

**Sandra Patrícia Monteiro Sabença**

**Gestão da água na indústria - Reutilização de água  
para a rega na PSA Peugeot Citroën Mangualde**



**Sandra Patrícia Monteiro Sabença**

**Gestão da água na indústria - Reutilização de água  
para a rega na PSA Peugeot Citroën Mangualde**

**Relatório de Estágio**  
**Mestrado em Tecnologias Ambientais**

**Professor Doutor Pedro Baila Madeira Antunes**  
**Professor Doutor Artur Manuel Bordalo Machado Figueirinha**



Aos meus pais, às minhas irmãs, aos meus avós e ao Miguel.



# RESUMO

O presente relatório realizou-se no âmbito do estágio curricular do curso de Mestrado de Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, que decorreu na unidade industrial de montagem terminal de veículos automóveis da PSA Peugeot Citroën Automóveis de Portugal S.A, em Mangualde.

Com o presente trabalho, ao nível da gestão da água, pretendeu-se a reutilização de águas residuais – efluentes de diferentes fases do processo produtivo e do sistema de tratamento – na rega dos espaços verdes da unidade industrial; perspetivando a melhoria da Pegada Ecológica da PSA e a redução de custos do sistema de rega.

Foi caracterizada, qualitativa e quantitativamente, a gestão da água do processo produtivo, verificando-se uma acuidade particular nas fases do processo com maior consumo de água, produção de água residual e/ou maior potencial para a respetiva reutilização, sendo investigada a viabilidade da sua aplicação para rega, analisando-se eventuais opções de diluição ou tratamento.

Foram aferidas as imposições legais de qualidade de água para rega e, para verificar o efeito tóxico das águas residuais em espécies vivas, foram realizados testes ecotoxicológicos a efluentes selecionados e respetivas diluições (0%; 25%, 50% e 75%).

Para testar o efeito imediato da aplicação do efluente, realizaram-se testes de germinação e de crescimento. Verificou-se que o efluente dos condicionadores de ar gera impacte na germinação de sementes mas não no crescimento da espécie.

Para avaliar o efeito da acumulação derivada da aplicação continuada do efluente na rega, aplicou-se um teste de crescimento ao efluente com 75% de diluição; observando-se não existirem efeitos significativos na espécie.

Para verificar os efeitos da aplicação do efluente dos condicionadores de ar com uma diluição de 75% num espaço real, fez-se um teste piloto na PSA Mangualde, ao nível da relva, Hera e de um arbusto. Determinou-se a concentração de clorofila antes e depois da operação de rega piloto, demonstrou-se impacte na concentração de clorofila b na relva e na clorofila a e b da Hera.

Assim, nas condições estudadas, não se considera viável a utilização de efluentes industriais nos espaços verdes da PSA Mangualde.



# ABSTRACT

The current curricular internship report of the Masters in Environmental Technology of The School of Technology and Management of Viseu occurred inside the PSA Automobile manufacturing industry, in Mangualde.

The goal of this work, related to the water management, was to assess the reuse of waste waters, which came from the production process and the treatment system, in the irrigation of green spaces of the factory in order to improve PSA ecologic philosophy and at the same time reduce costs associated to the irrigation process.

It was categorized a qualitative and quantitative of the water management of the production process. It was verified a particular acuity in the phases of the process with a higher water consumption, in the production of waste water and/or its higher potential for reuse. Thus it was considered its feasibility for irrigation by evaluating possibilities of dilution or treatment.

It was assessed legal impositions to the water quality for irrigation in order to verify the toxic effect in living species. As a result it was conducted ecotoxicity tests to selected effluents in the corresponding dilutions (0%, 25%, 50% and 75%).

In order to test the immediate effect of the application of the effluent, it was conducted germination and growth tests. It was verified that the effluent from air conditionings influences seeds germination but not in the growth of the species.

With the aim of evaluating the derived continued accumulation of the effluent in irrigation, it was prepared a growth test to the effluent with 75% of dilution. It was demonstrated that there weren't significant effects in the species.

To verify the effects of the effluent application in air conditionings with a 75% of dilution in a real space, it was conducted a pilot test at PSA Mangualde in some species such as grass, ivy and a bush. It was determined the chlorophyll concentration before and after the pilot irrigation process. It was demonstrated the impact of chlorophyll concentration *b* in the grass and chlorophyll *a* and *b* in the ivy.

Thus, in the studied conditions, it is not feasible the use of industrial effluents in the green spaces of PSA Mangualde.



## PALAVRAS-CHAVE

Gestão da água

Setor de montagem automóvel

ETARI

Reutilização de águas residuais para rega

Testes Ecotoxicológicos



## KEY-WORDS

Water management

Automotive assembly industry

IWWTP

Wastewater reuse for irrigation

Ecotoxicological tests



# AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho não seria possível sem o apoio de diversas pessoas a quem gostaria de expressar o meu agradecimento.

Aos meus pais, avós, irmãs e ao Miguel pela dedicação e apoio incondicional que sempre demonstraram.

Ao professor Doutor Pedro Baila e ao professor Doutor Artur Figueirinha, por todo o apoio, disponibilidade e paciência demonstrada ao longo do estágio e durante a realização deste relatório.

Ao Engenheiro Paulo Elvas e à Engenheira Hélia Pereira pelo acolhimento na PSA Mangualde e por todo o apoio e orientação prestada durante o estágio e elaboração deste trabalho.

Ao meu namorado Marcelo Figueiredo pelo apoio, amizade e companheirismo incondicionalmente demonstrado.

Aos meus colegas da PSA Mangualde, que contribuíram para que o meu estágio curricular fosse agradável e enriquecedor.

A todos os meus amigos e colegas que me ajudaram a atingir os meus objetivos.

Muito obrigada.



# ÍNDICE GERAL

Resumo .....	III
Abstract .....	V
Palavras-chave .....	VII
Key-Words.....	IX
Agradecimentos.....	XI
Índice Geral .....	XIII
Índice de Figuras .....	XVII
Índice de Quadros .....	XXI
Abreviaturas e Siglas .....	XXV
Parte 1 – Contextualização Teórica .....	1
1. Introdução.....	3
1.1 Plano de trabalhos.....	3
1.2 Organização do trabalho.....	5
2. Caracterização do Processo Produtivo da Industria de Montagem Automóvel .....	7
2.1 Linha de ferragem.....	7
2.2 Linha de Pintura .....	7
2.3 Linha de Montagem .....	15
2.4 Linha de Qualidade.....	15
3. Gestão da Água nas Industrias do Sector de Montagem Automóvel.....	17
3.1 Principais Operações Consumidoras de Água.....	17
3.2 Características das Águas Residuais Produzidas .....	19
3.3 Sistemas de Tratamento de Águas Residuais .....	20
3.3.1 Tratamento Preliminar .....	20
3.3.2 Tratamento Primário .....	21
3.3.3 Tratamento Secundário .....	21
3.3.4 Tratamento Terciário e Avançados .....	25
3.3.5 Tratamento da Fase Sólida.....	27
3.4 Procedimentos e Tecnologias de Redução e Reutilização de Água .....	28
3.5 Certificação, legislação, licenciamentos e normas aplicáveis .....	31
4. Reutilização de Águas Residuais Industriais.....	33
4.1 Reutilização de Águas Residuais Industriais para Rega de Espaços Verdes.....	35
4.1.1 Influência da qualidade das águas residuais industriais nas plantas e no solo.....	36
4.1.2 Requisitos de qualidade das águas residuais industriais para rega .....	41

4.1.3	Medidas práticas para inimizar a toxicidade das águas residuais Industriais nas plantas	44
4.1.4	Riscos derivados da utilização de águas residuais industriais para rega	45
5.	Ensaio Ecotoxicológicos	47
5.1	Teste de Germinação de Sementes	49
5.2	Teste de Crescimento	49
5.3	Teste de Determinação da Clorofila	50
	Parte 2 – Caso de Estudo	53
6.	PSA Peugeot Citroën Automóveis de Portugal, S.A.	55
6.1	Caracterização do processo Produtivo	56
6.1.1	Linha de Ferragem	56
6.1.2	Linha de Pintura	57
6.1.3	Linha de Montagem	64
6.1.4	Linha de Qualidade	65
7.	Gestão da Água no Centro de Produção	67
7.1	Principais Processos Consumidores de Água	81
7.2	Principais Equipamentos Consumidores de Água	82
7.2.1	Torres de Refrigeração	82
7.2.2	Condicionadores de ar	84
7.2.3	Caldeira	85
7.2.4	Desmineralizador de água	86
7.3	Consumos de Água nos Espaços Verdes	86
7.3.1	Caracterização das Zonas Verdes	87
7.3.2	Avaliação dos Consumos	93
7.3.3	Avaliação dos Custos de Água de Rega	95
7.4	Sistemas de Tratamento das Águas Residuais Produzidas	98
7.4.1	Tratamento de Águas das Cabines	98
7.4.2	ETARI	99
8.	Análise dos Efluentes para a Rega Paisagística	103
8.1	Efluente da ETARI	107
8.2	Efluente dos Condicionadores	109
8.3	Efluente Tina n.º5	112
9.	Testes Ecotoxicológicos	115
9.1	Seleção dos efluentes para rega	115
9.2	Seleção da espécie	116
9.3	Métodos	116
9.3.1	Recolha e conservação das amostras	116

9.3.2	Caracterização Química das Amostras.....	117
9.3.3	Capacidade Germinativa .....	119
9.3.4	Capacidade de Crescimento.....	120
9.3.5	Determinação da concentração da clorofila .....	121
9.4	Resultados e Discussão .....	122
9.4.1	Caracterização química das amostras.....	122
9.4.2	Capacidade Germinativa .....	125
9.4.3	Capacidade de Crescimento.....	135
9.5	Aplicação do Teste Piloto na PSA Mangualde .....	145
9.5.1	Determinação da Clorofila .....	146
9.5.2	Análise e Discussão dos Resultados .....	146
10.	Trabalhos Realizados Durante o Estágio .....	151
	Conclusão.....	153
	Referências .....	157
	Anexos .....	163



# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 – Fluxograma dos processos na linha de Pintura.....	8
Figura 2-2 – Fluxograma do processo de pré-tratamento. ....	9
Figura 2-3 – Fluxograma do processo de eletrodeposição.....	10
Figura 2-4 - Fluxograma do processo de Selagem/Estanquicidade. ....	11
Figura 2-5 - Fluxograma do processo de aplicação do Primer. ....	12
Figura 2-6 – Fluxograma do processo de aplicação de tinta de base e verniz, para as cores sólidas, metálicas e perolizadas. ....	13
Figura 2-7 - Fluxograma do processo de conservação das cavidades. ....	13
Figura 2-8 - Fluxograma do processo de inspeção e polimento. ....	14
Figura 2-9 - Fluxograma do processo de conservação para o transporte.....	15
Figura 3-1 – Processo de lamas ativadas. Adaptado: (Moura, 2012; Cunha, 2010).....	23
Figura 3-2 – Lavagem em contra corrente. Fonte: (Källander, 2008) .....	29
Figura 3-3- Esquema representativo de um sistema de recuperação com retorno ao processo. Fonte: (Figueiredo, 2000) .....	29
Figura 3-4 - Esquema representativo de um sistema de recuperação sem retorno ao processo. Fonte: (Figueiredo, 2000) .....	30
Figura 3-5 - Aplicação de carvão ativado e evaporação no processo de Fosfatação de Zinco. Fonte: (Källander, 2008) .....	31
Figura 6-1 – PSA Peugeot Citroen S.A. Mangualde. Fonte: Fornecida pela PSA. ....	56
Figura 6-2 - Principais fases do processo produtivo geral na linha de Pintura.....	58
Figura 6-3 - Processo de funcionamento das tinas TTS.....	59
Figura 6-4 – Processo de Cataforese na PSA Mangualde. ....	62
Figura 7-1 – Esquema geral do ciclo da água na PSA Mangualde.....	69
Figura 7-2 – Fluxograma do ciclo da água e identificação contadores de água da PSA Mangualde.....	75
Figura 7-3 – Exemplo do funcionamento de um sistema em circuitos semi-abertos, com recirculação de água. Fonte: Rito, 2010.....	84
Figura 7-4 – Divisão das zonas verdes da PSA Mangualde. Fonte: PSA Mangualde. ....	87
Figura 7-5 – Caracterização do jardim das Oliveiras, presente na Zona 1. Fonte: PSA Mangualde.....	88
Figura 7-6 – Caracterização da zona verde à frente do edifício da direção, presente na Zona1. Fonte: PSA Mangualde.....	88
Figura 7-7 – Caracterização do espaço verde ao lado da cantina, presente na Zona 1. Fonte: PSA Mangualde.....	89
Figura 7-8 – Caracterização da zona verde no exterior, perto do parque de veículo, na Zona 1. Fonte: PSA Mangualde. ....	89
Figura 7-9 – Caracterização da rotunda presente na Zona 2. Fonte: PSA Mangualde. ....	90

Figura 7-10 – Caracterização da zona verde correspondente ao interior da rampa na Zona 2. Fonte: PSA Mangualde. ....	90
Figura 7-11 – Caracterização da zona verde correspondente ao exterior da rampa na Zona 2. Fonte: PSA Mangualde. ....	91
Figura 7-12 – Caracterização dos espaços verdes da Zona 3. Fonte: PSA Mangualde. ....	91
Figura 7-13 – Caracterização dos espaços verdes presentes na Zona 4, nomeadamente nos parques de estacionamento 1 e 2. Fonte: PSA Mangualde. ....	92
Figura 7-14 – Caracterização dos espaços verdes presentes no parque de estacionamento 3, na Zona 4. Fonte: PSA Mangualde. ....	92
Figura 7-15 - Variações de consumo de água (m <sup>3</sup> ) para a rega dos espaços verdes na PSA Mangualde ao longo dos anos 2010, 2011, 2011. ....	94
Figura 7-16 - Volume mensal de água captada no furo 2 e de água industrial que satisfizeram as necessidades de rega em 2012 e o respetivo volume acumulado. ....	96
Figura 7-17 - Variação do custo mensal da água para rega e o respetivo valor acumulado, no ano 2012. ....	97
Figura 7-18 - Esquema geral da ETARI da PSA Mangualde. ....	100
Figura 8-1 – Configuração geral do sistema. Fonte: Anecchini, 2005. ....	106
Figura 8-2 – Reservatório de eliminação das primeiras chuvadas. Fonte: Anecchini, 2005. ....	106
Figura 8-3 – Tratamento da água da purga dos condicionadores com sistema de membranas. ....	112
Figura 8-4 – Variação da condutividade elétrica (μS/cm) da Tina n.º5 analisada no laboratório da fábrica, de um ciclo de banho completo. ....	113
Figura 9-1 - Resultados obtidos no Teste de Germinação feito ao efluente dos GRGs. ....	126
Figura 9-2 - Resultados obtidos no Teste de Germinação feito ao efluente da ETARI. ....	127
Figura 9-3 - Resultados obtidos no Teste de Germinação feito à água industrial concentrada. ....	128
Figura 9-4 - Resultados obtidos no Teste de Germinação controlo. ....	128
Figura 9-5 - Média do número de sementes germinadas no teste de germinação ao efluente dos GRGs. ....	129
Figura 9-6 - Comprimento médio (cm) das radículas obtido no teste de germinação ao efluente dos GRGs. ....	130
Figura 9-7 – Índice de germinação (%) obtido no teste de germinação ao efluente dos GRGs. ....	131
Figura 9-8 - Média do número de sementes germinadas no teste de germinação ao efluente da ETARI. ....	131
Figura 9-9 - Comprimento médio (cm) das radículas obtido no teste de germinação ao efluente da ETARI. ....	133
Figura 9-10 - Índice de germinação (%) obtido no teste de germinação ao efluente da ETARI. ....	134
Figura 9-11 - Aspeto final do Teste de crescimento relativo ao efeito imediato. ....	135

Figura 9-12 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato do controlo.....	136
Figura 9-13 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de água industrial.....	136
Figura 9-14 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs.....	137
Figura 9-15 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de efluente da ETARI.....	137
Figura 9-16 - Percentagem do número médio de sementes germinadas obtido no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs. ....	139
Figura 9-17 – Massa média por planta seca obtido (g) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs.....	140
Figura 9-18 - Índice de crescimento (%) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs. ....	140
Figura 9-19 - Sementes germinadas (%) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI. ....	141
Figura 9-20 – Massa média por planta seca (g) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI. ....	142
Figura 9-21 - Índice de crescimento (%) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI. ....	142
Figura 9-22 – Resultados do teste de crescimento com o efeito da acumulação do controlo. ....	143
Figura 9-23 - Resultados do teste de crescimento com o efeito da acumulação do efluente dos GRGs com 75% de diluição. ....	144
Figura 9-24 – Teste piloto na PSA Mangualde com o efluente dos GRGs concentrado a 25%. ....	145
Figura 9-25 – Concentração de clorofila <i>a</i> (mg clorofila <i>a</i> /g amostra) da Hera, antes e depois do ensaio.....	146
Figura 9-26 - Concentração de clorofila <i>b</i> (mg clorofila <i>b</i> /g amostra) da Hera, antes e depois do ensaio.....	147
Figura 9-27 - Concentração de clorofila <i>a</i> (mg clorofila <i>a</i> /g amostra) da relva, antes e depois do ensaio.....	148
Figura 9-28 - Concentração de clorofila <i>b</i> (mg clorofila <i>a</i> /g amostra) da Relva, antes e depois do ensaio.....	148
Figura 0-1 – Projeto: Rega com água recuperada 2013 “A3” .....	167
Figura 0-2 – Folha de cálculo da quantidade de coagulante a adicionar ao caudal de tratamento. ....	169
Figura 0-3 - Folha de cálculo com a relação entre o débito da bomba (L/h) de coagulante e a regulação respetiva (%). ....	169
Figura 0-4 - Folha de cálculo da quantidade de floculante a adicionar ao caudal de tratamento. ....	170
Figura 0-5 - Folha de cálculo com a relação entre o débito da bomba (L/h) de floculante e a regulação respetiva (%). ....	170



# ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1-1 - Plano de trabalhos previsto.....	4
Quadro 1-2 - Cronograma de tarefas desenvolvidas.....	4
Quadro 3-1 - Eficiência de remoção de contaminantes através de alguns tratamentos secundários. Fonte: (Monte, 1996). .....	24
Quadro 3-2 – Legislação aplicável à gestão da água neste setor de produção.....	32
Quadro 4-1 - Características das águas residuais que interagem com o sistema solo-planta e atividade agrícola. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.....	36
Quadro 4-2 – Tolerância dos relvados à salinidade. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010. ...	39
Quadro 4-3 – Parâmetros de qualidade das águas destinadas à rega, adaptado do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, Anexo XVI. ....	42
Quadro 7-1 – Consumos mensais (m <sup>3</sup> ) registados pelos contadores de água da PSA Mangualde, no ano 2012, e os respetivos consumos mensais (m <sup>3</sup> ) domésticos, industriais e globais. ....	77
Quadro 7-2 – Quantidade de veículos mensalmente produzidos e os números de entradas e de dias trabalhados na PSA Mangualde no ano de 2012.....	79
Quadro 7-3 – Consumos mensais de água (m <sup>3</sup> ) realizados por alguns equipamentos e processos da PSA Mangualde, no ano 2012. ....	79
Quadro 7-4 – Quantidade de água consumida mensalmente (m <sup>3</sup> ) pela PSA Mangualde e o respetivo valor anual de consumo, referente ao ano 2012.....	80
Quadro 7-5 – Consumo mensal e anual de água (m <sup>3</sup> ) das casas de banho da PSA Mangualde no ano 2012. ....	80
Quadro 7-6 – Consumo mensal e anual de água (m <sup>3</sup> ) na linha de Pintura da PSA Mangualde, no ano de 2012. ....	81
Quadro 7-7 - Consumo de água (m <sup>3</sup> ) na rega dos espaços verdes na PSA Mangualde nos anos de 2010, 2011 e 2012. ....	94
Quadro 7-8 – Custo médio mensal por m <sup>3</sup> (€) da água industrial advinda do tanque da fábrica e da água industrial para rega, em 2012, e as respetivas proporções de água captada vs água da rede. ....	96
Quadro 7-9 – Valores limite de emissão impostos pela Câmara Municipal de Mangualde para a descarga do efluente da ETARI da PSA Mangualde.....	102
Quadro 8-1 – Valores típicos de alguns parâmetros característicos para diferentes tipos de águas residuais urbanas. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.....	104
Quadro 8-2 – Média dos valores obtidos nas análises mensais à saída da ETARI, relativamente ao ano 2011 e 2012, e respetivos valores limite de descarga imitados pela câmara e para rega, segundo o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto. ....	108
Quadro 8-3 – Valores de condutividade elétrica do relatório de análise de água dos circuitos, relativamente ao mês de Dezembro de 2012.....	110
Quadro 8-4 – Resultados obtidos das medições da Condutividade Elétrica (µS/cm) e do pH da mistura dos efluentes dos condicionadores nos GRGs. ....	111
Quadro 8-5 – Concentração de Zircónio na Tina n.º5, analisada no laboratório da fábrica. ....	113

