aleatórios de forma a complementar o controlo feito a partir do registo mensal fixo.

Por fim, sugere-se a implementação de uma ferramenta que permita a monitorização dos meios recetores das ETAR de forma a detetar potenciais irregularidades mais rapidamente, reduzindo o tempo de resposta e potenciais riscos para o meio ambiente e saúde pública.

Bibliografia

Adnorte. (2021). Plataforma GERE.

Águas do Ave (2007a). EMPREITADA DE EXECUÇÃO DAS ETAR DE MOSTEIRO – FD1 SANTO EMILIÃO – FD2 ÁGUA LONGA, FD7 E PENICES; Projeto de Execução Do Processo – ETAR de Água Longa; Memória Descritiva e Justificativa.

Águas do Ave (2007b). EMPREITADA DE EXECUÇÃO DAS ETAR DE MOSTEIRO – FD1 SANTO EMILIÃO – FD2 ÁGUA LONGA, FD7 E PENICES; Projeto de Execução Do Processo – ETAR de Penices; Memória Descritiva e Justificativa.

Águas do Norte. (2021) Política de Responsabilidade Empresarial.

Águas do Norte. (2022). Relatório de gestão e contas do ano 2021.

Amirfakhraei, A., Zarei, T., & Khorshidi, J., (2020). Performance Improvement of Adsorption Desalination System by Applying Mass and Heat Recovery Processes. Thermal Science and Engineering Progress, 100516.

Assunção, P. C. C. (2013). Controlo Analítico da ETAR de Serzedo e Avaliação do Desempenho da Instalação [Universidade do Minho]. http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/35369/1/Paula Cristina Cunha Assunção.pdf

Brito, A. F. (2010). Caracterização Qualitativa e Quantitativa dos Efluentes Industriais Existentes no Sistema de Drenagem das Estações de Tratamento de Águas Residuais de Campo e Ermesinde: Vol. FACULDADE. Faculdade de Engenharia do Porto.

Brown, Jeanette A. (2005). [American Society of Civil Engineers World Water and Environmental Resources Congress 2005 - Anchorage, Alaska, United States (May 15-19, 2005)] Impacts of Global Climate Change - The Early History of Wastewater Treatment and Disinfection. 1–7. doi:10.1061/40792(173)288

Chã, F.C.V., (2021). Implementação da plataforma GERE nos subsistemas de saneamento do centro de Exploração Minho Litoral AR. In Dissertação de Mestrado em Mestrado em Engenharia Química. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Chaplin, M. F., (2001). Water: its importance to life. Biochemistry and Molecular Biology Education 29: 54-59

Coelho, F. (2013). Elaboração dos Estudos e Projectos das ETAR e ETL de Esposende Projecto Base ETAR de Esposende.

Coelho, B.E.F. (2018). Plataforma integrada de gestão operacional NAVIA no Centro Exploração Minho Litoral-adaptação à realidade atual Orientadores [Universidade do Minho]. https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/59265/1/Dissertação - Bruno Eduardo F Coelho.pdf

Crini, G., Lichtfouse, E., (2018). Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. Environmental Chemistry Letters. doi:10.1007/s10311-018-0785-9

Decreto-Lei nº 152/97. (1997). Ministério do Ambiente. Diário Da República, I-Série A, 4775–4780. https://dre.pt/application/conteudo/365343

Decreto-Lei nº 236/98. (1998). Diários da República - Portaria 236/98, de 1 de agosto. Diário Da República - 1 Série-A, No 176, 3676–3722. https://dre.pt/pesquisa/-/search/430457/details/maximized

Diário da República. (2017). Decreto-Lei No235.

Gee, C.S., Suidan, M.T., Pfeffer, J.T., (1990). Modeling of Nitrification under Substrate-Inhibiting Conditions. Journal of Environmental Engineering, 116(1):18–31

Grey, D., Garrick, D., Blackmore, D., Kelman, J., Muller, M., & Sadoff, C., (2013). Water

security in one blue planet: twenty-first century policy challenges for science. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 371(2002): 20120406–20120406.

Grupo Água de Portugal, (2020). Quadro Estratégico de Compromisso 2020 – 2022.

Grupo Águas de Portugal, (2021). Relatório Gestão Intercalar 1º semestre 2021

Henze, M., Comeau, Y., (2008). Wastewater characterization. In: Henze, M., van Loosdrecht, M.C.M., Ekama, G.A., Brdjanovic, D. (Eds.), Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design. IWA Publishing, London, UK, pp. 33–52

Lucas, C. S. (2012). MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE. Projeto de um sistema de tratamento e valorização dos efluentes líquidos da Bioportdiesel

Luságua. (n.d.). MANUAL DE OPERAÇÃO E Manutenção ETAR de marinhas.

Mace, S., Mata-Alvarez, J. (2002). Utilization of SBR Technology for Wastewater Treatment: An Overview. Industrial & Engineering Chemistry Research, 41(23), 5539–5553. doi:10.1021/ie0201821

Metcalf & Eddy, I., (1991), Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse 4ª ed. McGraw-Hill, New York

Monte, H. M., Santos, M. T., Barreiros, A. M., & Albuquerque, A. (2016). Tratamento de Águas Residuais - Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico. www.ersar.pt

Pereira, D. (2010). Avaliação da eco-eficiência de quatro estações de tratamento de águas residuais da Águas do Minho e Lima, SA. In Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente da Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia do Porto.

Pitois, S., Jackson, M.H., Wood, B.J.B., (2001). Sources of the eutrophication problems associated with toxic algae: an overview. J. Environ. Health 64, 25 – 32.

Ray, S., Ray, I.A., (2011). Impact of population growth on environmental degradation:

case of IndiaJournal of Economics and Sustainable Development, 2 (8), pp. 72-77

Rodrigues, A. T., (2013). Implementação de um sistema de Controlo e gestão

operacional em sistemas de saneamento através de uma plataforma agregador de processos (NAVIA). [Universidade do Minho]. http://hdl.handle.net/1822/35337

Sonune, A., Ghate. R., (2004). Developments in wastewater treatment methods, 167,

55–63. doi:10.1016/j.desal.2004.06.113

Suh, Y., Rousseaux P., (2002). An LCA of alternative wastewater sludge treatment

scenarios. Resour. Conserv. Recyl. 35(3), 191–200. doi:10.1016/s0921-3449(01)00120-3

Valente, J.L.S., (2013). Estudo e Monitorização do Processo da Fase Sólida da ETAR

Norte. Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, Tese de Mestrado

Anexo A. Revisão das árvores de infraestruturas

O primeiro passo para a implementação do GERE foi a revisão das árvores de infraestruturas das ETARs e das Estações Elevatórias. Durante essas revisões, com a ajuda de documentos como o representado na figura A-1, registou-se os equipamentos corretamente identificados, esquipamentos em falta, equipamentos a eliminar, mudanças de localização e também alterações na nomenclatura do equipamento atual, para que todas as alterações necessárias fossem posteriormente realizadas.

EE [0AVE03 (MACIEIRA)] 4403-CV-322-306-E21 [978] [ ]	EE 10GST01 (VARZEA) [4403-CV-322-306-E28 [1983264	EE 10RET01 (RETORTA) [4403-CV-322-306-E31 [1134648	EE 10GST04 (PONTE DOS ARCOS) [4403-CV-322-306-E28 [1135884	EE 10FON01 (FONTAINHAS) [4403-CV-322-306-E28 [1134989	EE CAS01 (CASAIS) [4403-CV-322-306-E32 [1134963
Elevar | 4403-CV-322-306-E21-309					
Tratamento preliminar (inclui gradagem, desarenação e remoção de óleos e gorduras) | 4403-CV-322-306-E21-309-102					
Válvula Seccionamento Admissão Poço EE | 4403-CV-322-306-E21-309-102-VAP001					
Válvula Comporta | 4403-CV-322-306-E21-309-102-VAP001-100000287937					
Elevação | 4403-CV-322-306-E21-309-130					
✓ Bomba 1 Poço EE | 4403-CV-322-306-E21-309-130-GBS001	✓	Avaria	✓	✓	✓
Bomba Submersível | 4403-CV-322-306-E21-309-130-GBS001-100000287938					
Avaria Bomba 2 Poço EE | 4403-CV-322-306-E21-309-130-GBS002	✓	✓	✓	✓	✓
Bomba Submersível | 4403-CV-322-306-E21-309-130-GBS002-100000287939					
Produção (geradores, painéis solares, etc.) | 4403-CV-322-306-E21-309-501					
Gerador Recinto | 4403-CV-322-306-E21-309-501-GGE001					
✓ Gerador | 4403-CV-322-306-E21-309-501-GGE001-100000287940	✓	X	✓	X	X
Distribuição (quadros eléctricos, instalações eléctricas, postos de transformação) | 4403-CV-322-306-E21-309-502					
QEG Recinto | 4403-CV-322-306-E21-309-502-QEL001					
✓ QEG | 4403-CV-322-306-E21-309-502-QEL001-100000287941	✓	✓	✓	✓	✓
Diferencial | 4403-CV-322-306-E21-309-502-QEL001-100000289252					
Fonte Alimentação DC | 4403-CV-322-306-E21-309-502-QEL001-100000289253					
Disjuntor | 4403-CV-322-306-E21-309-502-QEL001-100000289254					
Instalações Eléctricas | 4403-CV-322-306-E21-309-502-REL001					
Rede Eléctrica | 4403-CV-322-306-E21-309-502-REL001-100000287942					
Iluminação Recinto | 4403-CV-322-306-E21-309-502-REL002					
Poste Iluminação | 4403-CV-322-306-E21-309-502-REL002-100000287943					
Antena Recinto | 4403-CV-322-306-E21-309-502-REL003					
Antena | 4403-CV-322-306-E21-309-502-REL003-100000287944					
Instrumentação, automação e controlo (autómatos, sondas, telegestão, etc) | 4403-CV-322-306-E21-309-600					
Arrancador Suave Bomba 1 QEG | 4403-CV-322-306-E21-309-600-ARP001					
Arrancador Suave | 4403-CV-322-306-E21-309-600-ARP001-100000287948					
Arrancador Suave Bomba 2 QEG | 4403-CV-322-306-E21-309-600-ARP002					
Arrancador Suave | 4403-CV-322-306-E21-309-600-ARP002-100000287949					
✓ Medidor Caudal Cx Válvulas EE | 4403-CV-322-306-E21-309-600-EMG001	✓	✓	✓	✓	✓
Conversor/Transmissor QEG | 4403-CV-322-306-E21-309-600-EMG001-100000287957					