Quadro 8-6 – Resultados a determinados parâmetros analisados do efluente da Tina n.º5. .....	114
Quadro 9-1 – Metodologias analíticas utilizadas pelo laboratório para determinar os parâmetros mensais do efluente à saída da ETARI. ....	118
Quadro 9-2 - Valores obtidos nas análises feitas pelo laboratório acreditado ao efluente à saída da ETARI, no dia 08/03/2013. ....	122
Quadro 9-3 - Valores obtidos nas análises feitas pela AQUAPROX ao circuito dos condicionadores de ar, no dia 08/03/2013. ....	123
Quadro 9-4 - Resultados obtidos no teste de germinação ao controlo, relativamente à média de sementes germinadas, ao comprimento médio das radículas e ao índice de germinação. .....	128
Quadro 9-5 – Resultados obtidos para o teste de germinação ao efluente dos GRGs relativamente ao número de sementes germinadas, à média de sementes e o respetivo desvio padrão associado. ....	129
Quadro 9-6 - Resultados obtidos para o teste de germinação ao efluente dos GRGs relativamente ao comprimento médio da radículas (cm) e o respetivo desvio padrão associado.....	130
Quadro 9-7 – Resultados obtidos para o teste de germinação ao efluente da ETARI relativamente ao número de sementes germinadas, à média de sementes e o respetivo desvio padrão associado. ....	132
Quadro 9-8 - Resultados obtidos para o teste de germinação ao efluente da ETARI relativamente ao comprimento médio da radículas (cm) e o respetivo desvio padrão associado.....	133
Quadro 9-9 - Resultados do teste de germinação para a água industrial concentrada.....	134
Quadro 9-10 – Índice de crescimento (%) e massa média por planta seca (g) obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de água industrial e do controlo.....	138
Quadro 9-11 – Número, média e percentagem de sementes germinadas, e desvio padrão da média de sementes germinadas obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de água industrial e do controlo. ....	138
Quadro 9-12 - Número, média e percentagem de sementes germinadas, e desvio padrão do número de sementes germinadas obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs. ....	139
Quadro 9-13 - Número, média e percentagem de sementes germinadas, e desvio padrão do número de sementes germinadas obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI.....	141
Quadro 9-14 - Massa média por planta seca no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI.....	142
Quadro 9-15 – Resultados obtidos para os diferentes parâmetros no teste de crescimento com efeito de acumulação da aplicação de efluente. ....	144
Quadro 9-16 – Concentração da clorofila <i>a</i> e <i>b</i> (mg clorofila/g amostra) da Hera antes e depois do ensaio.....	147
Quadro 9-17 - Concentração da clorofila <i>a</i> e <i>b</i> (mg clorofila/g amostra) da Relva antes e depois do ensaio.....	149

Quadro 9-18 – Concentração de clorofila <i>a</i> e <i>b</i> (mg clorofila/g amostra) do arbusto, antes e depois do teste piloto. ....	149
Quadro 0-1 – Tolerância de plantas de ornamentação à salinidade. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010. ....	163
Quadro 0-2 – Tolerância das culturas agrícolas à salinidade da água de rega. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010. ....	165



## ABREVIATURAS E SIGLAS

ARH – Administração da Região Hidrográfica  
BREF – Best Available Technologies Reference  
BTU – Bout d’usine  
CBO<sub>5</sub> – Carência Bioquímica de Oxigênio  
CE – Condutividade Elétrica  
CPMG – Centro de Produção de Mangualde  
CQO – Carência Química de Oxigênio  
DRAg – Direção Regional de Agricultura  
DRS – Delegado Regional de Saúde  
ETA – Estação de Tratamento de Águas de Abastecimento  
ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais  
ETARI – Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais  
MTDs – Melhores Tecnologias Disponíveis  
PCIP – Prevenção e Controlo Integrados da Poluição  
PSA – Peugeot Société Anonyme  
QCP – Qualidade do Centro de Produ o  
SAR – Relaq o de Adsorq o de Sódio  
SDT – Sólidos Dissolvidos Totais  
SST – Sólidos Suspensos Totais  
TTS – Túnel de Tratamento de Superfícies  
UTC – Unidade Técnica do Centro  
VLE – Valor Limite de Emissão  
VMA – Valor Máximo Admissível  
VMR – Valor Máximo Recomendado



## PARTE 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA



# 1. INTRODUÇÃO

As problemáticas ambientais fomentaram na sociedade uma preocupação adicional às questões que nos rodeiam. A preservação ambiental, a valorização dos recursos naturais e a melhoria ambiental encontram-se ligados de forma intrínseca a todas atividades humanas. Esta consciência possibilitou a formulação de estratégias para a melhoria contínua dos processos.

As indústrias, diante da competitividade atual de mercado, sentiram a necessidade de implementar sistemas de gestão ambiental que melhoram o seu desempenho a nível ambiental e económico, devido à diminuição dos consumos de recursos e à melhor visibilidade no mercado e na sociedade.

A produção automóvel, realizada em centros industriais de grande dimensão, através de processos produtivos tecnologicamente complexos e exigentes, implica uma gestão da água crítica, incluindo um consumo significativo de água e a geração de águas residuais com elevados níveis de poluição.

O presente relatório surge da realização de um estágio curricular no âmbito do Mestrado de Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, na empresa PSA Peugeot Citroën Automóveis de Portugal S.A., localizada em Mangualde. Esta funciona como uma unidade de montagem terminal de veículos automóveis.

## 1.1 PLANO DE TRABALHOS

O estágio curricular decorreu de 3 de Dezembro de 2012 a 31 de Maio de 2013 e previa a concretização de um plano de trabalhos (Quadro 1-1) com o cronograma de tarefas apresentado no Quadro 1-2.

Quadro 1-1 - Plano de trabalhos previsto.

Tarefa	Título	Descrição
T1	<b>Pesquisa bibliográfica</b>	Revisão bibliográfica do estado da arte relativo às boas práticas de gestão da água no sector automóvel
T2	<b>Caraterização da Gestão da Água</b>	Com base em documentação fornecida e estudo no local será efetuada uma caracterização da gestão da água no CPMG
T3	<b>Identificação dos pontos críticos</b>	Identificação dos pontos críticos na gestão da Água no CPMG
T4	<b>Estudo de iniciativas a implementar</b>	Estudo de iniciativas a implementar para reutilização da água residual na rega de espaços verdes do CPMG
T5	<b>Eventual implementação de algumas iniciativas</b>	Implementação de algumas iniciativas de reutilização da água residual na rega de espaços verdes do CPMG
T6	<b>Elaboração do Relatório de Estágio</b>	

Quadro 1-2 - Cronograma de tarefas desenvolvidas.

Tarefa	Nov. 2012	Dez. 2012	Jan. 2013	Fev. 2013	Mar. 2013	Abril 2013	Mai 2013	Junho 2013	Julho 2013
T1									
T2									
T3									
T4									
T5									
T6									

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se subdividido em duas partes, na primeira é feita toda a contextualização teórica dos temas desenvolvidos no relatório e na segunda, encontra-se apresentação do caso de estudo relativo à PSA Mangualde.

A contextualização teórica é composta por cinco capítulos. O presente capítulo é um deles. O segundo capítulo descreve a caracterização do processo produtivo geral da indústria de montagem automóvel. O terceiro capítulo aborda a gestão da água nas indústrias do setor de montagem automóvel, focando-se em temas como os principais processos e equipamentos consumidores de água, nos sistemas de tratamento de água, nos procedimentos e tecnologias para a redução de água e na certificação, legislação, licenciamento e normas aplicáveis ao sector. O quarto capítulo aborda o tema da reutilização das águas residuais industriais, focalizando-se em especial na reutilização para a rega dos espaços verdes. O último capítulo teórico relaciona-se com contextualização dos testes ecotoxicológicos, descrevendo os testes de germinação de sementes, os testes de crescimento e o teste da determinação da clorofila.

A apresentação do caso prático encontra-se subdividida em cinco capítulos. O primeiro, que corresponde ao capítulo número 6, aborda o processo produtivo da PSA Mangualde. O capítulo seguinte (n.º7) aborda toda a gestão da água da fábrica, identificando-se os principais processos e equipamentos consumidores de água, o consumo de água nos espaços verdes e os sistemas de tratamento de água. No oitavo capítulo é feita uma análise a todos os efluentes perspetivando a reutilização na rega. O nono capítulo descreve a metodologias dos testes ecotoxicológicos e apresenta e discute os resultados obtidos nos testes. No décimo capítulo são descritos todos os trabalhos realizados durante o estágio para além do estudo desenvolvido.



## 2. CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DA INDÚSTRIA DE MONTAGEM AUTOMÓVEL

O processo produtivo automóvel varia consoante o tipo de produção que é efetuada na respetiva indústria, podendo consistir somente, como linhas principais de produção, na ferragem, pintura, montagem e qualidade, ou poderá, para além destes, produzir os próprios componentes automóveis, desde os órgãos motores e elétricos, às portas, por exemplo. As indústrias automóveis que contam com os componentes automóveis advindos de outras entidades denominam-se de unidades de montagem automóvel.

Relativamente ao número de indústrias de montagem automóvel, em 2009, Portugal podia contar com cinco unidades: PSA Peugeot Citroën, Toyota Caetano Portugal, Mitsubishi Fuso Trucks Europe, VW Autoeuropa e V.N. Automóveis. A Renault, por outro lado, fabrica o motor do automóvel, não sendo considerada como uma indústria de montagem automóvel.

### 2.1 LINHA DE FERRAGEM

Na linha de ferragem as chapas constituintes da unidade automóvel são montadas e soldadas por resistência. As diferentes peças são soldadas em diferentes linhas de produção, através de calibres pneumáticos, onde posteriormente são unidas numa única linha de produção. Nesta última linha de produção, que é a principal, é onde a carroçaria ganha forma (PSA, n.d.).

### 2.2 LINHA DE PINTURA

A pintura é um processo complexo que pretende revestir o automóvel, protegendo-o da corrosão, das condições meteorológicas e da abrasão química e das lavagens. O processo final é obtido através da aplicação de várias camadas de tratamento na superfície. Geralmente é aplicado em primeiro o pré-tratamento ou tratamento de superfícies, em segundo a Eletrodeposição, em terceiro a Selagem/Estanquicidade, em quarto a aplicação do Primer, em quinto a aplicação das tintas e vernizes, em sexto a conservação das cavidades, em sétimo revisão e por fim, a conservação para o transporte, caso seja pretendido.

Na Figura 2-1 encontra-se representado todo o processo produtivo correspondente à linha de pintura.

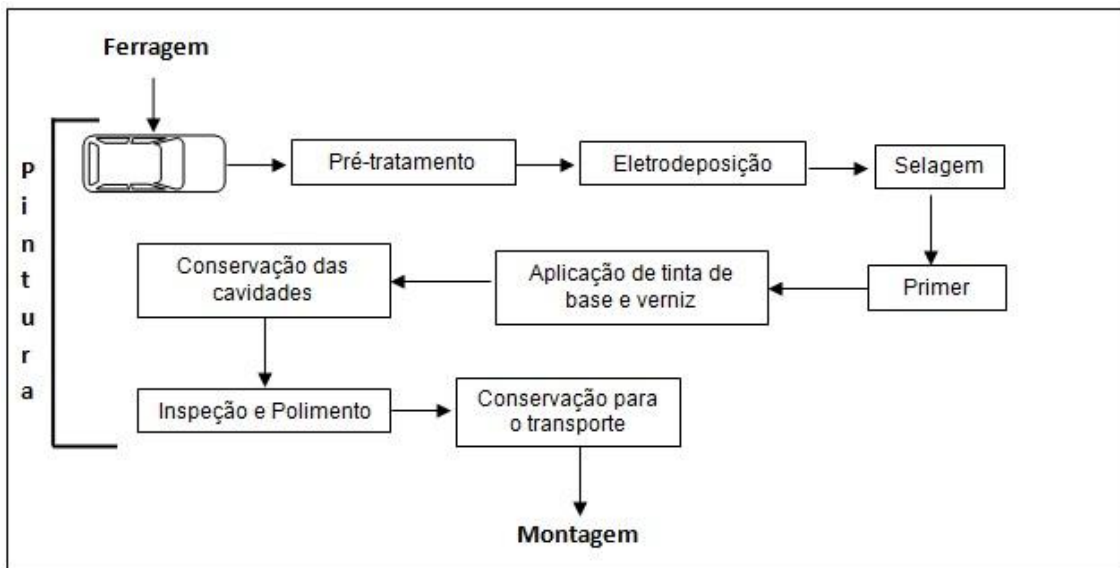


Figura 2-1 – Fluxograma dos processos na linha de Pintura.

### Pré-tratamento

No pré-tratamento as carroçarias são desengorduradas a uma temperatura compreendida entre 50 a 60°C com águas alcalinas, agentes de limpeza, que podem conter fosfatos, sendo posteriormente lavadas. O processo de desengorduramento permite a remoção de óleos, sabões, graxas, resíduos de lixa e outros contaminantes (CE, 2007). O pré-tratamento continua com a aplicação da técnica de Fosfatação, que é um processo muito sensível e difícil de controlar, que vai melhorar a proteção contra a corrosão e a adesão dos subsequentes filmes de tintas na superfície metálica (Pierozan, 2001). Esta técnica consiste na obtenção de uma camada de fosfato, insolúvel, por pulverização ou por imersão numa solução à base de água, que poderá conter metais como o Zinco, Manganês e Níquel, bem como Cálcio, Ácidos e Óxidos Fosfóricos, por exemplo. Após este processo, a carroçaria é novamente lavada e a camada de fosfato passivada, ou seja, os poros ou defeitos são selados na camada de fosfato através da utilização de sais de titânio. No final, é aplicada mais uma lavagem com água desmineralizada. As lavagens efetuadas durante este processo têm a função de prevenir contaminações, como também de finalizar as reações, como é no caso da lavagem pós-fosfato (CE, 2007).

Na Figura 2-2 encontra-se representado o fluxograma do processo de pré-tratamento na linha de pintura.

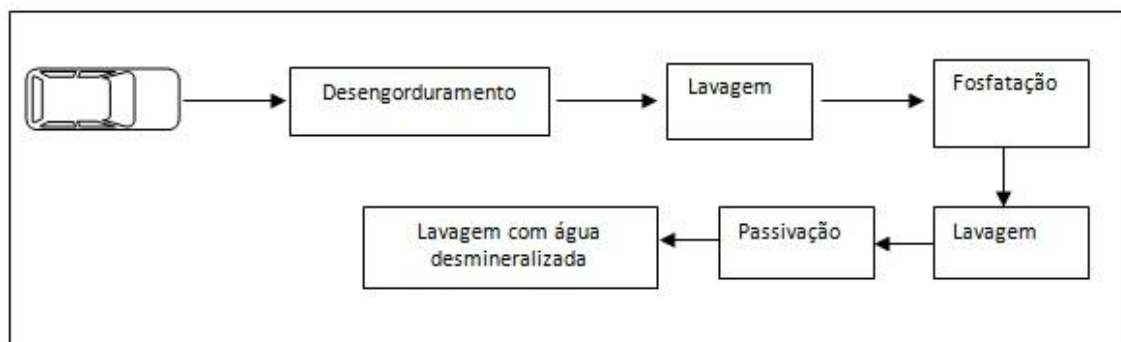


Figura 2-2 – Fluxograma do processo de pré-tratamento.

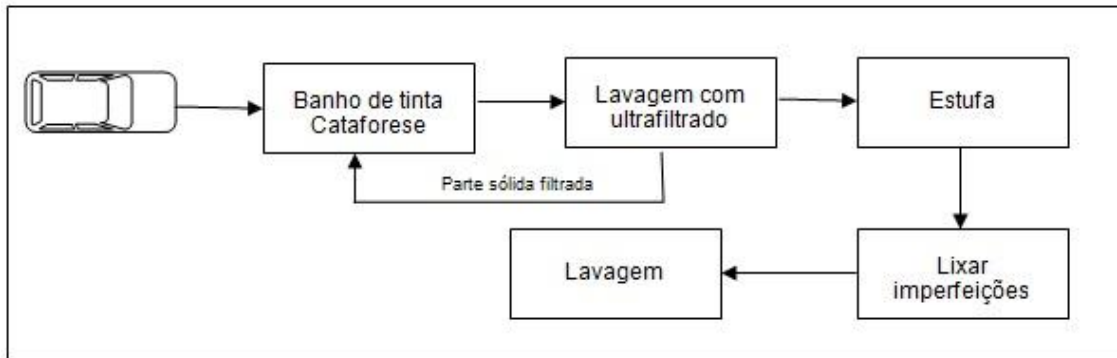
### Processo de Eletrodeposição

O processo de eletrodeposição ou cataforese surgiu das exigências de alta qualidade impostas pelo setor automóvel e é aplicado logo após o tratamento de superfícies, aumentando a proteção das carroçarias contra a corrosão (CE, 2007). Este processo consiste em mergulhar a carroçaria num banho de tinta diluída em água com uma carga elétrica oposta, onde se faz passar uma corrente elétrica contínua. As partículas de tinta são atraídas para a superfície metálica, ou seja para a carroçaria, onde se fixam. Como a camada de tinta formada não conduz eletricidade, as restantes partículas fixam-se nos outros locais, cobrindo uniformemente toda a superfície metálica (Pierozan, 2001). As partículas de tinta que não se depositaram eletricamente são removidas por uma lavagem com ultrafiltrado, advindo da regeneração dos líquidos das lavagens em cascata. De modo a evitar desperdícios de tinta, a parte sólida filtrada retorna ao banho de imersão, realizando-se um circuito fechado. Por fim, este tratamento requer uma cura, entre 150 – 180°C (CE, 2007).

Dependendo da polaridade da carga, a eletrodeposição pode ser classificada em anódica ou catódica (Pierozan, 2001).

Para eliminar pequenas imperfeições que possam advir do tratamento, é necessário inspecionar e lixar a carroçaria. Uma nova lavagem também se torna indispensável, para que as próximas etapas de aplicação de tinta não sejam postas em causa.

Na Figura 2-3 encontra-se esquematizado o fluxograma do processo de eletrodeposição na linha de pintura.



**Figura 2-3 – Fluxograma do processo de eletrodeposição.**

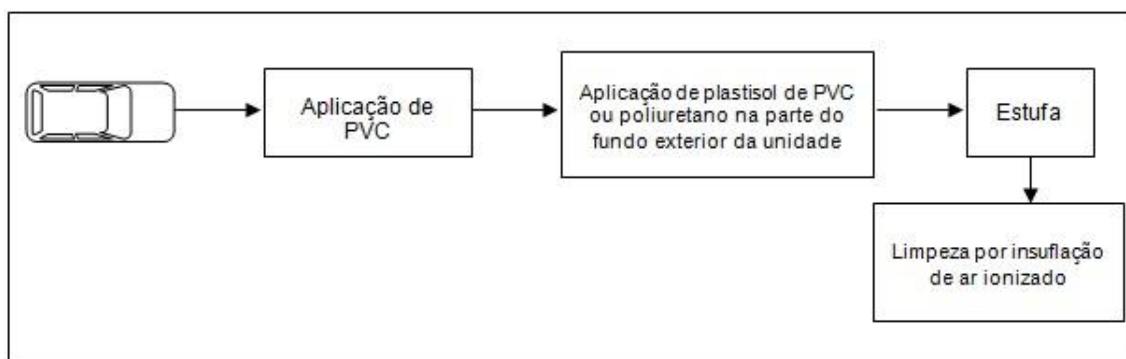
### Selagem/Estanquicidade

Nesta fase, que se processa logo após a eletrodeposição, são seladas todas as unidades de modo a evitar a entrada de sujeira e pó, como também para melhorar esteticamente todas as junções efetuadas. Para tal, é aplicada uma massa à base de PVC nas junções entre painéis, contornos e rebordos da chapa (Pierozan, 2001). Na parte de fundo exterior das unidades é aplicado um revestimento à base de plastisol de PVC ou de poliuretano (CE, 2007), a fim de atenuar o ruído quando a utilização da viatura e também como proteção das camadas de tinta na estrutura (Pierozan, 2001).

Posteriormente, a massa é polimerizada e seca através de uma estufa, que normalmente é a mesma estufa utilizada para curar a fase seguinte, denominada de “Primer” (Pierozan, 2001).

No final desta etapa do processo, a carroçaria é limpa por insuflação de ar ionizado, ou por rolos de penas, que é uma das técnicas mais utilizadas, pois a carroçaria poderá conter partículas que prejudiquem os processos de revestimento a seguir.

Na Figura 2-4 encontra-se caracterizado o processo de selagem/estanquicidade na linha de pintura, através de um fluxograma.



**Figura 2-4 - Fluxograma do processo de Selagem/Estanquicidade.**

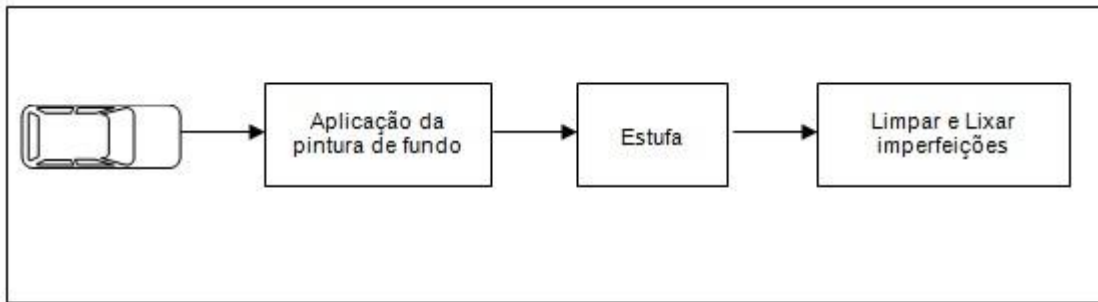
### Primer

Este processo, que pode ser também denominado por pintura de fundo ou primária, é aplicado na carroçaria de forma a aperfeiçoar a superfície, minimizando pequenas irregularidades, e a garantir uma boa qualidade e durabilidade das camadas finais de tinta, conferindo também uma proteção anti-corrosiva (CE, 2007). A aplicação pode ser realizada manualmente ou através de nebulizadores de alta rotação, em que é feita passar corrente capaz de ionizar as partículas de tinta, o que fará com que as partículas de tinta se fixem à superfície em que está a ser aplicada o primer (Pierozan, 2001). A cura depois da aplicação da pintura de fundo torna-se imprescindível para secar a tinta (CE, 2007).

Após este processo, é essencial preparar a viatura para o acabamento final. Para isso é necessário fazer uma limpeza a seco completa ao corpo e lixar todas as imperfeições.

O primer pode tomar qualquer coloração, mas a forma mais rentável a nível económico e ambiental de o utilizar, é com uma coloração semelhante à cor da camada final de tinta aplicada à unidade, uma vez que, há uma diminuição do consumo de tinta final, o que vai levar a uma redução das emissões de COV's para a atmosfera, e no caso de a tinta final lascar, a perceção desse acontecimento é menor (Pierozan, 2001).

Na Figura 2-5 encontra-se representado o fluxograma do processo de aplicação de Primer ou pintura de fundo na linha de pintura.



**Figura 2-5 - Fluxograma do processo de aplicação do Primer.**

### Aplicação de tinta de base e verniz

Nesta linha de processo é aplicada a camada de tinta mais externa e superficial da carroçaria, estando compreendida pela aplicação da tinta base, que é a que vai dar a colocação final, e por uma camada de verniz, que é aplicada sobre a camada de tinta final, conferindo brilho e proteção às camadas de tinta.

A aplicação final de tinta de base e verniz tem como funções principais, melhorar o aspeto ou aparência da viatura e proteger a camada de tinta primária e todo o substrato de posteriores danos físicos ou advindos do meio ambiente, aumentando assim a longevidade dos mesmos. Esta camada final de tinta confere, também, na parte exterior da carroçaria uma proteção contra as radiações ultravioletas, que poderão prejudicar as qualidades da tinta primária, e no interior aumentam a resistência à abrasão e protegem contra os efeitos da humidade.

A quantidade de etapas necessárias para aplicação da tinta de base varia conforme o produto final pretendido, se o requerido for cores sólidas, a aplicação é feita somente numa fase, caso seja requerido cores metálicas e perolizadas, a aplicação já terá de ser em duas etapas. Na primeira fase, as partículas de tinta são ionizadas e vaporizadas através de um sino carregado eletricamente com movimentos rotacionais, que com recurso a um braço mecânico percorre toda a carroçaria, ou podem ser aplicadas através de pistolas pneumáticas. Na segunda fase, as partículas de tinta são vaporizadas através de robôs por toda a superfície. O verniz é aplicado numa só fase, através de máquina de sinos ou de pistolas pneumáticas (Pierozan, 2001).

Após aplicação da tinta de base e do verniz é necessário proceder à secagem e cura, que vão acelerar a secagem dos solventes aplicados à carroçaria e permitir o endurecimento da camada de tinta através de reações químicas.

Na Figura 2-6 encontra-se esquematizado o fluxograma do processo de aplicação de tinta de base e verniz na linha de pintura.

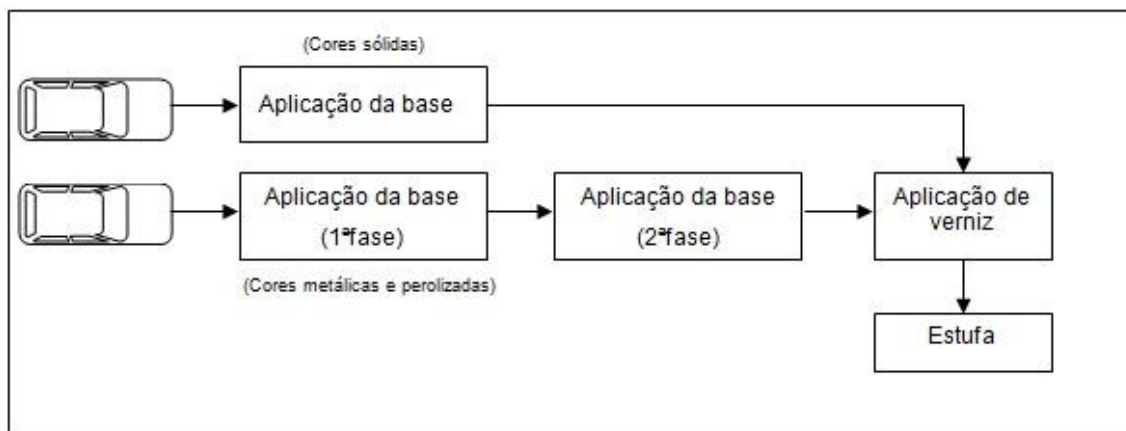


Figura 2-6 – Fluxograma do processo de aplicação de tinta de base e verniz, para as cores sólidas, metálicas e perolizadas.

### Conservação das cavidades

Na carroçaria automóvel as cavidades existem por razões de construção, podendo ser as partes interiores das portas, do porta-bagagens, chassis e painéis inferiores internos. Como as cavidades internas normalmente correm o risco de armazenar água, há a necessidade de conservar as cavidades, aplicando-lhes uma película de cera selada no seu interior, protegendo-as assim da corrosão.

O fluxograma do processo de pré-tratamento na linha de pintura encontra-se representado na Figura 2-7.

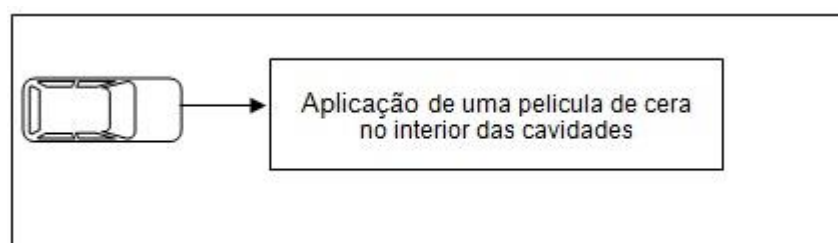


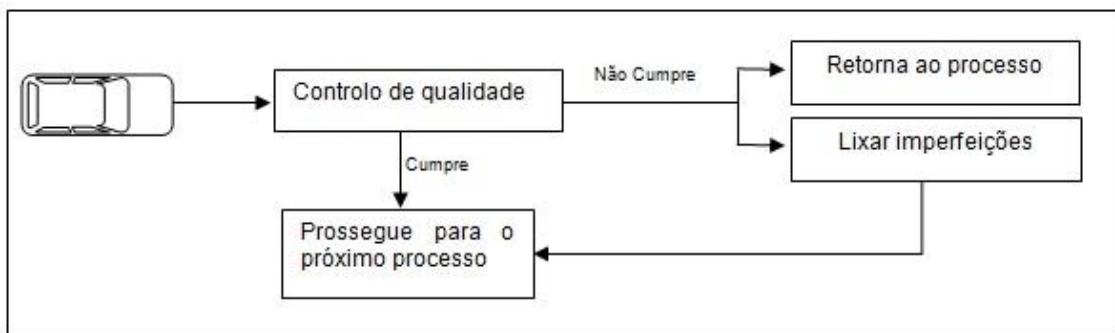
Figura 2-7 - Fluxograma do processo de conservação das cavidades.

## Inspeção e Polimento

No final de todos estes tratamentos à superfície do corpo automóvel é efetuado um controlo sobre a qualidade do processo, verificando se a qualidade da pintura na carroçaria cumpre com todas os requisitos impostos. No caso de existirem irregularidades na pintura, a unidade é polida, caso seja possível, ou é enviada novamente para o início do processo de pintura, se o defeito for profundo, senão, a unidade vai para a fase de pintura correspondente ao defeito encontrado, como demonstra a Figura 2-8 (CE, 2007).

Normalmente, a maioria dos defeitos encontrados nas unidades automóveis estão relacionados com poeiras que se aderem às camadas superficiais de pintura, podendo ser solucionadas de forma rápida através do polimento (Pierozan, 2001).

Se a qualidade da pintura corresponder aos padrões definidos e não apresentar nenhuma irregularidade, a carroçaria prossegue para o próximo processo.



**Figura 2-8 - Fluxograma do processo de inspeção e polimento.**

## Conservação para o Transporte

Este processo permite proteger a unidade durante o seu transporte, que pode estar integrado na linha de pintura ou pode ser aplicado somente no final de todo o processo produtivo, ou seja, depois na montagem final do veículo. O processo consiste na aplicação de uma camada de cera sobre a superfície da unidade, que pode ser solvente ou à base de água. A utilização de cera solvente está relacionada com a necessidade da unidade de proteção contra a corrosão. Quando é utilizada cera à base de água, é necessário aplicar uma secagem forçada.

Algumas indústrias automóveis trocam este processo pela aplicação de folhas para proteger os veículos.

O processo de conservação para o transporte encontra-se esquematizado na Figura 2-9.

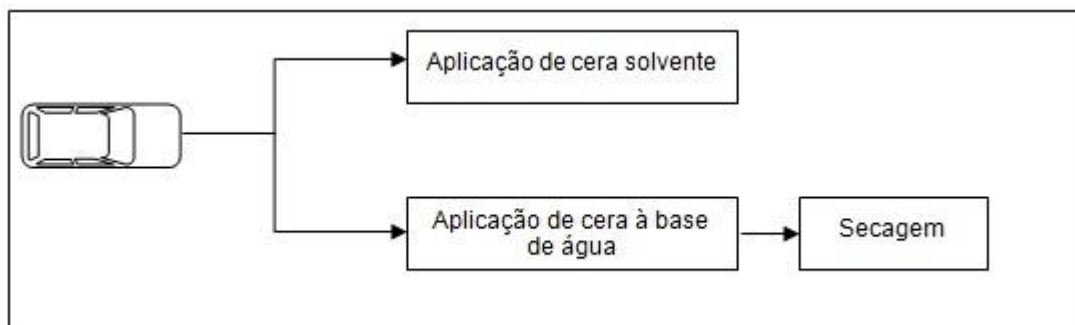


Figura 2-9 - Fluxograma do processo de conservação para o transporte.

## 2.3 LINHA DE MONTAGEM

Depois das carroçarias deixarem a linha de pintura, passam para esta linha, onde são montadas todas as peças restantes do automóvel. Tal como na linha de ferragem, existem várias linhas de montagem de componentes que afluem para uma linha principal. Nas variadas linhas são montadas desde tabliers, componentes mecânicos como motores, até ao revestimento de interiores, como os bancos, por exemplo. Na linha principal são agregados todos os componentes advindos das linhas, formando o automóvel final (PSA, n.d.).

## 2.4 LINHA DE QUALIDADE

Nesta última linha são testados e controlados todos os componentes do automóvel, verificando-se todas as conformidades. Os faróis e a direção são alinhados, a potência do automóvel, o sistema de travagem, elétrico e de suspensão são testados, como também é controlada a estanquicidade de ruídos. No final o carro é submetido a uma lavagem para verificar se está devidamente selado.

Depois de testados todos os componentes, o veículo encontra-se finalizado e pronto a ser entregue ao cliente (PSA, n.d.).



## 3. GESTÃO DA ÁGUA NAS INDUSTRIAS DO SECTOR DE MONTAGEM AUTOMÓVEL

Na indústria de montagem automóvel a quantidade de água consumida é definida pela sua dimensão e a qualidade da água utilizada é caracterizada pelo processo produtivo. Como este setor industrial é caracterizado por consumir avultadas quantidades de água, a sua gestão deve ser feita de forma sustentada, recorrendo a práticas de uso racional e eficiente da sua utilização.

Na gestão das águas devem ser equacionados os consumos e as emissões de efluentes, por forma: a reduzir as perdas; a promover uma utilização racional; a melhorar os processos produtivos, de modo a otimizar os consumos.

Para se efetuar uma gestão eficaz, baseada na conservação e na reutilização, deve ser elaborado um estudo que contemple:

- Registo dos consumos de água por processo, identificando quais são os maiores consumidores;
- Verificação de possíveis perdas no processo produtivo e dos equipamentos que podem ser substituídos, de modo a minimizar e otimizar os consumos;
- Caracterização das exigências de qualidade da água necessária para introduzir em cada processo e identificação do tratamento mais adequado a ser empregue, de forma a fazer uma possível reutilização da água;
- Pesquisa e identificação de fontes alternativas de captação de água, tal como por exemplo o aproveitamento das águas pluviais.

### 3.1 PRINCIPAIS OPERAÇÕES CONSUMIDORAS DE ÁGUA

O controlo do consumo de água é um fator importante para atingir a sustentabilidade da indústria, como já foi referido anteriormente. Para isso, e para otimizar a gestão da água no sector de montagem automóvel é necessário apurar quais os processos que consomem água e em que quantidades, e para que fim é que este recurso se destina.

Ao observar a descrição dos processos, feita no Capítulo 2, é possível verificar que no processo industrial automóvel as linhas que consomem água é a linha de pintura e a de qualidade.

Na linha de pintura é utilizada água no processo de pré-tratamento, mais propriamente em lavagens realizadas depois do desengorduramento, da Fosfatação e da Passivação, que é com água desmineralizada. No processo de Eletrodeposição ou Cataforese, após o banho de tinta cataforese é efetuada uma lavagem com ultrafiltrado e depois de serem retiradas as imperfeições é realizada uma nova lavagem.

Na linha de qualidade, a água é utilizada para uma lavagem final à carroçaria de modo a verificar a sua estanquicidade relativamente a fugas.

Para além das lavagens efetuadas durante o processo, torna-se relevante referir que estas não são as únicas atividades consumidoras de água na indústria de montagem automóvel. Podem ser apontados os consumos referentes à lavagem do ar de exaustão da cabine de pulverização, dos materiais e superfícies, da sua aplicação como fluido de arrefecimento nos compressores e na subsequente torre de arrefecimento, e também a sua utilização para consumo humano e para fins de rega de zonas verdes, sendo que a água referida para consumo humano está relacionada com os consumos feitos pela cantina e instalações sanitárias (CE, 2007). Relativamente à utilização da água como fluido de arrefecimento nos compressores, esta é feita em circuito fechado, e são adicionadas à água produtos anticorrosivos e de anticongelamento. A água como fluido passa através dos compressores em funcionamento, aquece, deixando o equipamento arrefecido, e passa através de uma torre de arrefecimento em que são lançados jatos de água fria sobre o circuito de água de modo a diminuir a temperatura do circuito. A água lançada sobre o circuito aquece e faz com que uma parte da água evapore e a outra continue a ser recirculada sobre o mesmo sistema de lavagem do circuito. Para que a água seja recirculada é necessário proceder a um tratamento adequado, através de um controlo de purgas, onde são aplicados à água, biocidas, por forma a impedir o crescimento de fungos, algas e bactérias, anticorrosivos e anti-incrustantes, de modo a evitar a formação de incrustações, depósitos e corrosão no sistema.

Como a quantidade de água consumida depende do tamanho da indústria, dos processos aplicados e da quantidade de produção, torna-se difícil apresentar valores de consumos por processo ou totais. Para se fazer uma boa gestão das águas é essencial ter o conhecimento destes valores, como também das perdas de todo o processo. Só assim é que será possível

fazer uma otimização do processo e verificar em qual atividade é que se efetua um maior consumo.

## 3.2 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS RESIDUAIS PRODUZIDAS

Tal como referido anteriormente, as características das águas residuais produzidas vão depender do tipo de processo adotado pela indústria de montagem automóvel para o tratamento e revestimento das superfícies e do tipo de reagentes utilizados em cada um deles.

A água residual resultante dos tratamentos químicos e eletroquímicos, proveniente das lavagens e banhos, normalmente apresenta características fortemente agressivas, devido à possível utilização de ácidos e bases fortes no processo, o que provoca elevados picos de pH, como também pode apresentar componentes mais ou menos nocivos, dos quais se destacam: óleos e gorduras; detergentes; Cianetos; variados metais (Crómio, Cobre, Cádmio, Zinco, Chumbo e Ferro, Estanho e Alumínio, por exemplo); Fosforo; Hidrocarbonetos; Sólidos Suspensos Totais (SST); Carência Química de Oxigénio. Este tipo de efluente industrial é tratado na Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI) antes de ser emitido para o meio (Figueiredo, 2000).

Uma das características da água residual proveniente dos tratamentos de superfície, é que como a água provem de vários processos, torna-se numa mistura, em que é mais complicado controlar e estabilizar o pH, o que vai dificultar a solubilidade dos metais. Uma possível redução do volume de água também poderá aumentar a concentração de sais dissolvidos e de metais. Por isso, torna-se difícil otimizar todos os parâmetros, numa fase posterior de tratamentos (CE, 2007).

A água residual produzida pelas torres de arrefecimento é caracterizada por apresentar elevados valores de condutividade, quando não são adicionados anticorrosivos e anti-incrustantes em quantidade adequada. Quando ocorrem valores elevados de condutividade, a água de recirculação necessita de ser trocada, de modo a prevenir danos na estrutura. Este tipo de águas residuais poderá também indicar a presença de biocidas.

As águas residuais domésticas, devido às suas características, são lançadas para a rede de saneamento comum, sendo posteriormente tratadas na ETAR do município. Este tipo de efluente é considerado como uma mistura complexa mineral e orgânica, que contém bastantes microrganismo, água, uma pequena parte de sólidos em suspensão e matérias minerais, substâncias em solução e em suspensão coloidal, que poderão ser: hidratos de

carbono, lenhinas, gorduras, hidrogénio, oxigénio, proteínas, detergentes e partículas em decomposição (Pita, 2002).

### 3.3 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) é uma infraestrutura, que permite otimizar os processos naturais de depuração, possibilitando o tratamento da água residual de forma mais rápida e controlada. As ETAR's que recebem água de origem industrial denominam-se de ETARI.

A ETARI numa indústria do sector de montagem automóvel pode ter como principais processos, o tratamento preliminar, o tratamento primário, o tratamento secundário, terciário e avançados. O tratamento terciário e avançados revela ter elevada importância pois é através deste tratamento que é possível obter um grau de pureza aceitável para reintroduzir o efluente em partes do processo, que sejam mais exigentes a nível de qualidade.

#### 3.3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

A separação dos sólidos grosseiros é uma das primeiras operações unitárias que ocorre na ETARI. Nesta fase são separados os sólidos grosseiros do efluente industrial, com o objetivo de proteger os sistemas mecânicos da infraestrutura, tais como as bombas e válvulas, e evitar que ocorram problemas operacionais derivados destes detritos. Para tal, são utilizadas grades, com o espaçamento pretendido, para reter os sólidos mais grosseiros, ou seja, os de maior dimensão (Pita, 2002). Por forma a complementar o processo anterior, é colocado um Tamisador que vai reter sólidos de menor dimensão, através de uma malha mais pequena. A desarenação processa-se após a ação do Tamisador. Este processo consiste na remoção de areias do efluente, que não ficaram retidas nos processos anteriores (Pita, 2002). Os desarenadores podem assumir diferentes configurações, mas consistem todos na decantação. Por fim, o tratamento preliminar acaba com o desengorduramento, que tem como objetivo retirar os óleos e as gorduras. Pode ser utilizado um tanque de flotação para retirar estes contaminantes, onde é insuflado ar comprimido através do fundo, o que provoca a acumulação de gorduras à superfície. As gorduras são posteriormente raspadas, com o auxílio de um raspador, ou transbordam para uma caleira periférica.

### 3.3.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO

O tratamento primário tem como principal objetivo, remover os sólidos facilmente sedimentáveis, onde se espera que os valores da Carência Bioquímica de Oxigénio ( $CBO_5$ ) e o total de partículas sólidas em suspensão (SST) sejam reduzidos. Este processo, normalmente, pode ser realizado através da decantação ou da flotação. Na decantação, através de um decantador, são retirados por ação da gravidade os sólidos em suspensão decantáveis. O efluente permanece dentro do sedimentador tempo suficiente para que as partículas em suspensão sedimentem no fundo. Nos sistemas de decantação lamelar e decantação assistida, são adicionados coagulantes e floculantes, por forma a melhorar a eficiência dos decantadores. As lamas formadas classificam-se como primárias, e são posteriormente tratadas na fase sólida. A operação de flotação é utilizada quando não é viável retirar os sólidos por ação da gravidade, devido às reduzidas dimensões das partículas. Neste processo, é injetado ar a partir do fundo, onde os sólidos são arrastados com as bolhas de ar até à superfície, onde são retirados e conduzidos para o tratamento na fase sólida (Simões, Rosmaninho & Henriques, 2008).

De forma geral, no tratamento primário são retiradas partículas orgânicas e inorgânicas do efluente, ao qual podem estar agregados alguns nutrientes, como é o caso do azoto e fósforo orgânico, por exemplo, e alguns metais pesados. Este tratamento pode equivaler a uma eficiência média de remoção de 25%-50% de  $CBO_5$ , 35%-50% de CQO, 50-70% de SST e 50%-65% dos óleos e gorduras (Monte, 1996).

### 3.3.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

O tratamento secundário opera através de sistemas biológicos, que retiram do efluente a matéria orgânica biodegradável que não foi conseguida retirar no tratamento primário. O efluente é colocado em contacto com microrganismos que vão metabolizar a matéria. Podem ser utilizados sistemas como: lamas ativadas, lagoas de estabilização, leitos percoladores, discos biológicos e biofiltros. Este processo é acompanhado por sedimentadores secundários que sedimentam os flocos biológicos (Källander, 2008).

O processo de lamas ativadas é um dos processos mais utilizados no tratamento biológico em centros industriais e é operado em condições aeróbias. Genericamente o processo baseia-se no contacto entre a matéria orgânica do efluente e microrganismos aeróbios, que vão ser os responsáveis pela oxidação e degradação da matéria orgânica. Os microrganismos encontram-se integrados em massas biologicamente ativas, denominadas

de flocos biológicos ou lamas ativadas, derivadas estas de processos de floculação de partículas coloidais orgânicas e inorgânicas e de células vivas (bactérias e protozoários, por exemplo).