Figura A-1- Documento de registos utilizado para auxiliar a revisão das árvores de infraestruturas

Anexo B. Controlo operacional dos subsistemas de Penices e Água Longa

Anexo B.1. Controlo operacional das ETARs de Penices e Água Longa

Na tabela B-1 estão representadas as variáveis que são registadas nas tarefas relacionadas com o controlo operacional de Penices e Água Longa.

Tabela B-1-Controlo Operacional das ETARs de Penices e Água Longa.

Tarefa	Variável a registar	Periocidade	Responsabilidade
Registo diário	Estado de funcionamento dos equipamentos	Diária	Operadores
Registo diário	Stock de Reagentes	Diária	Operadores
Registo diário	Caudais industriais	Diária	Operadores
Registo diário	Caudal de água de rede	Diária	Operadores
Registo diário	Verificação do nível dos contentores de areia e gorduras	Diária	Operadores
Registo diário	Variáveis de energia	Diária	Operadores
Registo diário automático	Registo automático de horas de funcionamento	Diária	GERE Link
Registo diário automático	Registo automático de volumes de caudais	Diária	GERE Link
Registo Mensal	Registo manual de horas de funcionamento	Mensal	Operadores
Registo Mensal	Registo manual de volumes de caudais	Mensal	Operadores
Manutenção de geradores	Horas de funcionamento	Semanal	Operadores
Manutenção de geradores	Nível de combustível	Semanal	Operadores
Manutenção de geradores	Testar funcionamento	Semanal	Operadores

Anexo B.2. Controlo operacional das estações elevatórias de Penices e Água Longa

Na tabela B-2 estão representadas as estações elevatórias (EE) da responsabilidade dos operadores de Penices e Água Longa apesar de pertencerem ao subsistema de saneamento do Ave e na tabela B-3 estão representadas as variáveis registadas na tarefa de registo de cada uma das EE.

Tabela B-2. Estações elevatórias da responsabilidade dos operadores de Penices e Água Longa

Subsistema	Estação Elevatória
Ave	EE 10AVE03 Macieira
	EE 10EST03 Várzea
	EE 10RET01 Retorta
	EE 10EST04 Ponte dos Arcos
	EE 10FONT01 Fontaínhas
	EE CAS01 Casais
	EE GUI01 Guidões

Tabela B-3. Variáveis registadas na tarefa de registo de estação elevatória em Penices e Água Longa

Tarefa	Variável a registar	Periocidade	Responsabilidade
Registo das estações elevatórias	Horas de funcionamento dos equipamentos	Semanal	Operadores
Registo das estações elevatórias	Variáveis de energia	Semanal	Operadores
Registo das estações elevatórias	Manutenção do gerador	Semanal	Operadores
Registo das estações elevatórias	Volume de caudal	Semanal	Operadores

As tarefas de cada uma das estações elevatórias são muito semelhantes entre si, seguindo a base demostrada na tabela anterior. Contudo existem algumas diferenças que se devem aos diferentes equipamentos que cada uma destas EE apresenta. As principais diferenças dizem respeito à variável de gerador, uma vez que somente as EE de Macieira, Várzea e Ponte de Arcos é que estão equipados com geradores. Outra diferença diz respeito aos equipamentos cujas horas de funcionamento são registadas. Somente as EE da Várzea, Ponte de Arcos e Guidões é que estão equipadas com tamisador e a EE da Várzea tem três bombas de elevação enquanto das as outras têm apenas duas.