A unidade de tratamento onde se realiza o processo denomina-se de reator biológico e é composto por um tanque e um sistema de arejamento forçado, para além disso, existem os dispositivos de entrada e saída de efluente. Dentro do tanque são geradas as condições favoráveis ao desenvolvimento rápido de microrganismos aeróbios, que através da sua atividade metabólica reduzem a matéria orgânica do efluente. Para além disso, criam-se também condições para a formação de flocos do material em suspensão, que poderão ser removidos facilmente através do processo de sedimentação. Desta forma torna-se necessário integrar um sedimentador no reator ou aplicar um sedimentador após o reator. As partículas e os microrganismos que durante o processo não flocularam são mantidos na superfície líquida, por agitação do meio, para que não sejam formadas zonas inativas. No decorrer do processo, os microrganismos vão metabolizando a matéria orgânica do efluente e vão-se multiplicando, o que provoca uma diminuição do CBO e um aumento na quantidade de células vivas, o que origina a produção de lamas. As lamas formadas no reator são encaminhadas para um sedimentador, que poderá estar integrado no reator, apresentando assim o reator função dupla, ou poderá estar colocado a jusante.

Assim que o equilíbrio entre o sistema é estabelecido, as lamas excedentes são retiradas do sedimentador e posteriormente tratadas, as restantes lamas separadas das excedentes são recirculadas novamente para o reator (Moura, 2012).

Na Figura 3-1 encontra-se apresentado um esquema representativo do processo de lamas ativadas com separação num sedimentador a jusante.

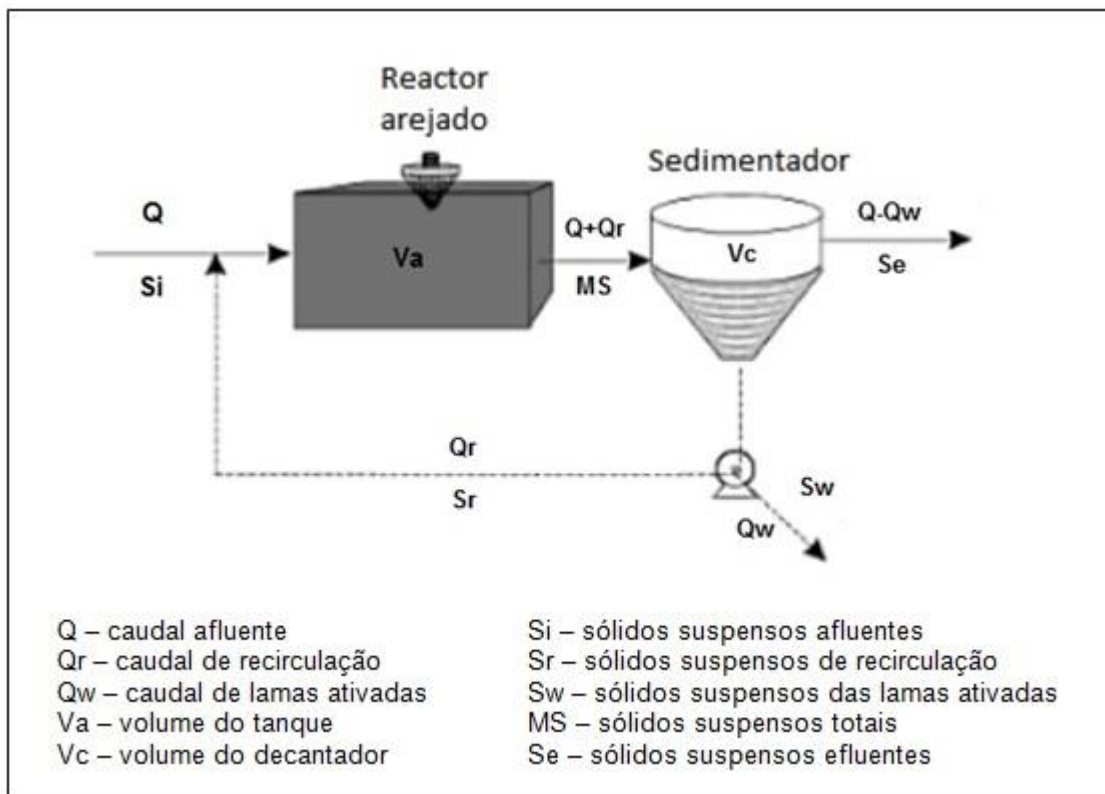


Figura 3-1 – Processo de lamas ativadas. Adaptado: (Moura, 2012; Cunha, 2010).

No Quadro 3-1 é comparada a eficiência de remoção de contaminantes da água residual através do processo de lamas ativadas, leitos percoladores e lagoas de estabilização, de onde se pode verificar que o processo de lamas ativadas é bastante eficiente na remoção de inúmeros contaminantes.

Quadro 3-1 - Eficiência de remoção de contaminantes através de alguns tratamentos secundários. Fonte: (Monte, 1996).

<b>Eficiência de remoção (%)</b>			
<b>Parâmetro</b>	<b>Lamas ativadas</b>	<b>Leitos percoladores</b>	<b>Lagoas de estabilização</b>
<b>CBO<sub>5</sub></b>	89	69	50-95
<b>CQO</b>	72	58	55-80
<b>SST</b>	81	63	20-90 <sup>b</sup>
<b>N-NH<sub>4</sub></b>	63	-	75
<b>N-NH<sub>3</sub></b>	a	-	-
<b>P-tot</b>	10-25	8-12	60
<b>Óleos e Gorduras</b>	86	-	-
<b>Arsénio</b>	83	-	-
<b>Cádmio</b>	28	-	-
<b>Chumbo</b>	60	46	-
<b>Crómio</b>	55	5	-
<b>Cobre</b>	70	19	-
<b>Ferro</b>	65	56	-
<b>Manganês</b>	58	40	-
<b>Mercúrio</b>	30	16	-
<b>Prata</b>	7	-	-
<b>Selénio</b>	13	0	-
<b>Zinco</b>	75	55	-

a – remoção praticamente nula, por vezes o teor de nitratos aumenta (nitrificação) ; b – paralelamente à remoção dos SS das águas residuais ocorre o desenvolvimento de algas, mascarando os resultados.

### 3.3.4 TRATAMENTO TERCIÁRIO E AVANÇADOS

O tratamento terciário é utilizado para complementar os tratamentos anteriormente descritos, aumentando a eficiência de remoção de sólidos em suspensão, de nutrientes e poluentes, que nos processos primários e secundários não foram removidos. Os processos de tratamento variam consoante a qualidade de água que se pretende obter. Dependendo do contaminante, pode-se utilizar a filtração com areia, o carvão ativado, a remoção do fósforo por precipitação, a desnitrificação, a troca iónica, a eletrodialise, a oxidação química, a osmose inversa, entre outros (Simões, Rosmaninho & Henriques, 2008).

Na indústria automóvel a utilização de membranas para o tratamento dos efluentes derivados do processo industrial ou de equipamentos, poderá revelar-se uma mais-valia, dado que a água tratada poderá obter elevados graus de pureza e desta forma ser reintroduzida no processo industrial ou em equipamentos utilizados no centro industrial. Porém é necessário equacionar a variável económica para a sua implementação.

O processo de separação por membranas consiste na passagem de água através de membranas semipermeáveis de polímeros sintéticos, com uma espessura muito fina e diâmetro de poros variáveis, cujo objetivo consiste em remover sólidos suspensos totais (SST), matéria coloidal, compostos iónicos, moléculas orgânicas de elevado peso molecular, substâncias dissolvidas, entre outros. A matéria que fica retida, ou seja, que não passa através da membrana, denomina-se de concentrado, a água filtrada designa-se por permeado. Podem distinguir-se cinco processos de filtração por membranas, que são: Microfiltração (MF); Ultrafiltração (UF); Nanofiltração (NF); Osmose Inversa (OI); Electrodiálise (ED).

A seleção do tipo de membrana ou da combinação de membranas a utilizar no tratamento do efluente vai depender da qualidade da água pretendida, ou seja, das características da água e dos elementos que são pretendidos retirar, e da fase de tratamento em que se insere.

No processo de Microfiltração as membranas apresentam um tamanho de poros compreendido entre 0,08 a 2  $\mu\text{m}$  e são sujeitas a pressões na ordem de 0,1 a 3 bar. Através deste processo é possível remover essencialmente matéria coloidal, sólidos suspensos totais (SST), turvação e também algumas bactérias. Este tipo de membranas é das mais comuns no mercado e são, normalmente, menos dispendiosas em relação às outras membranas.

A Ultrafiltração utiliza membranas com poros mais reduzidos que no processo por microfiltração, compreendidos entre 0,005 e 0,2  $\mu\text{m}$ , e uma pressão de operação um pouco superior, na ordem dos 0,2 a 8 bar. Nestas membranas podem ficar retidos microrganismos, vírus e compostos com elevado peso molecular, como por exemplo coloides, proteínas e carboidratos, sendo que moléculas com peso molecular inferior, como por exemplo açúcares, sal e iões em geral não ficam retidos pela membrana. Alguns parâmetros, como a cor e o odor também podem ser eliminados devido à remoção de compostos orgânicos.

Estes dois tipos de processos de separação por membranas, MF e a UF, são ótimos sistemas de pré-tratamento para fases posteriores de tratamento com outras membranas de poros mais reduzidos, como é o caso da Nanofiltração e a Osmose inversa. Para além disso, estes sistemas são bastante flexíveis devido ao seu carácter modular, o que se mostra vantajoso, dado que se um módulo falhar, não afeta o desempenho dos restantes. Certos parâmetros na operação destas membranas, tais como a pressão transmembranar, o fluxo e o ciclo de lavagens devem ser tomados em atenção devido ao rendimento do processo. Exemplo disso verifica-se com a necessidade de se realizar lavagens com água em contracorrente ou até mesmo de se utilizar produtos químicos quando existe a colmatação dos poros das membranas devido à retenção de partículas e da precipitação de óxidos metálicos e sais de cálcio.

Normalmente, a vida útil das membranas do processo de Microfiltração e de Ultrafiltração têm a duração de 5 a 10 anos, que pode ainda ser reduzido caso haja ataque químico devido a águas com pH muito elevado ou muito baixo, e devido à presença de cloro. Os custos associados à compra e à manutenção são muito elevados, para além de que a eficiência do tratamento deve ser superior a 80% para ser economicamente viável a sua aplicação. Por todas estas razões deve ser realizado um estudo aprofundado quando há intenção de as implementar no sistema de tratamento.

Na Nanofiltração as membranas apresentam poros com uma dimensão compreendida entre 0,001 e 0,01  $\mu\text{m}$  e uma pressão de operação de 5 a 20 bar. São extremamente seletivas, podendo mesmo comportar-se como membranas multifuncionais, que para além de reterem os elementos, reagem e detetam contaminantes. Através delas podem ser removidos certos compostos como, os ácidos húmicos, as moléculas orgânicas com massa molecular entre 300 e 1000, o carbono orgânico total, os iões metálicos, como também a cor da água residual. Para além da remoção destes compostos, estas membranas podem também ser utilizadas para o amaciamento das águas e para quando não é necessário obter uma elevada remoção de sólidos dissolvidos, como acontece com a osmose inversa.

O processo de osmose inversa utiliza membranas semipermeáveis que não têm poros. A água passa da solução mais concentrada para a solução menos concentrada através de uma pressão exercida de 10 – 100 bar. A água é o único elemento que passa através desta membrana, ficando retidos elementos como matéria orgânica, sais, iões metálicos, constituintes dissolvidos. O pré-tratamento é essencial para o sucesso deste tratamento (Monte & Albuquerque, 2010).

A eletrodialise (ED) utiliza membranas seletivas como agente de separação. A remoção dos iões funciona a partir da aplicação de um campo elétrico entre um cátodo e um ânodo perpendicular à superfície das membranas. A força motriz resulta dos efeitos do gradiente de concentração e do campo elétrico. A célula de eletrodialise é constituída por três compartimentos, separados por duas membranas, uma delas é de troca catiónica, permitindo a passagem de catiões, e a outra é de troca aniónica, permitindo a passagem dos aniões. Este tipo de membranas é capaz de remover iões da água, mas não é capaz de remover bactérias, moléculas carregadas, SST, por exemplo (Quintelas, 2000).

### 3.3.5 TRATAMENTO DA FASE SÓLIDA

As lamas derivadas do processo de tratamento de águas residuais e do processo de tratamento de superfícies são caracterizadas por conter elevadas concentrações de metais, o que lhes confere, a maior parte das vezes, a classificação de resíduo perigoso (Källander, 2008).

As lamas geradas no tratamento primário e secundário podem ser tratadas através do espessamento, da estabilização e da desidratação. O processo de espessamento tem por finalidade reduzir o volume de lamas, para facilitar os tratamentos subsequentes, e permitir uma melhor homogeneização das lamas. Na estabilização podem ser utilizados processos como: digestão anaeróbia; digestão aeróbia; esterilização química por adição de cal; esterilização térmica; compostagem. Estes processos têm o objetivo de eliminar os microrganismos patogénicos, minimizar os odores e diminuir o potencial de putrefação. A desidratação tem como finalidade diminuir o volume de lamas, facilitando o seu manuseamento e o seu transporte até ao destino final, através de equipamentos eletromecânicos, como por exemplo, filtros banda, filtros prensa ou centrifugadoras (Simões, Rosmaninho & Henriques, 2008).

### 3.4 PROCEDIMENTOS E TECNOLOGIAS DE REDUÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA

A minimização dos impactes negativos provocados pelos contaminantes das águas residuais industriais é da responsabilidade da entidade poluidora, por isso, compete à empresa tomar medidas preventivas ou de melhoria caso os valores de descarga para o meio recetor excedam os valores estipulados pelos instrumentos legais. Deste modo, existem medidas preventivas que podem ser utilizadas para diminuir a carga poluente das águas residuais drenadas e para melhorar o desempenho ambiental da indústria. Algumas dessas medidas podem ser: minimizar o consumo de água no processo; melhorar a eficiência de utilização de reagentes químicos; optar por reagentes químicos que promovam um menor impacte ambiental; Instalar equipamentos mais eficientes que diminuam as perdas e as emissões; Promover uma boa manutenção dos equipamentos para garantir melhores condições de operação (Brito, 2010); Preferir utilizar as lavagens de spray ou de nevoeiro; Utilizar água desmineralizada ou macia; Controlar a condutividade (Källander, 2008).

No processo produtivo da indústria de montagem automóvel podem ser aplicadas algumas medidas técnicas para minimizar os impactes ambientais derivados dos efluentes líquidos, tais como:

- No processo de lavagem na linha de pintura seria adequado utilizar, sempre que possível, água quente com pressão nas lavagens, devido à utilização de detergentes industriais;
- utilizar solventes separadamente, de forma a ser possível promover algum tipo de reciclagem ou reutilização do solvente;
- Instalar banhos contracorrente e banhos estáticos de lavagem, de modo a recuperar substâncias químicas (AREAM, 2001).

Na Figura 3-2 é possível observar o sistema de reaproveitamento da água por cascata inversa ou em contracorrente num conjunto de tinas de tratamento de superfícies. Neste processo o fluxo da caixa está no sentido contrário à reposição de nível de água das tinas, ou seja, a última tina é a única que é alimentada de forma direta, abastecendo as outras tinas por cascata inversa. A entrada de água é feita somente numa tina, que alimenta as outras, em vez de ser feita uma alimentação individual de cada. A primeira tina vai ter sempre maior concentração de químicos que a última. Este processo tem de decorrer no

mínimo em dois passo, mas a utilização de três passos é o preferencial, uma vez que há uma maior poupança de água (Källander, 2008).

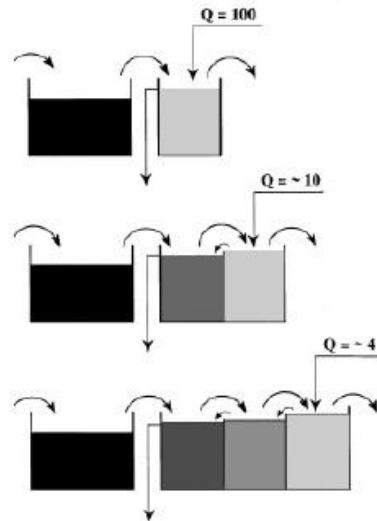


Figura 3-2 – Lavagem em contra corrente. Fonte: (Källander, 2008)

- Aplicar a técnica de devolução do eletrólito arrastado ao banho concentrado. Num conjunto de tintas, em que a primeira tenha o composto mais concentrado e as restantes sejam de lavagem da carroçaria, faz-se uma filtração ao banho das tintas de lavagem. Dessa filtração, retira-se o extrato seco/eletrólito, que é devolvido à primeira tina (mais concentrada), e a água recuperada é reencaminhado para as tintas de lavagem, como é demonstrado na Figura 3-3.

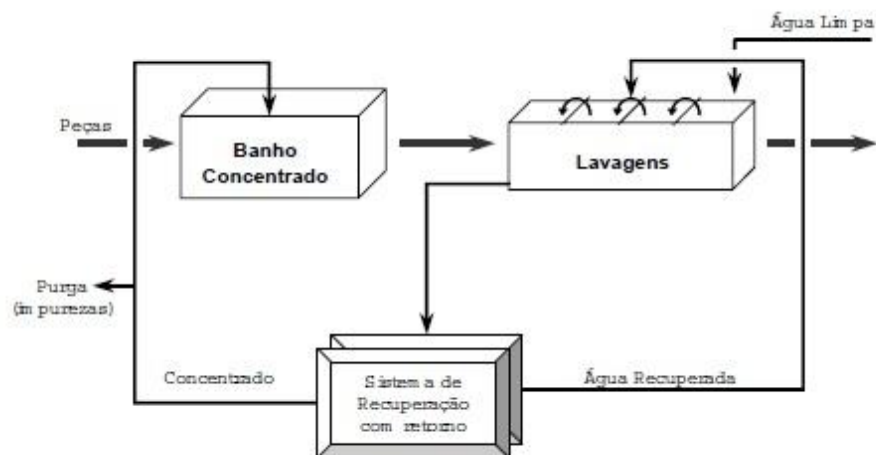
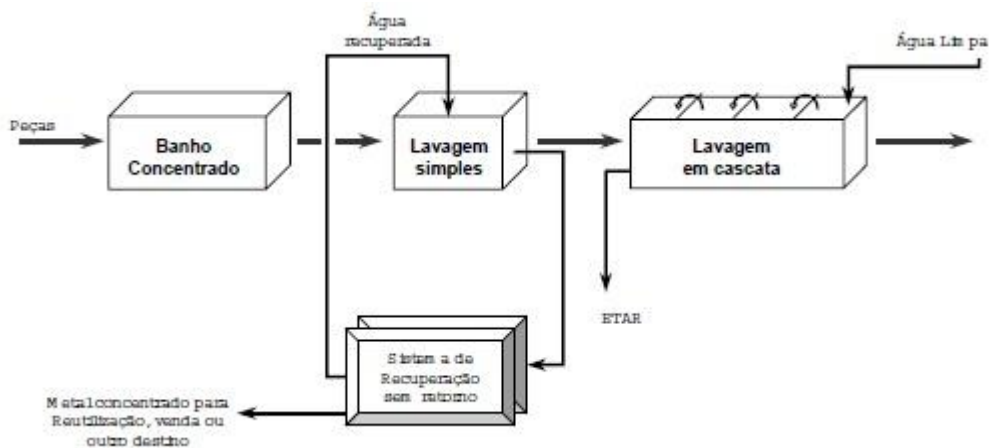


Figura 3-3- Esquema representativo de um sistema de recuperação com retorno ao processo. Fonte: (Figueiredo, 2000)

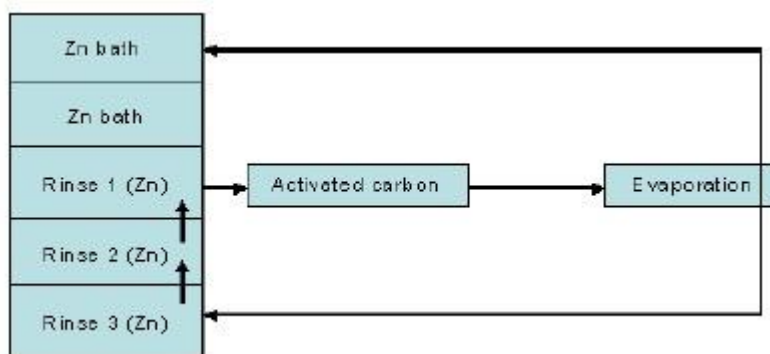
Para além do sistema de devolução do eletrólito arrastado ao banho concentrado, existe o sistema de recuperação mas sem retorno do eletrólito ao processo (Figura 3-4). Este sistema é composto por uma tina com banho concentrado, uma tina de lavagem simples intermédia e outra tina ou tinas de lavagem. É feita uma filtração à água da tina intermédia de lavagem, o extrato seco/eletrólito é retirado do processo, sendo posteriormente valorizado, e a água recuperada é reintroduzida na mesma tina, como se pode visualizar na Figura 3-4 (Figueiredo, 2000).



**Figura 3-4 - Esquema representativo de um sistema de recuperação sem retorno ao processo. Fonte: (Figueiredo, 2000)**

No processo de eletrodeposição, a lavagem com água ultrafiltrada após o banho com tinta cataforese, é uma medida de reutilização da água e desta forma de redução de consumo.

- Na linha de pré-tratamento, quando é realizado o processo de Fosfatação de Zinco, pode ser utilizado carvão ativado e o tratamento de evaporação para reutilizar a água, como demonstrado na Figura 3-5. Para além deste tratamento, também pode ser utilizada a técnica de osmose inversa e de troca iónica seguida de evaporação. (Källander, 2008)



**Figura 3-5 - Aplicação de carvão ativado e evaporação no processo de Fosfatação de Zinco. Fonte: (Källander, 2008)**

Para além destas medidas de minimização de consumos de água no processo produtivo, podem ser aplicadas medidas noutras atividades da fábrica que consumam este recurso. O reaproveitamento das águas pluviais para o sistema de rega ou para a introdução no processo industrial é uma medida que envolve algum investimento inicial, mas a longo prazo pode mostrar-se vantajoso tanto a nível de consumo de água, como a nível económico. Nos meses chuvosos é possível arrecadar grandes quantidades deste recurso que aflui de forma gratuita. Para este sistema funcionar a nível de introdução no processo produtivo, teria de passar por diversos tratamentos, que dependeriam das exigências de qualidade do mesmo.

A recirculação da água residual tratada, mediante as exigências impostas pelo Decreto-Lei n.º 236/98, no sistema de rega, é uma das evidências que também deve ser equacionada.

### 3.5 CERTIFICAÇÃO, LEGISLAÇÃO, LICENCIAMENTOS E NORMAS APLICÁVEIS

A prevenção da poluição e as preocupações ambientais são relevantes para qualquer organização na atualidade, havendo assim, a necessidade de implementar sistemas de gestão ambiental, seguindo a Norma 14001:2004.

A implementação de um sistema de gestão ambiental na industrial automóvel apresenta um papel relevante na satisfação das diversas necessidades da organização, promovendo uma otimização dos recursos naturais, a diminuição da poluição e a proteção do meio ambiente, através de uma gestão de impacte das diversas atividades compreendidas no processo produtivo. Para além disso, é ferramenta importante para a indústria aumentar o nível de

confiança perante o mercado, os colaboradores e a sociedade, pois apresentam um compromisso voluntário na melhoria contínua do desempenho ambiental.

A estratégia de Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP), baseada no instrumento de licenciamento ambiental para as atividades industriais, desenvolve instrumentos de melhoria contínua para a prevenção e controlo da poluição, através de documentos que definem as melhores técnicas disponíveis (MTDs) para cada sector industrial, denominados por documentos BREF (Best Available Technologies Reference). Esta estratégia define então, a implementação de tecnologias e metodologias economicamente viáveis no setor, por forma a garantir a prevenção e controlo da poluição, encontrando-se formalizado através do Decreto-Lei n.º 173/2008 de 26 de Agosto (Soares et al, 2010).

Relativamente à legislação aplicável ao setor industrial em estudo, podem-se referir alguns documentos, que se encontram descritos no Quadro 3-2.

**Quadro 3-2 – Legislação aplicável à gestão da água neste setor de produção.**

<b>Legislação</b>	<b>Âmbito</b>
<b>Portaria n.º 1030/93 de 14 de Outubro</b>	Estabelece normas relativas à descarga de águas residuais no meio recetor natural (água ou solo) de unidades industriais do sector de tratamentos de superfície
<b>Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto</b>	Estabelece as normas de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidades das águas em função dos seus principais usos
<b>Decreto-Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro</b>	Estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas
<b>Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro</b>	Aprova a Lei da Água e estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas
<b>Resolução da assembleia da República n.º 39/2007 de 20 de Agosto</b>	Adota medidas de eficiência energética e poupança de água
<b>Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 21 de Dezembro</b>	Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos
<b>Decreto-Lei n.º 391-A/2007 de 21 de Dezembro</b>	Estabelece a utilização dos recursos hídricos
<b>Decreto-Lei n.º 209/2008 de 29 de Novembro</b>	Estabelece o regime de exercício da atividade industrial

## 4. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS

A reutilização da água, a partir do reaproveitamento de águas residuais, surge no contexto de dar resposta às necessidades de água sentidas nos últimos séculos a nível mundial. Esta tem-se relevado num dos grandes desafios do século XX e que se estende pelo século XXI. (Cordeiro, 2012).

No sector industrial, a utilização eficiente da água, com a componente de reutilização, acarreta enumeras vantagens, uma vez que, para além reduzir os consumos deste recurso e minimizar os impactes ambientais que a atividade implica, melhora a imagem da indústria perante o mercado. Tudo isto contribui assim, de forma direta para a sustentabilidade das atividades.

Os efluentes tratados podem ser utilizados em atividades em que os padrões de qualidade sejam menores, aumentando desta forma a disponibilidade de água doce para atividades que requeiram uma maior exigência de qualidade, como é o caso do abastecimento de água para consumo humano, por exemplo. Deste ponto de vista, os efluentes tratados podem ser considerados como um novo recurso hídrico, que pode trazer benefícios tanto ambientais, na medida em que é reduzida a quantidade de efluentes descarregados no meio recetor, como económicos para o sector industrial, uma vez que ao reutilizar efluente, os custos com o abastecimento de água doce são reduzidos (Tamele, 2007).

Os efluentes tratados podem ter diferentes aplicações, como a limpeza de espaços e máquinas, na recarga de aquíferos, no combate a incêndios, no arrefecimento de centrais térmicas e também a rega de espaços verdes e agrícolas. A reutilização de água residual tratada na rega de espaços verdes e agrícolas é uma atividade com grande potencial de expansão, uma vez que em Portugal este sector consome cerca de 65% dos recursos hídricos (Messias, 2012), para além de que é a atividade em que é mais fácil de compatibilizar as exigências de qualidade com as características dos efluentes advindos das estações de tratamento de água convencionais (Cordeiro, 2012).

Normalmente, as águas residuais tratadas são aplicadas em atividades onde se registre uma maior procura de água em termos quantitativos e onde os parâmetros de qualidade sejam pouco exigentes, sendo que a qualidade de água necessária tem de ser compatível com os

efluentes à saída da ETAR ou após tratamentos de afinação que sejam tecnicamente e economicamente exequíveis (Monte & Albuquerque, 2010).

Segundo o Guia de Reutilização de Águas Residuais (Monte & Albuquerque, 2010), para que haja um bom aproveitamento das águas residuais é necessário ter conhecimento do caudal disponível e das suas flutuações, como também das características qualitativas dos efluentes antes de tratado. Tais informações permitem antever quais as possíveis aplicações da água residual reutilizada, de que dependem da quantidade de água disponível, e permite também antever as características qualitativas da água a reutilizar, que se encontram relacionadas com a qualidade das águas residuais não tratadas e do posterior tratamento que recebem ou deveriam receber na ETAR para que sejam possíveis de utilizar.

O regadio de espécies é uma das atividades com grande potencial de aplicação de águas residuais tratadas. Porém, a utilização de águas residuais não é determinada apenas pelo vetor quantitativo de necessidade de água por atividade, como é o caso da rega, mas também é determinada pelo vetor de escassez de recursos hídricos. Devido à escassez dos recursos hídricos, a tendência é reutilizar água residual tratada noutras aplicações, como é o caso da reutilização na indústria, na recarga de aquíferos, em utilizações ambientais e recreativas, como também para usos urbanos não potáveis, em que a qualidade requerida para a água é mais exigente, obrigando a tratamentos complementares que a garantam (Monte & Albuquerque, 2010). No caso da qualidade da água residual para a reutilização em processos industriais, os parâmetros como a sílica, metais e a dureza devem ser controlados, dado que podem provocar corrosão nas tubagens. O tratamento complementar para esta reutilização pode exigir investimentos acrescidos dado que é comum a utilização de tecnologia de membranas, troca iónica e osmose inversa.

Para a reutilização na rega agrícola ou paisagística devem ser analisados os parâmetros que interferem com o solo-planta. Os tratamentos associados ao tratamento das águas residuais para este fim são mais reduzidos em relação ao tratamento para a reutilização em atividades industriais, uma vez que, na maior parte dos casos, o efluente à saída de uma ETAR, que faça tratamento secundário e terciário, garante as exigências de qualidade necessárias para rega (Costa, 2008).

No caso industrial, como é o tema estudado neste documento, a reutilização de água residual tratada reclinará para as práticas de reutilização na rega de espaços verdes e na reutilização industrial.

## 4.1 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS PARA REGA DE ESPAÇOS VERDES

A reutilização da água, a partir do reaproveitamento de águas residuais, surge no contexto de dar resposta às necessidades de água sentidas nos últimos séculos a nível mundial. Esta tem-se relevado num dos grandes desafios do século XX e que se estende pelo século XXI. (Cordeiro, 2012). Os efluentes tratados podem ser utilizados em atividades em que os padrões de qualidade sejam menores, aumentando desta forma a disponibilidade de água doce para atividades que requeiram uma maior exigência de qualidade, como é o caso do abastecimento de água para consumo humano, por exemplo. Deste ponto de vista, os efluentes tratados podem ser considerados como um novo recurso hídrico, que pode trazer benefícios tanto ambientais, na medida em que é reduzida a quantidade de efluentes descarregados no meio recetor, como económicos para o sector industrial, uma vez que ao reutilizar efluente, os custos com o abastecimento de água doce são reduzidos (Tamele, 2007).

A utilização de água residual para rega de espaços verdes constitui a segunda maior aplicação de águas residuais tratadas nos países desenvolvidos, sendo que os EUA são os que contribuem em grande escala para este fim. Na Europa e no Extremo Oriente, a aplicação de água residuais tratadas na rega está também a aumentar significativamente (Monte & Albuquerque, 2010). Em Portugal, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) transmite a necessidade de se recorrer a água residual tratada para rega de espaços verdes de recreio, campos desportivos e de golfe (Cordeiro, 2012), havendo um maior interesse em zonas de maiores necessidades de rega e escassez de água, como é o caso da região do Algarve e do Oeste (Monte & Albuquerque, 2010).

A água residual tratada pode ser considerada uma fonte de nutrientes, uma vez que os nutrientes que a constituem são reutilizados, reduzindo a aplicação de fertilizante. Contudo, esta prática pode trazer impactes negativos para a saúde pública, caso o planeamento do projeto e a gestão praticada não sejam as mais adequadas. Para que seja possível controlar os riscos para a saúde pública é necessário equacionar três variáveis que dependem entre si: o nível de tratamento, o método de rega e o tipo de cultura a regar (Cordeiro, 2012).

O bom aspeto visual dos espaços verdes é um importante elemento a ter em conta, e por isso devem ser evitados problemas de Fitotoxicidade (Monte & Albuquerque, 2010).

## 4.1.1 INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS NAS PLANTAS E NO SOLO

As águas residuais industriais mesmo após o tratamento podem apresentar na sua constituição compostos que interagem com as culturas por elas regadas e com o solo que suporta o crescimento das mesmas. A interação com o crescimento e desenvolvimento das espécies, e com o solo pode acarretar riscos para planta, para o ambiente e para a saúde pública. A acumulação excessiva de metais pesados na planta e no solo é um dos exemplos de constituintes que poderão provocar toxicidade nas plantas (Cordeiro, 2012).

No Quadro 4-1 estão dispostas de forma geral as características das águas residuais que interagem com o biosistema solo-planta.

**Quadro 4-1 - Características das águas residuais que interagem com o sistema solo-planta e atividade agrícola. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.**

<b>Características</b>	<b>Parâmetro de Avaliação</b>	<b>Efeito</b>
<b>Salinidade</b>	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) Condutividade Elétrica (CE) Iões Específicos (Na, Ca, Mg, Cl, B)	A elevada salinidade influencia negativamente o bom desenvolvimento das plantas; Alguns iões (Na, B, Cl) podem ser tóxicos para as plantas;
<b>Sólidos em Suspensão</b>	Sólidos Suspensos Totais (SST)	Elevados teores de SST podem conduzir a entupimentos nos equipamentos de rega.
<b>Matéria Orgânica Biodegradável</b>	Carência Química de Oxigénio (CQO), Carência Bioquímica Oxigénio (CBO)	Em efluentes tratados estes parâmetros normalmente não causam problemas.
<b>Compostos orgânicos persistentes</b>	Compostos específicos (fenóis, pesticidas, hidrocarbonetos halogenados).	Resistem aos processos convencionais de tratamento. Alguns são tóxicos e a sua presença pode ser limitativa da utilização do efluente para rega.
<b>Nutrientes</b>	Azoto (N) Fósforo (P) Potássio (K)	São nutrientes fundamentais para o crescimento da planta, o que valoriza a água de rega quando nela estão presentes. Quando são aplicados no solo em quantidades excessivas podem provocar a poluição das águas subterrâneas.
<b>Atividade hidrogeniónica</b>	pH	Este parâmetro afeta a solubilidade dos metais e a alcalinidade do solo.

**Quadro 4-1 (continuação) - Características das águas residuais que interagem com o sistema solo-planta e atividade agrícola. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.**

Características	Parâmetro de Avaliação	Efeito
<b>Metais Pesados</b>	Elementos Específicos (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Zn)	Quando acumulados no solo e plantas são tóxicos para as plantas e animais. Podem ser um fator limitante à utilização de efluente tratado para rega.
<b>Cloro residual</b>	Cloro (Cl) livre Cloro combinado	Quantidades elevadas de cloro podem provocar queimaduras nas folhas das plantas. O cloro combinado não causa malefícios.

O efeito tóxico depende de diversos fatores, como o tempo de exposição, a concentração de elementos tóxicos na água de rega, a quantidade de água tratada absorvida pela planta, como também da sensibilidade da planta a ser regada. As plantas diferem entre si, não sendo todas sensíveis aos mesmos elementos, apesar de que para elevadas concentrações de um determinado elemento todas as plantas podem evidenciar sensibilidade (Monte & Albuquerque, 2010).

A salinidade de uma água é derivada pela presença de sais dissolvidos na sua constituição. Este parâmetro pode ser avaliado de diversas formas, sendo que o mais importante é através da condutividade elétrica (CE). As unidades comuns deste fator no Sistema Internacional é deciSiemen por metro (dS/m). A determinação dos sólidos dissolvidos totais e a concentração dos iões específicos, como o Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, B<sup>3+</sup>, por exemplo, dão a informação acerca dos sais que conferem a salinidade e quais os são predominantes para este fator.

Na prática comum, a determinação da salinidade é feita através da condutividade elétrica uma vez que, a avaliação da CE é realizada através de um teste bastante expedito e a salinidade pode ser considerada numericamente equivalente ao teor de SDT, com aproximação de ±10%, de acordo com a equação:

$$CE \text{ (dS/m)} \times 640 = \text{SDT (mg/L)}$$

De uma forma genérica, quanto maior a condutividade elétrica, maior a salinidade (Cordeiro, 2012).

Para que seja realizada uma avaliação mais correta da origem da salinidade de uma água, deve ser avaliada a proporção do teor de sódio relativamente aos teores de cálcio e magnésio, uma vez que águas residuais podem apresentar condutividades semelhantes e apresentar riscos de sodicidade diferentes. Esta traduz-se na Razão de Adsorção de Sódio, denominado por  $R_{Na}$  ou SAR, segundo a (Costa, 2008):

$$R_{Na} = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca] + [Mg]}{2}}}$$

Os solos, continuamente irrigados com efluentes contendo determinadas quantidades de sais dissolvidos, adquirem elevadas quantidades de sais, o que provoca o efeito da acumulação. Quando essa acumulação acontece nas zonas das raízes, as plantas não conseguem extrair a água e os nutrientes necessários do solo e começam a apresentar sintomas semelhantes aos efeitos de seca, murcham e adquirem uma tonalidade mais escura. Este fenómeno provoca, conseqüentemente, uma redução significativa no processo de crescimento, onde os efeitos se fazem sentir em maior escala nos primeiros estágios de crescimento.

A salinidade não afeta de igual forma todas as plantas, podendo algumas das plantas apresentar mais ou menos resistência e padrões de crescimento diferentes. A tolerância das plantas relativamente à salinidade pode ser afetada pelo clima e pelo estágio de crescimento da planta. No Inverno, por exemplo, as plantas apresentam maior resistência à salinidade na água de regadio. Na fase de germinação de crescimento, como já referido anteriormente, a sensibilidade à salinidade também é mais notória. As plantas com mais tolerantes à salinidade têm maior capacidade de absorver água em solos que sejam salinos e apresentam uma maior capacidade de realizar ajustes osmóticos, por forma a conseguir extrair a água necessária do solo.

Sendo a salinidade um dos parâmetros mais relevantes a ter em consideração quando se pretende utilizar água residual tratada na rega paisagística, o conhecimento prévio da tolerância das espécies à salinidade é um fator importante, tanto para a implementação de um novo jardim, como também para aplicação deste tipo de água num jardim já a uso. Ao ter este conhecimento é possível prever ou evitar efeitos negativos nas culturas aonde se aplique este tipo de água (Cordeiro, 2012).

Relativamente à salinidade de outras espécies vegetais, estas podem ser consultadas no Anexo no Quadro 0-1 e no Quadro 0-2.

Segundo Monte & Albuquerque, 2010, quase todas as espécies de relva são tolerantes a água com salinidade até 3 dS/m, o que indica que se o efluente da ETARI tiver em média uma CE de 1,235 dS/m, valor comum, não haverá grandes implicações caso as culturas sejam relvados. No Quadro 4-2 encontram-se os valores de tolerância dos relvados à salinidade.

**Quadro 4-2 – Tolerância dos relvados à salinidade. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.**

CE da água de rega (dS/m)	Espécies de relva	Tolerância
3 – 8	<i>Synodon dactylon</i> <i>Zoysia spp.</i> <i>Agrostisstolonifera</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Lolium perene</i> <i>Festuca rubra var. tricophilla</i>	Tolerante
0,7 – 3	<i>Festuca rubra var. rubra</i> <i>Festuca rubra var. commutata</i> <i>Festuca ovina</i> <i>Agrophirum smithii</i>	Medianamente tolerante
0,7	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Poa annua</i> <i>Agrotis tenuis</i>	Sensível

Os nutrientes são elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, e encontram-se envolvidos com o metabolismo das mesmas. Estes podem ter níveis diferentes de absorção, e por isso, podem ser classificados como macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes são considerados os elementos como o Azoto (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S). Geralmente estes encontram-se disponíveis no solo em quantidades necessárias ao desenvolvimento das plantas, mas quando o mesmo não ocorre, podem ser adicionadas as quantidades necessárias, por exemplo, através de águas residuais tratadas (Cordeiro, 2012). No grupo dos micronutrientes são considerados os elementos que são necessários ao desenvolvimento das plantas, mas em quantidades diminutas. Estão assim incluídos elementos como o ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), alumínio (Al), cobalto (Co), molibdénio (Mo), boro (B) e cloro (Cl) (Cordeiro, 2012; Monte & Albuquerque, 2010).

O azoto, sob a forma inorgânica (azoto amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ); azoto nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ); azoto nitroso ( $\text{NO}_2^-$ )), é absorvido pelas raízes das plantas. No caso das leguminosas, o azoto para além de ser absorvido sob a forma inorgânica, também é absorvido sob a forma molecular ( $\text{N}_2$ ), azoto este que provém da atmosfera. No entanto, o fator mais relevante para as plantas é o

azoto total, independentemente deste estar na forma orgânica ou inorgânica, uma vez que existe uma progressiva transformação bioquímica dos compostos orgânicos azotados nas formas inorgânicas. Essas transformações bioquímicas consistem na Aminização, Amonificação, Nitrificação e Desnitrificação (Monte & Albuquerque, 2010).

Relativamente às plantas, o azoto apresenta-se como um elemento fundamental ao seu crescimento, mas em determinadas quantidades, dado que se for em quantidades excessivas poderão existir alguns inconvenientes. Normalmente, as necessidades de azoto advêm mais nas fases iniciais de crescimento da planta, quando deste nutriente não é reduzida em fases posteriores, como na floração e crescimento de frutos, se for o caso, a produção de plantas sofrerá um decréscimo. Noutros casos, o excesso de azoto poderá provocar o desenvolvimento anormal de ervas espontâneas (Monte & Albuquerque, 2010).

O azoto aplicado no solo nem sempre fica totalmente disponível, dado que parte dele é perdido para a atmosfera, outra parte fica retida no solo e a outra é arrastada através das águas da chuva ou da rega. O azoto amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), carregado positivamente, pode ser a forma de azoto que fica retido com mais facilidade no solo, uma vez que, o complexo coloidal do solo apresenta carga negativa (Monte & Albuquerque, 2010). Por sua vez, o azoto na forma  $\text{NH}_4^+$  é dos tipos de azoto mais absorvido pelas raízes das plantas e em termos energéticos é a menos dispendiosa para a planta, não permitindo também a acumulação de nitratos. Porém, elevados teores de azoto amoniacal podem levar a problemas de fitotoxicidade (Cordeiro, 2012). Os iões nitrito e nitratos, devido à carga negativa que apresentam e aos seus reduzidos tamanhos, não ficam retidos no solo e podem ser facilmente arrastados pela água irrigada para o solo, o que poderá provocar um risco de poluição no caso de atingirem os lençóis freáticos.

O fósforo (P) é o segundo nutriente mais importante para importante mais para plantas, dado que auxilia o desenvolvimento do sistema radicular e é absorvido pelas plantas em quantidades mais reduzidas em relação ao azoto. Este elemento, ao contrário do azoto, apresenta reduzida mobilidade no solo e relativamente à adição em excesso no solo, não provoca efeitos aparentes nas plantas, uma vez que estas absorvem só as quantidades necessárias para o seu desenvolvimento.