Anexo C. Controlo operacional dos subsistemas de Esposende e Marinhas

Anexo C.1. Controlo operacional das ETAR de Esposende e Marinhas

Na tabela C-1 estão representadas as variáveis que são registadas nas tarefas relacionadas com o controlo operacional de Esposende e Marinhas.

Tabela C-1. Controlo Operacional das ETARs de Esposende e Marinhas.

Tarefa	Variável a registar	Periocidade	Responsabilidade
Registo diário	Estado de funcionamento dos equipamentos	Diária	Operadores
Registo diário	Stock de Reagentes	Diária	Operadores
Registo diário	Caudais industriais	Diária	Operadores
Registo diário	Caudal de água de rede	Diária	Operadores
Registo diário	Verificação do nível dos contentores de areia e gorduras	Diária	Operadores
Registo diário	Variáveis de energia	Diária	Operadores
Registo diário	Registo manual de horas de funcionamento	Diária	Operadores
Registo diário	Registo manual de volumes de caudais	Diária	Operadores
Registo diário automático	Registo automático de horas de funcionamento	Diário	GERE Link
Registo diário automático	Registo automático de volumes de caudais	Diário	GERE Link
Manutenção de geradores	Horas de funcionamento	Semanal	Operadores
Manutenção de geradores	Nível de combustível	Semanal	Operadores
Manutenção de geradores	Testar funcionamento	Semanal	Operadores
Comparação dos níveis de oxigénio	Verificação dos níveis de oxigénio	Mensal	Operadores

Anexo C.2. Controlo operacional das estações elevatórias de Esposende e Marinhas

Na tabela C-2 estão representadas as estações elevatórias da responsabilidade dos operadores de Esposende e Marinhas e a qual dos subsistemas cada uma pertence e na tabela C-3 estão representadas as variáveis registadas na tarefa de registo de cada uma das EE.

Tabela C-2. Estações elevatórias da responsabilidade dos operadores de Esposende e Marinhas

Subsistema	**Estações Elevatórias Esposende**
Esposende	EE 34 Cedovém
	EE 39 Av. Colónia-Pirâmide
	EE 41 Criaz
	EE 35 Praia da Couve
	EE 36 Largo 1º de Maio
	11APU01 Apúlia
	EE 28 Lírios
	EE 11FAO02 Pedreiras
	EE 29 Cemitério
	EE 11FAO01Fão
	EE 26 Fontela
	EE 11QTB01 Quinta da barca
	EE 11GEM01 Gemeses
	EE18 Lagoa
	EE 17 Marginal
	EE 11 CURV01
	EE 11 MAR01 Cepães
	EE 11MAR02 Cepães Norte
	EE 11 BEL01 Mar
	EE 11MAR03 Travessa da praia

Marinhas	EE 11 Borreiro
	EE 11 BEL02 Barros
	EE 11 BEL 04 Caniço
	EE 11 BEL 05 Santo Amaro
	EE 11 ANT04 Monte
	EE 11ANT05 Pereira
	EE04 Antas
	EE 02 Barrouco
	EE 04 STA Marinha

Tabela C-3. Variáveis registadas na tarefa de registo de estação elevatória em Esposende e Marinhas

Tarefa	Variável a registar	Periocidade	Responsabilidade
Registo das estações elevatórias	Horas de funcionamento dos equipamentos	Diária	Operadores
Registo das estações elevatórias	Variáveis de energia	Semanal	Operadores
Registo das estações elevatórias	Manutenção do gerador	Diária	Operadores
Registo das estações elevatórias	Volume de caudal	Semanal	Operadores
Limpezas	Poço, Cestos e Tamisador	Mensal	Operadores

A parametrização das tarefas de cada uma das estações elevatórias é muito semelhante entre si. Contudo existem algumas diferenças que se devem aos diferentes equipamentos que cada uma destas EE apresenta. Uma das principais diferenças das tarefas entre as EE de apúlia, Fão, Lage, Pedreiras, Quinta da barca, Pereira, Barros, Cepães e as restantes é a tarefa referente ao gerador. Em relação ás variáveis de

energia existe elevatórias que controlam a energia vazio, ponta, cheia para além da energia total.

A EE de Apúlia, Quinta da barca e Fão apresentam tanto cesto e como tamisador, a EE de Cepães e Pereira possuem apenas cesto e a EE de Barros apresenta apenas tamisador que devem ser limpos. Por outro lado as restantes EE que não possuem nem cesto nem tamisador pelo que as suas tarefas não incluem a limpeza destes.