O potássio (K), ao contrário do azoto e do fósforo, não pertence aos grupos de compostos existentes nas plantas (prótidos, lípidos e glúcidos) mas é um elemento ao mecanismo das plantas, dado que desempenha um papel indispensável na regulação de perdas de água por transpiração.

Os micronutrientes apresentam-se como um fator sensível relativamente às quantidades necessárias para a planta, uma vez que a relação entre a carência destes nutrientes e a toxicidade provocada por estes elementos é muito estreita. Um pequeno déficit de micronutrientes, em relação ao nível necessário, pode gerar problemas de carência para a planta e um pequeno excesso, pode induzir a problemas de fitotoxicidade.

Os problemas de fitotoxicidade advêm da acumulação nas folhas de certos iões que são transportados pela água absorvida pela planta. O cloro e o sódio em parceria com o boro, são os responsáveis por grande parte dos problemas. Na água de rega tratada, normalmente, as concentrações dos restantes micronutrientes não atingem valores que causem preocupações (Monte & Albuquerque, 2010).

Os metais pesados, alguns deles já mencionados nos micronutrientes, são considerados elementos potencialmente tóxicos, uma vez que um pequeno excesso pode provocar problemas de toxicidade nas plantas. Os efeitos da acumulação de elevadas concentrações de metais pesados nas plantas são visíveis apenas a longo prazo, não se podendo observar os efeitos imediatos sobre as culturas. A aplicação continuada de metais pesados no solo, para além de provocar efeitos negativos no crescimento e desenvolvimento das plantas, afeta as interações bioquímicas que no solo ocorrem (Cordeiro, 2012).

### 4.1.2 REQUISITOS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS PARA REGA

A utilização de águas residuais tratadas na rega tem demonstrado ser uma importante componente estratégica para a conservação da água e por isso, entidades e personalidades debruçaram-se na elaboração de normas e documentação nacional para que este possa ser considerado um processo seguro do ponto de vista ambiental e de saúde pública (Messias, 2012). Os documentos normativos existentes consistem na adoção de medidas que asseguram que o tratamento das águas residuais é adequado para o fim a que se destina, que o manuseamento é o mais correto a adotar durante a aplicação e que minimizam os riscos do seu emprego (Cordeiro, 2012). A Norma Portuguesa NP 4434:2005, que normaliza a reutilização de águas residuais urbanas, e o Decreto-Lei n.º236/98, de 1 de Agosto, vêm regulamentar a prática de reutilização de águas residuais em Portugal. Em 2010 surgiu o Guia Técnico “Reutilização de Águas Residuais”, que veio dar indicações técnicas de como o processo deveria desenvolver.

O Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, veio definir o significado de água de rega e águas residuais industriais, considerando: “Água de rega — água superficial ou subterrânea ou

água residual, que vise satisfazer ou complementar as necessidades hídricas das culturas agrícolas ou florestais”; “Águas residuais industriais — todas as águas residuais provenientes de qualquer tipo de atividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais”. Este documento normativo, cujo objetivo é assegurar a proteção da saúde pública, das culturas, dos solos e da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, apresenta os valores máximos recomendados (VMR) e os valores máximos admissíveis (VMA) relativos aos parâmetros químicos, físicos e biológicos da água residual a ser reutilizada, uma vez que esta poderá apresentar possíveis riscos para a saúde pública e para o ambiente. Desta forma, a qualidade da água residual para rega deverá satisfazer determinadas exigências de qualidade, bem como os parâmetros de qualidade deverão ser adequados à cultura a irrigar. No Anexo XVI, do mesmo ato legislativo, podem ser encontrados os parâmetros a cumprir para as águas destinadas à rega.

No Quadro 4-3 encontra-se uma adaptação da tabela com os parâmetros de qualidade exigidos pelo Anexo XVI. A adaptação consistiu em retirar os parâmetros relativos aos coliformes fecais e aos ovos de parasitas intestinais, uma vez que para o caso do relatório (efluente industrial) não carecem interesse.

**Quadro 4-3 – Parâmetros de qualidade das águas destinadas à rega, adaptado do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, Anexo XVI.**

Parâmetro	Expressão		VMA	Observações
	dos resultados	VMR		
Alumínio (Al)	mg/l	5,0	20	Risco de improdutividade em solos com <i>pH</i> -5,5. Em solos com <i>pH</i> -7 o risco de toxicidade é eliminado por precipitar o alumínio
Arsénio (As)	mg/l	0,1	10	Toxicidade variável consoante as culturas, oscilando entre 12 mg/l para a erva--do-sudão e 0,05 mg/l para o arroz
Bário (Ba)	mg/l	1,0		
Berílio (Be)	mg/l	0,5	1,0	
Boro (B)	mg/l	0,3	3,75	Para solos de textura fina e em curtos períodos recomenda-se como concentração máxima 2 mg/l.
Cádmio (Cd)	mg/l	0,1	0,05	Tóxico para o feijoeiro, beterraba e nabo em concentrações da ordem dos 0,1 mg/l em soluções nutritivas. Recomenda-se limites mais restritivos, dado este não se acumular nas plantas e no solo, podendo
Chumbo (Pb)	mg/l	5,0	20	As concentrações muito elevadas podem inibir o desenvolvimento celular das culturas.
Cloretos (Cl)	mg/l	70	–	Para a cultura do tabaco recomenda-se uma concentração inferior a 20 mg/l, não devendo exceder os 70 mg/l.

**Quadro 4-3 (continuação) – Parâmetros de qualidade das águas destinadas à rega, adaptado do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, Anexo XVI.**

Parâmetro	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Observações
Cobalto (Co)	mg/l	0,05	10	Tóxico em soluções nutritivas para a cultura do tomate na ordem dos 0,1 mg/l. Tende a ser inativo em solos neutros
Cobre (Cu)	mg/l	0,20	5,0	Tóxico em soluções nutritivas com concentrações entre 0,1 mg/l e 1 mg/l para diversas culturas.
Crómio total (Cr)	mg/l	0,10	20	Por se desconhecer o seu efeito tóxico, recomendam-se limites mais restritivos.
Estanho (Sn)	mg/l	2,0		
Ferro (Fe)	mg/l	5,0		Não tóxico em solos bem arejados, mas pode contribuir para a acidificação do solo, tornando indisponível o fósforo e o molibdénio
Flúor (F)	mg/l	1,0	15	Inativado em solos neutros e alcalinos.
Lítio (Li)	mg/l	2,5	5,8	Tolerado pela maioria das culturas em concentrações superiores a 5 mg/l; móvel no solo. Tóxico para os citrinos a baixas concentrações (-0,075 mg/l).
Manganês (Mn)	mg/l	0,20	10	Tóxico para um certo número de culturas desde algumas décimas até poucos mg/l, mas normalmente só em solos ácidos.
Molibdénio (Mo)	mg/l	0,005	0,05	Não é tóxico em concentrações normais. Em solos ricos em molibdénio livre as forragens podem no entanto ocasionar toxicidade nos animais.
Níquel (Ni)	mg/l	0,5	2,0	Tóxico para um certo número de culturas entre 0,5 mg/l e 1 mg/l; reduzida toxicidade para pH neutro ou alcalino
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/l	50		Concentrações elevadas podem afetar a produção e qualidade das culturas sensíveis. No plano de fertilização da parcela convirá contabilizar o azoto veiculado pela água de rega.
Salinidade:				
CE	dS/m	1		Depende muito da resistência das culturas à salinidade, bem como do clima, do método de rega e da textura do solo.
SDT	mg/l	640		
SAR ( <sup>1</sup> )		8		Depende da salinidade da água, características do solo e do tipo de cultura a ser irrigada
Selénio (Se)	mg/l	0,02	0,05	Tóxico para culturas em concentrações da ordem dos 0,025 mg/l. Em solos com um teor relativamente elevado em selénio absorvido as forragens podem ocasionar toxicidade nos animais.
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/l	60		Concentrações elevadas poderão ocasionar colmatagem em solos e assoreamento nas redes de rega, bem como entupimentos nos sistemas de rega gota-a-gota e aspersão, bem como neste último sistema a água poderá provocar depósitos sobre as folhas e frutos.
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	mg/l	575		
Vanádio (V)	mg/l	0,10	1,0	Tóxico para diversas culturas em concentrações relativamente baixas.
Zinco (Zn)	mg/l	2,0	10,0	Tóxico para diversas culturas numa gama ampla, toxicidade reduzida a pH-6 e solos de textura fina ou de solos orgânicos.
pH	Escala de Sorensen	6,5-8,4	4,5-9,0	

(<sup>1</sup>) A relação de adsorção de sódio (SAR) é traduzida pela seguinte equação, onde as concentrações devem estar expressas em meq/l:  $SAR = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$ .

A utilização de águas residuais para rega paisagística em jardins públicos necessita de uma autorização que tem de ser remetida à Direção Regional do Ambiente, segundo o disposto do Capítulo V, artigo 58º. Dado que a o decreto só refere para espaços públicos, pressupõem-se que para utilizar águas residuais para rega paisagística em jardins privados, por exemplo industriais, seja necessário a mesma autorização, uma vez que segundo o Artigo 61º, n.º1, é referido “Compete à DRA, em colaboração com a DRAG e outras entidades com competências na gestão dos aproveitamentos hidroagrícolas, e de acordo com um plano previamente definido, efetuar a determinação da qualidade das águas de rega com vista à verificação da sua conformidade com a norma fixada nos termos do artigo anterior, utilizando os métodos analíticos de referência e a frequência mínima de amostragem indicados no anexo XVII “. Os resultados das análises, quando disponíveis, devem ser entregues à Direção Regional de Agricultura (DRAG) e ao Delegado Regional de Saúde (DRS), para que posteriormente possam ser avaliados quanto ao risco de contaminação do solo, das águas e da saúde pública.

Relativamente à Norma Portuguesa NP 4434:2005, esta apesar de não apresentar carácter legal, é uma importante ferramenta de orientação para a prática sustentável da reutilização das águas residuais tratadas para rega. No documento são definidos os requisitos da aplicação, como a qualidade da água, os métodos a utilizar, os processos e tipos de rega, a caracterização das áreas e culturas a implementar o sistema, a monitorização ambiental, como também as medidas a adotar para a minimização de impactes ambientais e riscos para a saúde pública (Messias, 2012).

#### 4.1.3 MEDIDAS PRÁTICAS PARA INIMIZAR A TOXICIDADE DAS ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS NAS PLANTAS

A toxicidade derivada da salinidade e de alguns iões como o sódio, cloro e boro, pode ser minimizada através da lixiviação do solo, ou seja, através da aplicação de quantidades superiores de água do que aquelas que realmente são necessárias para um bom crescimento e desenvolvimento das espécies (Monte & Albuquerque, 2010). Medida esta que necessita de ser estudada antes da implementação, uma vez que o objetivo pode ser a redução de consumos de água e pode acabar por se gastar a mesma quantidade de água, anteriormente utilizada, ou o investimento para a aplicação não ser viável. Outra medida relacionada com o fator salinidade prende-se com a escolha prévia de espécies que sejam mais tolerantes. Uma forma facilmente exequível para controlar a toxicidade da água

residual nas plantas é através da diluição do efluente tratado com água natural, que vai permitir a redução das concentrações de tóxicos no efluente tratado.

Os tipos de rega a utilizar para a aplicação também devem ser levados em conta, uma vez que alguns tipos de rega, como por exemplo, o método por aspersão, os elementos tóxicos entram diretamente em contacto com as folhas, potenciando os problemas de toxicidade.

Para além dos tratamentos efetivos que podem ser aplicados ao efluente, para que sejam removidos determinados contaminantes tóxicos às plantas, que podem ser dispendiosos para o propósito, as medidas de controlo prendem-se com a quantidade de água a utilizar na rega, pela diluição da água residual, pela seleção de espécies mais resistentes, quando a cultura ainda é um projeto, e no tipo de rega. Durante a aplicação das águas residuais tratadas, devem ser feitas análises periódicas ao solo e às águas, conforme o disposto pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto.

#### 4.1.4 RISCOS DERIVADOS DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS PARA REGA

A utilização de efluentes industriais tratados na rega paisagística apresenta-se como uma mais-valia a nível técnico-económico, para além de ser uma vantagem competitiva a nível ambiental. No entanto, esta atividade pode apresentar algumas condicionantes para a saúde-pública, na aceitação pública, como também em possíveis contaminações nas ligações cruzadas com a rede de água potável.

Os riscos para a saúde pública constituem uma das grandes preocupações na aplicação desta atividade, dado que poderá existir contato direto humano com a água de rega ou através do contacto direto com as plantas e a superfície irrigada. Não esquecendo também o risco de contaminação das plantas regadas e do solo. Contudo, os elementos que possam causar a contaminação estão intrinsecamente ligados com o tratamento prévio do efluente antes da utilização no regadio.

No caso industrial, relativamente à saúde pública, certos problemas são colocados de parte visto que, o efluente está isento de contaminação bacteriológica, por exemplo de coliformes fecais e ovos e parasitas, as plantas irrigadas não são para consumo humano e os espaços paisagísticos são de acesso limitado. No caso do solo, este poderá sofrer contaminação, principalmente pela acumulação de metais pesados e no caso das águas subterrâneas, estas poderão sofrer contaminação pela infiltração das águas de rega.



## 5. ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

Os efluentes decorrentes da atividade industrial de montagem automóvel, mesmo após seu tratamento nas instalações de produção, podem apresentar elementos que afetam os ecossistemas quando descarregados diretamente no meio ambiente. Como já referido no capítulo 4.1.1., muitas substâncias interagem com o sistema solo-planta, mas para além destes podem existir outros (produtos utilizados no processo fabril) que afetem nocivamente o ambiente. De forma direta ou indireta, podem ser introduzidos fatores de riscos, tanto para a saúde dos trabalhadores, como para a população em geral, exemplo disso pode ser a aplicação de efluentes no regadio de espaços verdes. Em qualquer dos casos, os riscos devem ser avaliados e ponderados.

As razões para os efeitos tóxicos de determinado efluente podem não ser à partida conhecidas, sendo por isso necessário, antes de tudo, identificar a natureza dos efeitos tóxicos. Alguns dos efeitos podem sobrepor-se, através de interações, de uma forma que não seja possível estabelecer uma relação rigorosa entre a causa e o efeito, ou seja, a presença de um tóxico com determinada consequência ocorrida, como também uma relação a nível de organismos-alvo. Para além da sobreposição de efeitos, poderão também ocorrer efeitos sinérgicos, em que ocorre um efeito maior do que a “soma” dos efeitos de cada agente em separado, ou seja, uma potenciação do efeito tóxico. Assim sendo, a toxicidade opera como um fenómeno holístico, em que cada componente ou sistema se comporta de forma individual, não se podendo somar simplesmente todos os componentes tóxicos, e também de uma forma relativa e interativa (Oliveira, Lapa & Mendes, 2009).

Os testes ecotoxicológicos são considerados uma ferramenta útil para a avaliação dos efeitos biológicos das descargas de efluente no meio. Atualmente esta avaliação deve ser considerada indispensável, pois é capaz de detetar efeitos tóxicos sobre o ecossistema, enquanto que as análises físico-químicas, vulgarmente utilizadas, identificam somente a quantidade de substâncias presentes numa determinada amostra, não permitindo integrar os efeitos combinados derivados de uma mistura química num determinado local (Ferreira, 2007; Martins D., 2008; Mendonça, Picado, Cunha & Catarino, 2011). Para além das características químicas do efluente, as propriedades químicas do solo também interferem com a mobilidade e a disponibilidade dos contaminantes, como também na bioacumulação (Ferreira, 2007). Desta forma, a avaliação à toxicidade pode ser preponderante na tomada de decisões (Mendonça, Picado, Cunha & Catarino, 2011).

Os ensaios biológicos não dão a informação do contaminante presente, no entanto dão a indicação de que determinado organismo-alvo, naquele momento e local, sofreu alterações. Os ensaios normalmente utilizados (geralmente tipificados e normalizados) são os que têm como finalidade determinar a toxicidade subcrónica ou a toxicidade aguda de uma determinada amostra em condições controladas e em relação a um conjunto de populações que existam no sistema em estudo.

Os ensaios cuja finalidade é determinar a toxicidade subcrónica apresentam como objetivo, a monitorização do sistema e a avaliação dos efeitos causados pela descarga e/ou adição de quantidades limitadas do efluente em estudo. As doses adicionadas, não provocando a morte a curto ou a médio prazo do(s) organismo(s)-teste, podem no entanto afetar o crescimento, a reprodução e a sobrevivência da espécie alvo. Estes testes podem ter a duração de curtos períodos de tempo, por exemplo de 4 a 8 dias, ou podem prolongar-se durante vários ciclos de vida, por forma a analisar a toxicidade aguda ou a longo prazo, respetivamente. Os ensaios para determinar a toxicidade aguda são realizados num curto espaço de tempo, entre 48 a 96 horas ou até menos tempo, e testam a capacidade de sobrevivência da espécie-alvo, a curto-prazo, a uma determinada concentração conhecida e durante um período pré-definido. O facto do ensaio para determinar a toxicidade decorrer num período tão limitado e de os efeitos se traduzirem na mortalidade a curto prazo, não é possível verificar os efeitos no organismo-alvo a longo prazo.

Os organismos-alvo utilizados nos testes toxicológicos são escolhidos conforme inúmeros fatores, variando desde as condições do meio, aos objetivos pretendidos, à disponibilidade e à sensibilidade do organismo, etc. A resposta dos organismos aos diferentes poluentes é variável, dado que cada organismo apresenta níveis de sensibilidade diferentes. Até mesmo a resposta de um determinado organismo-alvo a um determinado poluente pode ser diferente, daí a necessidade de se realizar mais do que um ensaio e de se efetuarem ensaios de comparação e controlo (Oliveira, Lapa & Mendes, 2009).

As plantas superiores apresentam elevada importância para os ecossistemas terrestres dado que são produtores primários, estando assim na base de todas as cadeias tróficas. Estas, como se encontram em contacto direto com o solo, refletem as contaminações que a ele estejam associadas. O mesmo acontece com as águas de regadio. Por estas razões, as plantas são consideradas bons organismos-teste para os ensaios de toxicidade, em que podem ser aplicados testes de germinação de sementes e de crescimento das plantas, por exemplo, por forma a detetar a toxicidade do sistema em estudo. Alguns ensaios com plantas já se encontram normalizados através de normas: ASTM, 1999; ASTM, 2001; ISO,

1993; ISO 1995; OECD, 1984; USEPA, 1996; USFDA, 1987a; USFDA, 1987b; AFNOR (Ferreira, 2007).

## 5.1 TESTE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES

A germinação consiste no aparecimento dos órgãos essenciais, a partir do embrião da semente, que posteriormente levam ao desenvolvimento da plântula normal. Considerando que a plântula é dita normal quando, após o em crescimento artificial, apresenta o sistema radicular bem desenvolvido. A capacidade de germinação que um conjunto de sementes apresenta, é composta pela percentagem máxima de plântulas normais que se conseguiram desenvolver nas condições do meio.

A existência de substâncias tóxicas no meio de desenvolvimento das sementes pode gerar alterações no seu desenvolvimento, por isso, caso exista algum efeito tóxico sobre as sementes escolhidas para o teste, será notório esse efeito na realização do teste, dado que haverá uma influência direta na germinação das sementes. Nos resultados, do ponto de vista toxicológico, a relação entre a não germinação e o quantitativo de tóxicos presentes, poderá ser de fácil interpretação, denotando-se normalmente, um aumento dos efeitos fitotóxicos, que se revelam na diminuição da germinação, com o aumento da concentração de substância tóxicas.

A escolha das espécies para este teste é uma ação muito importante no estudo, pois as espécies apresentam períodos de germinação e faculdades germinativas diferentes. Segundo a AFNOR X 31-201, as espécies mais recomendadas para este teste são: Alface (*Latuca sativa* Linnaeus); Lentilha (*Lens culinaris* Medikus); Cevada (*Hordeum vulgare* Linnaeus, s.1.). Estas espécies apresentam um período de germinação de 7 dias e uma faculdade germinativa, segundo a norma NF X 31-201, de 82% (Oliveira, Lapa & Mendes, 2009).

## 5.2 TESTE DE CRESCIMENTO

O teste de crescimento, também utilizado para determinar a toxicidade de um solo ou das águas de rega aplicadas ao solo, consiste em verificar se há inibição de crescimento da planta num solo com características bem definidas, onde são adicionadas quantidades definidas de um determinado poluente. Nesse solo são adicionadas sementes, de determinada espécie-alvo, que funcionarão como testemunhas, assinalando os efeitos

inibitórios que determinado tóxico produz na fase de crescimento da planta (Oliveira, Lapa & Mendes, 2009).

### 5.3 TESTE DE DETERMINAÇÃO DA CLOROFILA

Os pigmentos fotossintéticos, que se encontram localizados nos cloroplastos, são os principais responsáveis pela conversão da energia luminosa em energia química. Todos os organismos fotossintéticos apresentam um ou mais pigmentos que são capazes de captar a luz visível. Através desta, as moléculas dos pigmentos ficam excitadas, desencadeando-se assim as reações fotoquímicas da fotossíntese. Os pigmentos mais importantes para estas reações são as clorofilas (*a*, *b*, *c*, e *d*), os carotenoides (carotenos e xantofilas) e as ficobilinas (ficoeritrina e ficocianina), sendo que nem todos desempenham a mesma função no processo fotossintético. A clorofila *a* é o único pigmento que tem a capacidade de ceder, através da captação da luz, os elétrons necessários para que o processo fotossintético ocorra, designando-se por pigmento primário ou fundamental. Os restantes pigmentos, ampliam o espectro de absorção, concentrando a energia luminosa que absorvem sobre o pigmento primário, designando-se assim de pigmentos acessórios ou auxiliares.

As plantas superiores apresentam sempre duas clorofilas, designadas de clorofila *a* e *b*. A clorofila *a* encontra-se presente em todos os organismos que produzam oxigénio na fotossíntese, encontrando-se assim em todas as plantas verdes e algas. A clorofila *b* encontra-se, juntamente com a clorofila *a*, em todas as plantas verdes e algas, sendo que no caso de algumas cianobactérias (algas verdes-azuladas) existe apenas a clorofila *a*. A clorofila *c*, juntamente com a clorofila *a*, encontram-se presentes nas diatomáceas, nas algas castanhas e nos dinoflagelados. A clorofila *d*, também juntamente com a clorofila *a*, apresenta-se em determinadas algas vermelhas.

As clorofilas são os pigmentos responsáveis pela cor verde nas plantas. Têm a particularidade de serem insolúveis na água, solubilizando-se facilmente em solventes orgânicos (por exemplo a acetona), originando uma solução de cor verde intensa. Na maioria das plantas, o teor de clorofila *a* é duas a três vezes superior ao teor de clorofila *b* (Teixeira & Ricardo, 1993).

O teste para determinar a concentração da clorofila pode-se mostrar uma ferramenta útil para detetar a existência de efeitos, não visíveis, sobre as plantas quando são utilizados efluentes no regadio das espécies. As plantas que poderão ter sofrido alterações devido à

## CAPÍTULO 5. ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

toxicidade de um efluente, não irão conter a mesma quantidade de clorofila que conteriam se estivessem em situações normais.



## PARTE 2 – CASO DE ESTUDO



## 6. PSA PEUGEOT CITROËN AUTOMÓVEIS DE PORTUGAL, S.A.

O Centro de Produção de Mangualde (CPMG) faz parte do grupo francês PSA Peugeot Citroën. A PSA funciona como unidade de montagem terminal de veículos automóveis e atualmente, possui 18 centros de produção e está presente em 180 países.

O CPMG começou a ser construído em 1963 na Quinta do Bacelo, à entrada da cidade de Mangualde, e fabricou o seu primeiro automóvel em 1964, com o modelo 2CV (modelo AZL). A produção nesse ano foi de 472 veículos.

Atualmente, a PSA Mangualde (Figura 6-1) é a maior empresa do distrito de Viseu e uma das maiores empresas a funcionar em Portugal. Em 2012, produziu 43 940 veículos, compreendendo uma produção média diária de 190 veículos, com dois modelos distintos, o Peugeot Partner e o Citroën Berlingo. A produção é maioritariamente para exportação, visto que em 2012 foi exportada 95% da produção, ocupando assim a 10ª posição entre as maiores exportadoras do país.

O Centro apresenta uma superfície total de 98257 m<sup>2</sup>, sendo que apenas 52432 m<sup>2</sup> é relativo à área coberta. No ano passado a fábrica teve 3 turnos a funcionar até ao mês de Abril, contando com a colaboração cerca de 1200 trabalhadores, a partir desse mês e até ao fim do ano 2012, laboraram apenas 2 turnos (07:00 às 15:00 e das 15:00 às 23:00), contabilizando-se um total de aproximadamente 850 trabalhadores. Para além da contribuição dos operários fabris e dos internos da fábrica, houve o contributo das empresas externas prestadoras de serviços.

O processo produtivo consiste nas linhas de Ferragem, Pintura e Montagem. A deteção de erros de produção e a aprovação da qualidade final do veículo pode denominar-se de linha de qualidade. A logística é uma área da fábrica, que tem a missão de entregar as peças às diferentes linhas do processo quando estas são necessárias.

A PSA Mangualde assumiu um compromisso com o meio ambiente, por forma a obter a melhoria contínua dos comportamentos ambientais. A política ambiental da fábrica consiste nos objetivos da redução da produção de resíduos e da sua separação correta, da diminuição das emissões gasosas para o meio ambiente e da redução do consumo de combustíveis fósseis, água, energia e matérias-primas. Para além destes compromissos, o

centro de produção é certificado pelas normas ISO 9001:2008, referente aos sistemas de gestão da qualidade e também pela ISO 14001:2004, relativa aos sistemas de gestão ambiental.



Figura 6-1 – PSA Peugeot Citroen S.A. Mangualde. Fonte: Fornecida pela PSA.

## 6.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo, como já referido anteriormente, varia consoante o tipo de produção efetuado na indústria automóvel. A PSA Mangualde, sendo uma unidade de montagem terminal de veículos automóveis, tem o seu processo de fabrico próprio, apresentando algumas diferenças dos procedimentos habituais apresentados no capítulo 2. Alguns deles não são realizados e outros foram substituídos devido a melhorias realizadas no processo de fabrico. Como existem essas alterações e por forma a haver um melhor entendimento do processo realizado nesta unidade, serão descritos os processos neste capítulo.

### 6.1.1 LINHA DE FERRAGEM

O processo de fabricação inicia-se na linha de Ferragem, que se ocupa da montagem e soldadura por resistência de todos os elementos de chapa que compõem o veículo. Estes elementos são peças em chapa de aço macio ou pré-revestido, que são galvanizadas ou

electrozincadas numa ou em ambas as faces. A conformação das chapas é realizada na linha de estampagem de outros centros do grupo PSA.

A linha de Ferragem subdivide-se em duas áreas distintas, maquetes e acabamentos. Na área de maquetes é onde se dá a conformação geométrica e a soldadura da carroçaria. Na linha principal de maquetes são agregados os subconjuntos que previamente são conformados em linhas paralelas. As peças são soldadas por pontos de soldadura electropneumática e por alguns cordões de soldadura. Ainda nesta área são aplicadas colas estruturais, de estanquicidade e anti vibrações, e soldados pernos roscados que servem para fixar peças em montagem. Na área de acabamentos são montados e fixos, através de aparafusadoras pneumáticas, os elementos como o capô, portas e guarda-lamas da frente.

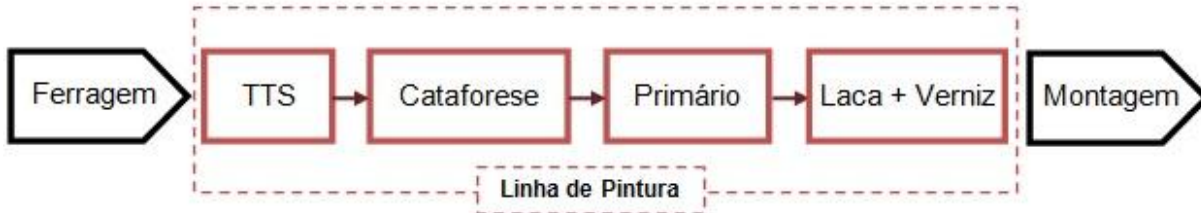
No final desta linha, a carroçaria é suspensa num conjunto de dois diferenciais elétricos que, através de um comando automático de elevação e translação, leva a carroçaria para o processo da linha de Pintura.

### 6.1.2 LINHA DE PINTURA

As carroçarias provenientes da linha de Ferragem passam para a linha de Pintura, que pretende conferir ao veículo a capacidade de responder às exigências de resistência às agressões do meio exterior, de estanquicidade e estética. Antes das caixas dos veículos serem pintadas, passam por uma sucessão de tratamentos de superfície que lhes permite melhorar a sua resistência à corrosão e preparar para o processo de pintura.

Os tratamentos de superfície dão-se no Túnel de Tratamento de Superfície (TTS) e consistem na imersão/aspersão e enxaguamento da carroçaria, por forma a garantir a melhor qualidade possível no processo de pintura, apresentando como processos principais, o desengorduramento e a aplicação do Zircobond. Esta última aplicação veio substituir a utilização do processo de Fosfatação, anteriormente descrito no capítulo 2.2. O processo de conversão Zircobond, à base de Zircônio, é considerada uma tecnologia verde, uma vez que vem eliminar a utilização de metais pesados como o Níquel, o Zinco e o Manganês, anteriormente utilizados no processo de Fosfatação. Para além da tecnologia Zircobond estar livre de metais pesados, há uma menor geração de subprodutos no processo, é menos agressivo para o meio ambiente, os custos de operação e manutenção são menores, geram-se menos subprodutos no processo, como também os consumos energéticos são menores, pois é um sistema que se opera à temperatura ambiente.

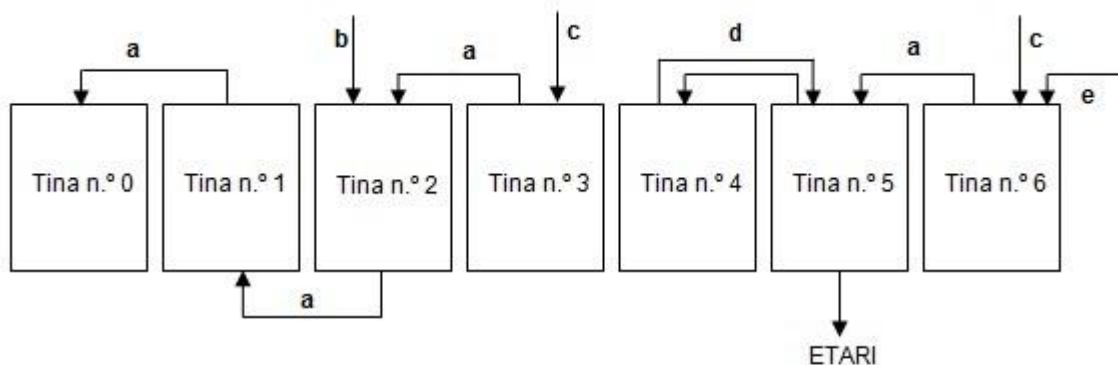
Na Figura 6-2 encontram-se representadas as fases principais do processo produtivo correspondentes à linha de pintura.



**Figura 6-2 - Principais fases do processo produtivo geral na linha de Pintura.**

O tratamento de superfície inicia-se na Tina n.º 0 (25 m<sup>3</sup>) com o processo de pré-desengorduramento, em que são adicionados produtos com uma composição à base de, difosfato de tetra-potássio, hidróxido de potássio. Este processo dá-se por aspersão, a uma temperatura compreendida entre os 50-65°C. Por forma a reduzir os consumos de água e de produtos, o conteúdo da tina é recirculado, cumprindo uma periodicidade de descarga de 1350 ± 250 veículos (definido pelo fornecedor). Quando há necessidade de repor o nível de água, devido ao arraste do líquido pela superfície da carroçaria ou por evaporação, o conteúdo da Tina n.º 1 recircula por cascata inversa para a Tina n.º 0. Assim que é atingido o período de descarga ou existam alterações na qualidade do banho, a tina é lavada e procede-se à montagem de um novo banho, que consiste em descarregar 15 m<sup>3</sup> do banho e, tal como na reposição de nível, fazer-se passar o volume de descarga correspondente da Tina n.º 1 para a Tina n.º 0.

O processo de funcionamento das tinas TTS, que funcionam com reaproveitamento de água em cascata inversa, encontra-se representado na Figura 6-3.



**Legenda:**

- a – Reposição de nível;
- b – Alimentação da Tina n.º2 quando a Tina n.º0 e n.º1 precisam em simultâneo (muito raro);
- c – Alimentação contínua com água desmineralizada;
- d – Ação para decantar a Tina n.º4;
- e – Água desmineralizada advinda da lavagem por aspersão.

**Figura 6-3 - Processo de funcionamento das tinas TTS.**

O processo de desengorduramento ocorre na tina de tratamento de superfície n.º1 e consiste na aplicação dos mesmos produtos aplicados na tina de pré-desengorduramento, mas em concentrações superiores. A carroçaria é mergulhada até ficar completamente imersa num banho com a temperatura compreendida entre 50-65°C. Tal como na tina anterior, a periodicidade de descarga do banho é de  $1350 \pm 250$  veículos tratados e o conteúdo da tina é recirculado, por isso é necessário efetuar também reposições de nível, só que através da recirculação em cascata inversa do banho da Tina n.º 2. A Tina n.º1 compreende um volume total de  $35 \text{ m}^3$  e os banhos de renovação são feitos após a descarga de  $20 \text{ m}^3$  do seu conteúdo, que são repostos pelo banho da Tina n.º 2.

Após o desengorduramento, a carroçaria segue para uma lavagem por imersão na Tina n.º 2. Esta tina, com um volume de  $35 \text{ m}^3$ , é constituída pelo banho da Tina n.º 3 e por água industrial. Quando existe a necessidade de descarga para posterior lavagem, que é com o tratamento de  $2700 \pm 500$  veículos, o banho é transferido para a Tina n.º 1. As reposições de nível da Tina são realizadas pelos excedentes da Tina n.º 3 e por água industrial, que é quando a Tina n.º 0 e a n.º1 necessitam em simultâneo de reposição de nível. Este último é um acontecimento muito raro.

Em seguida, a carroçaria é submetida a uma lavagem por aspersão numa tina com  $35 \text{ m}^3$  (Tina n.º 3) à temperatura ambiente. A lavagem é constituída por água desmineralizada e um produto acelerador, denominado de “Zircobond Rinse Additive”, que tem como

constituição principal o Nitrito de Sódio. Este produto tem como função, controlar a quantidade de Nitritos em solução, uma vez que o processo de Zircobond tem uma maior reatividade na presença de elevadas concentrações de Nitritos. A periodicidade de descarga deste banho é de  $2700 \pm 500$  veículos tratados e quando ocorre, o banho é descarregado na Tina n.º 2. Como já referido anteriormente, esta tina repõe o nível da Tina n.º2, e por conseguinte, a Tina n.º 2 repõe o nível da Tina n.º 1 e a n.º1 repõe a o nível da n.º0. A alimentação desta tina é feita continuamente por água desmineralizada, para desta forma repor as perdas de nível.

A conversão Zircobond dá-se na Tina n.º4, que apresenta um volume de  $35 \text{ m}^3$ , à temperatura ambiente. Este processo tem por base a formação de uma camada nanométrica ou ultra fina de “óxido de zircónio” na chapa. Sendo assim, a carroçaria proveniente da Tina n.º 3, com o auxílio de um sistema automático de elevação e translação, é imersa no banho da Tina n.º4 que tem por base: ácido hidrófluoro-zirconio; nitrato de Sódio; sulfato de ferro; hidróxido de sódio; dinitrato de cobre. O conteúdo desta tina é continuamente filtrado e nunca é descarregado. Apesar de a filtração ser em contínuo, há necessidade de vez em quando de se decantar o banho porque os filtros não são suficientes. Após a decantação, o conteúdo decantado é colocado na Tina n.º5 e Tina n.º4 é descarregada e lavada. O conteúdo que se encontra na Tina n.º5 é colocado novamente na Tina n.º4.

Na Tina n.º 5 ocorre uma lavagem por imersão da carroçaria proveniente da Tina n.º4. O banho desta “nova” tina é composto por água desmineralizada e pelo acelerador “Zircobond Rinse Additive”, e apresenta uma periodicidade de descarga total de  $2700 \pm 500$  veículos tratados. A Tina n.º5, com uma capacidade de  $35 \text{ m}^3$ , opera à temperatura ambiente e em circuito aberto com um débito de cerca de 900L/h. O caudal de renovação tem o objetivo de manter a condutividade dos banhos dentro dos parâmetros de qualidade pré-estabelecidos. As reposições de nível são feitas com o caudal excedente da Tina n.º6. Quando a periodicidade de descarga total é atingida, a tina é lavada.

A Tina n.º6 é a última tina correspondente ao tratamento TTS. As carroçarias provenientes da Tina n.º5 são imersas na Tina n.º6, que apresenta igualmente à Tina n.º5 uma capacidade de  $35 \text{ m}^3$  e uma periodicidade de descarga de  $2700 \pm 500$  veículos tratados. O banho da tina é alimentado continuamente por água desmineralizada com um caudal de renovação de cerca de 900L/h. Para além da água desmineralizada, não é adicionado mais nenhum produto ao banho. Esta tina não efetua descargas, indo somente os excedentes para a Tina n.º5.

Após o mergulho nesta última tina, a carroçaria é lavada por aspersão, com água desmineralizada, para retirar todas as impurezas e restos de produtos que possam existir na chapa. A água de lavagem que não sofre arraste pela carroçaria, é reencaminhado para a Tina n.º6. Deste modo termina o processo TTS e as carroçarias ficam preparadas para o processo que se sucede, a Cataforese.

O processo de Cataforese consiste na primeira aplicação de tinta sobre a superfície da viatura, através da eletrodeposição. Este tem como principal objetivo proteger a chapa da corrosão. Após este processo, é aplicado mástique, a fim de salvaguardar a estanqueidade da caixa do veículo, a sua insonorização e a proteção da parte inferior da caixa, denominando-se assim este processo como Estanqueidade.

Segundo a Figura 6-4, este processo inicia-se com a passagem da carroçaria por três tintas, a fim de ser aplicada a camada de tinta. Na primeira tina aplica-se a tinta, através da imersão da carroçaria num banho em que é feita passar corrente elétrica entre a carroçaria e os ânodos, que se encontram colocados lateralmente, junto às paredes da tina. O conteúdo desta tina é bombado para um filtro de proteção (1) por forma a retirar possíveis impurezas. O banho da tina segue para o módulo de membranas (2) onde é filtrado por um grupo de ultrafiltração, que separa os pigmentos da tina e outros solventes (ultrafiltrado novo), através do processo de osmose inversa. A massa seca, ou seja a tinta, é devolvida à primeira tina (4) e os restantes compostos vão para um reservatório de ultrafiltrado novo (3). O ultrafiltrado novo vai alimentar (5) e fazer as reposições de nível (6) da terceira tina. A terceira tina faz lavagem por aspersão à carroçaria. Na segunda tina procede-se a uma lavagem à carroçaria para recuperar os excedentes de tinta. Esta tina é alimentada em cascata inversa (7) e quando o nível excede o seu volume, passa por gravidade para a primeira tina (8). Em suma, todo o circuito funciona em sistema fechado e no caso de haver falta de banho na primeira tina (cataforese), é adicionado ultrafiltrado novo do reservatório ao banho da Tina n.º3 até perfazer o volume pretendido por cascata inversa. Quando não há quantidade de água suficiente no reservatório para repor o nível, é adicionada à Tina n.º1 água desmineralizada e produtos, como por exemplo, pasta catiónica para pintura de eletrodeposição, ligante catiónico, solvente e ácido sulfúrico para acerto do pH.



A aplicação do Primário (denominado de Primer no capítulo 2.2) dá-se logo após a Estanqueidade, e corresponde à segunda camada de tinta aplicada na superfície da chapa. Após uma limpeza cuidada, a carroçaria entra na cabine de aparelhos e procede-se à aplicação de uma camada de aparelho (tinta de base/fundo) no exterior da carroçaria. A cabine de aparelhos, para além de estar equipada com ventilação e extração forçada, tem no centro da cabine, incorporado no chão, uma cortina de água, que circula em sistema fechado com o objetivo de recolher as partículas de tinta que andam no ar da cabine e que escorrem para a cortina de água. Em seguida a carroçaria entra numa zona de espera, com uma temperatura ligeiramente superior à ambiente, para que se inicie lentamente o processo de secagem. Após um tempo médio de 4 minutos, a carroçaria entra na estufa de cozedura, aquecida através de queimadores a gás natural. A polimerização decorre assim, como já referido, durante este processo.

Depois de sair da estufa, a carroçaria é arrefecida por ventilação forçada e vai para a “Ponçagem do primário”, em que a carroçaria é polida a fim de retirar todas as imperfeições. Depois de a carroçaria ser polida é enviada para a linha de lacas através de um transportador.

Na linha de lacas, a carroçaria é novamente limpa através de *tack-rag* impregnado de resina, com o objetivo de retirar qualquer impureza ainda presente na mesma, dando assim depois entrada para a cabine de lacas. Na cabine, a tinta aplicada no interior da carroçaria é feita de forma manual, no exterior a tinta é aplicada por robôs. São aplicadas duas camadas de tinta de cor original, no caso das tintas opacas, ou uma camada de base e outra camada de verniz, no caso das tintas metalizadas ou envernizadas. Tal como na aplicação do primário, a carroçaria deixa a cabine de lacas e segue para uma zona de espera com uma temperatura intermédia, entre a cabine e a estufa, por forma a permitir a formação de uma película à superfície. Esta película vai permitir que a cozedura não afete a regularidade da superfície pintada. Depois de deixar a zona de espera, a carroçaria é levada para a estufa, que através do mesmo processo de aquecimento das outras, vai permitir a polimerização da tinta. No final do túnel (à saída da estufa) a carroçaria passa por um arrefecedor, para forçar o seu arrefecimento. Por último, nesta linha, é realizado o processo de Controlo/Lustragem, em que são verificadas e retocadas todas as imperfeições decorrentes do processo de pintura.

### 6.1.3 LINHA DE MONTAGEM

Após a caixa do veículo estar pintada, a linha que se sucede na fabricação é a de Montagem, onde são montadas as restantes peças do automóvel. Neste sector podem ser consideradas três subdivisões de áreas de trabalho, o primeiro acabamento, a mecânica e o segundo acabamento.

No primeiro acabamento procede-se à identificação dos veículos através do número de carroçaria e à colagem da placa de construtor na parte da frente do veículo, que contém os elementos de identificação. Estas ações são realizadas de modo a auxiliar as operações de montagem, uma vez que contêm as informações sobre os principais componentes a montar. Simultaneamente, em linhas “paralelas”, são preparados subconjuntos para serem posteriormente montados nos veículos, tais como motores, quadros de bordo, entre outros, de modo a evitar manuseamentos prolongados.

A montagem de cablagens, da guarnição do tejadilho, dos painéis, dos conjuntos de pedaleiras, tapetes, etc. são as principais operações que se procedem nesta área de trabalho. Para a realização das mesmas, os operários possuem ferramentas electropneumáticas e outras ferramentas adequadas, e as carroçarias são movimentadas sobre *charriots* tracionados por um transportador contínuo a baixa velocidade.

Na subdivisão da mecânica, o veículo passa a ser carregado por um transportador aéreo, mais conhecido como aranha, e deixa assim o *charriot* em que tem vindo a ser montado. Com o veículo suspenso, é possível proceder à montagem da parte inferior do depósito de combustível, dos obturadores, do tudo dos travões, entre outros. Por forma a resguardar os trabalhadores de possíveis quedas das carroçarias suspensas, esta zona é contemplada com balizas metálicas de proteção.

Em linhas “paralelas” é montado o motor, o sistema de escape e o eixo traseiro, que posteriormente serão aplicados à carroçaria. Após estes apliques no veículo, é montada a suspensão dianteira e as rodas. Nesta etapa, o veículo passa a andar sobre as suas próprias rodas, deixando para trás o *charriot* que o vinha a transportar.

No segundo acabamento, que corresponde à última fase da linha de montagem, procede-se à montagem da bateria e novamente à elevação do veículo no ar, de modo a que sejam feitas ligações e afinações pela parte inferior da carroçaria. Após estas ações e já com o veículo ao nível do solo são colocados os vidros, as portas frontais, os limpa para-brisas, os

estofos, os frisos e as baquetas. Por fim, realizam-se testes de estanquicidade aos circuitos e purgam-se os travões e o sistema de arrefecimento.

Uma vez terminada a montagem do veículo, concretizam-se os últimos testes na “Bout d’usine” (BTU), sector pertencente à linha de Qualidade (QCP).

De um modo geral, tal como na linha de ferragem, existem diversas linhas de montagem de componentes que afluem para uma linha principal. Nas variadas linhas são montadas desde as peças iniciais como tabliers e cablagens, aos componentes mecânicos como motores e caixa de velocidade, até ao revestimento de interiores, bancos automóvel, para-choques, etc. Na linha principal são agregados todos os componentes advindos das linhas secundárias de montagem, formando o automóvel final.

#### 6.1.4 LINHA DE QUALIDADE

A linha de qualidade é a última etapa de produção do veículo. A descrição do processo no capítulo 2, que foi realizada segundo o processo implementado na PSA Mangualde, corresponde ao que atualmente se passa, mas apresenta-se com uma descrição pouco detalhada. Informações mais específicas só foram possíveis de se obter através do estágio.

No CPMG, esta etapa final dá-se na “Bout d’Usine” e é onde são controlados todos os defeitos, as conformidades e o aspeto do veículo. O veículo entra na linha de qualidade e passa pelo banco de paralelismo, onde são regulados os faróis e é alinhada a direção. Após isto, o veículo entra no banco polivalente para serem testados o sistema de travagem, a potência do veículo e o controlo funcional. Depois, o veículo percorre uma micropista, para ser verificada a ausência de ruídos e a suspensão. O controlo de estanquicidade, que é feito através do duche de estanquicidade, é verificado após o veículo deixar a micropista. Atualmente, para testar a estanquicidade, é aplicado outro duche a determinados veículos que são escolhidos segundo “x” carros produzidos, o chamado duche tropical. Neste novo duche, para além de ser somente aplicada água na parte superior do veículo, como é feito no duche de estanquicidade, é colocada água noutras direções, como por exemplo, por baixo do veículo.

Por fim, o aspeto e a conformidade são controlados e avaliados, para além de outros componentes eletrónicos. Terminados todos estes processos, o veículo encontra-se pronto a entregar ao cliente.



## 7. GESTÃO DA ÁGUA NO CENTRO DE PRODUÇÃO

A gestão da água no CPMG é feita segundo boas práticas ambientais, visando sempre a redução dos consumos, a reutilização de água e a minimização de descarga de efluentes. Um dos grandes objetivos da unidade fabril é aplicar melhorias no processo para que seja consumida a menor quantidade de água possível, sendo por isso seguido semanalmente os consumos de água como um indicador de desempenho ambiental. Este indicador é baseado no consumo de água por veículos produzidos, cujo objetivo é consumir apenas 1m<sup>3</sup> por veículo.

A PSA Mangualde utiliza água da rede de distribuição municipal e água captada por furos existentes no terreno da unidade para satisfazer as suas necessidades hídricas. Existem três furos de captação que são, o furo da ETA, que no momento se encontra desativado, o furo 1, que alimenta conjuntamente com a água da rede quase toda a atividade fabril, casas de banho e balneários dos operários e equipamentos, e o furo 2, que em conjunto com a água da rede e do furo 1 alimenta a rega e as necessidades da ETARI (por exemplo, preparação de reagentes). Desta forma, a água captada pelo furo 1, com 110m de profundidade, é misturada com a água da rede no tanque da fábrica, numa proporção de 35% de água captada do furo 1 e 65% de água advinda da rede. Esta mistura entre a água do furo com a água da rede dá origem à chamada água industrial.

O tanque da fábrica fornece água para quase todos os processos realizados na fábrica e também para o tanque de rega. O tanque de rega fornece água para rega e para a ETARI, e é abastecido pela água captada do furo 2 e pela água advinda do tanque da fábrica, encontrando-se aproximadamente uma proporção de 69% de água industrial e 31% de água advinda do furo 2.

O edifício da direção, que contempla o refeitório, os bebedouros, as casas de banho da direção e as torneiras de lavagem, é abastecido somente pela água da rede. Atualmente, para além dos recursos de água utilizados na unidade fabril, também se agregou mais um no presente ano, a recolha das águas da chuva, que apesar de apresentar pouca significância numérica, devido à quantidade de água recolhida, representa uma melhoria para a pegada ecológica, sendo a água captada reencaminhada para o tratamento “Hidropack”.

Os efluentes produzidos na fábrica são o industrial, o pluvial e o doméstico. O efluente industrial, que é derivado dos processos industriais, é tratado na fábrica pela ETARI e posteriormente é descarregado no coletor municipal. Deste último, o efluente é reencaminhado para a ETAR municipal, que se irá encarregar de fazer o tratamento final do efluente para que este possa ser descarregado no meio natural. O efluente pluvial é gerado pelos lixiviados da água da chuva nos parques de estacionamento, nos edifícios e nos arruamentos, não havendo tratamento prévio na unidade, sendo diretamente descarregado no meio natural. O efluente doméstico é derivado das casas de banho, refeitório e balneários, e é descarregado diretamente no coletor municipal.

Na Figura 7-1 encontra-se representado o esquema geral do ciclo da água na PSA Mangualde.

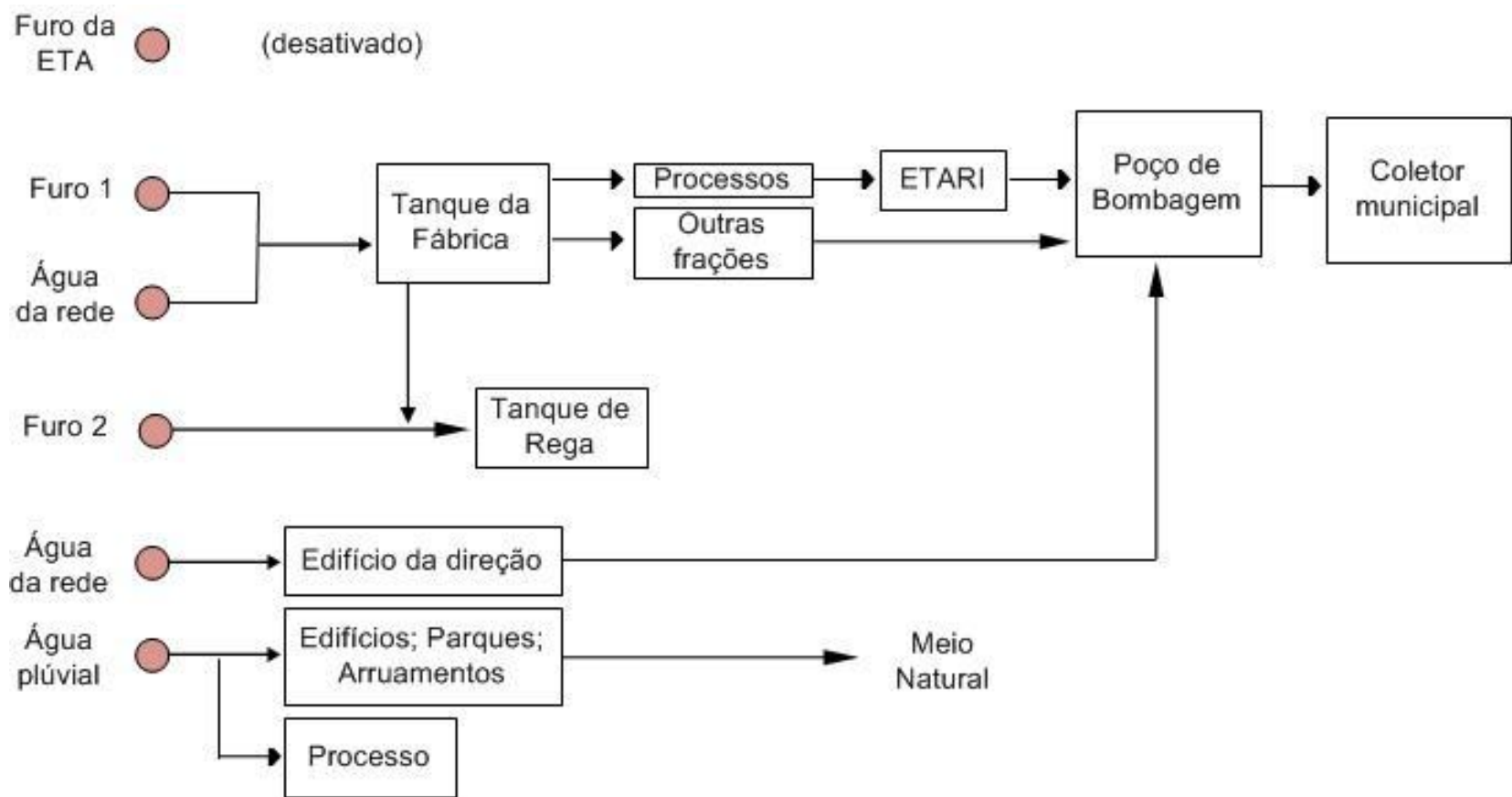


Figura 7-1 – Esquema geral do ciclo da água na PSA Mangualde.



O processo industrial, comparado com os consumos doméstico, é o maior consumidor de água e também o maior produtor de efluentes residuais, havendo por isso a necessidade da implementação de uma ETARI na unidade fabril.

O presente relatório, em que o objetivo se debateu na redução dos consumos de água, exigiu que fossem levantados todos os consumos de água contabilizáveis e que fossem caracterizadas todos os processos, equipamentos e atividades consumidoras deste recurso.

Através deste estudo foram levantadas as atividades e os equipamentos ditos “críticos”, ou seja, que efetuam maiores consumos. Depois deste levantamento, foram analisados as rejeições e os possíveis reaproveitamentos para esses efluentes.

Numa perspetiva de redução de consumo de água, pensou-se na possibilidade de recuperação de água, segundo algum tratamento extra, para outra atividade ou mesmo na possibilidade de se aproveitar diretamente um efluente industrial para outra atividade ou para reintrodução na mesma. Uma vez que esta já é uma problemática debatida regularmente na PSA Mangualde e por já terem sido implementadas medidas de melhoria contínua nesse sentido, foi apresentado um caso de estudo específico de interesse para a fábrica, a reutilização de água para rega. Os consumos de água para a manutenção dos espaços verdes, para além de não fazerem parte dos consumos do processo produtivo, apresentam-se como um encargo acrescido para o processo, dado que são um aumento de custos não diluídos pela fabricação automóvel. O objetivo proposto pela direção da fábrica foi de satisfazer as necessidades de rega com 50% de água recuperada, diminuindo desta forma os custos associados a esta atividade.

A reutilização de água no processo através da utilização do método de cascata inversa no processo de tinas no tratamento TTS é uma das medidas já implementadas pela fábrica para a redução dos consumos de água, por exemplo.

A PSA Mangualde por forma a monitorizar os consumos efetuados instalou vários contadores de água pelos processos e equipamentos. Os consumos podem variar conforme a produção realizada na fábrica, o número de pessoas que se encontrem a trabalhar e os dias trabalhados naquele mês. No Quadro 7-2 encontram-se os valores mensais e valor o anual de 2012, das variáveis de consumo de água por último descritas. Para dar a representatividade do número de pessoas presentes na fábrica durante determinado período, foram contabilizadas todas as entradas.

Para iniciar o estudo e por forma a visualizar melhor todos os consumos de água efetuados na fábrica, elaborou-se um fluxograma do ciclo da água, mais detalhado que o da Figura 7-1, com o auxílio dos contadores instalados, que se encontra apresentado na Figura 7-2.

Após a esquematização geral do fluxo da água fez-se um levantamento mensal de todos os consumos de água dos contadores, relativos ao ano de 2012, que se encontram no Quadro 7-1. Para além dos registos mensais, este quadro apresenta os valores totais anuais de consumo, bem como o consumo mensal doméstico, industrial e o global.

O consumo doméstico foi calculado através do somatório dos consumos efetuados nas casas de banho da pintura, da montagem, da ferragem e dos soufflets, e dos consumos dos contadores de rega e da entrada do edifício da direção. Este último contador contabiliza todos os consumos feitos no interior do edifício, que são os relativos ao refeitório, à casa de banho da direção, aos bebedouros e à torneira de lavagem (não tem contador).

O consumo global de água é baseado no somatório de todas as entradas de água, ou seja, no somatório da água captada pelos furos (furo 1 e furo 2) e do consumo da água da rede (contador Entrada edifício da direção + Entrada Rede (câmara)). O Quadro 7-4 apresenta o consumo global consumido e os consumos individuais de água da rede e de água explorada nos furos de captação.

O consumo industrial é calculado pela diferença entre o consumo global e o consumo doméstico, dado que não existem contadores em todos os consumos industriais, como por exemplo em algumas torneiras, em que são feitos pequenos gastos, e em outras parcelas que ainda não foram possíveis de se contabilizar.

No Quadro 7-3 encontram-se amostrados os somatórios de consumo de água mensais e anuais de alguns equipamentos e processos. Este quadro tem a finalidade de apresentar de forma mais reativa os consumos de água realizados por determinados equipamentos e processos que ostentam mais de que uma unidade de consumo. A caldeira, por exemplo, é um equipamento único, não havendo necessidade de incorporar os seus consumos no referido quadro. Tal como o Quadro 7-3, foi elaborado outro para os consumos das casas de banho (Quadro 7-5).

Os consumos gerais mensais da linha de Pintura no ano 2012 encontram-se apresentados no Quadro 7-6. O cálculo para a elaboração deste quadro baseou-se no somatório dos contadores: “Água industrial no TTS”; Condicionadores (Mástiques; Aparelhos; Lacas; Novo); “Desmineralizador novo”; Cabines (Lacas; Aparelhos). O contador “Desmineralizador

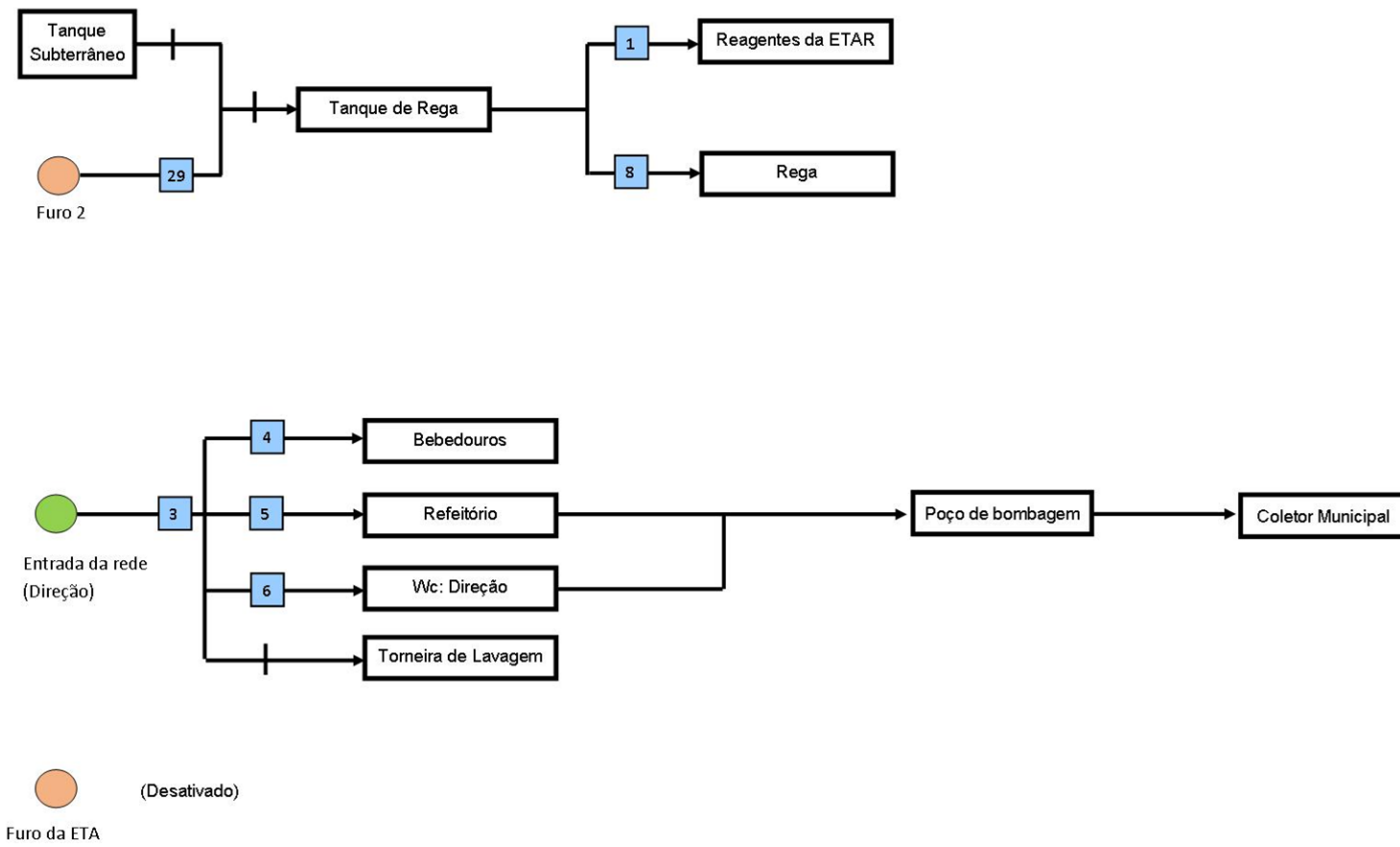
novos” refere-se a toda a água desmineralizada, que por defeito é associada na totalidade aos consumos da linha de Pintura. Outros consumos de água desmineralizada poderão estar associados a consumos em torneiras, por exemplo no laboratório, em que não existem contadores e que não representam frações de consumo relevantes.

A linha da Pintura é a maior consumidora de água desmineralizada e o erro incorrido ao associar todo o consumo de água desmineralizada a esta linha é menor que somar os consumos dos contadores de água desmineralizada existentes no TTS. Isto porque não estão colocados contadores suficientes para contabilizar todos os consumos de água desmineralizada nesta linha.

Os valores de consumo de água para o mês de Agosto deveriam ser mais reduzidos, relativamente aos restantes meses, dado que o número de veículos produzidos, os dias trabalhados e a quantidade de entradas são muito inferiores aos números apresentados para os outros meses. O mesmo não acontece, uma vez que no mês de Agosto é feita a manutenção dos equipamentos dos processos. Assim sendo, o rácio de consumo de água por veículos produzidos atinge os máximos neste mês.







**Legenda:**  
 ■ Número do contador  
 ● Furo  
 ● Entrada de água da rede

Figura 7-2 (continuação) – Fluxograma do ciclo da água e identificação contadores de água da PSA Mangualde.

Quadro 7-1 – Consumos mensais (m<sup>3</sup>) registados pelos contadores de água da PSA Mangualde, no ano 2012, e os respetivos consumos mensais (m<sup>3</sup>) domésticos, industriais e globais.

Número e nome dos contadores de água	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
1 - ETAR	82	128	112	91	84	77	82	366	63	95	66	104	1350
2 - Sala de Lavagem	10	17	20	13	12	2	3	3	8	16	9	11	124
3 - Entrada do Edifício da Direção	527	471	545	361	302	316	421	256	375	330	419	320	4643
4 - Bebedouros	-	-	-	-	-	-	-	1	7	4	4	4	20
5 - Refeitório	419	390	437	312	324	262	387	233	336	293	361	255	4009
6 - Casas de banho da Direção	49	42	48	33	39	32	34	23	41	36	39	29	445
7 - Saída ETAR	2111	2400	1994	1516	1773	1526	2026	987	1773	1648	2060	2083	21897
8 - Rega	1	0	66	15	4	96	243	577	371	47	0	0	1420
9 - Caldeira	44	12	3	2	0	0	2	0	0	5	1	1	70
10 - Desmineralizador novo	1996	1998	1930	1208	1449	1432	1859	813	1655	1515	1806	1411	19072
11 - Cabine Aparelhos	132	141	150	96	183	97	126	72	106	86	99	118	1406
12 - Condicionador de Lacas	279	439	363	139	113	76	134	45	140	39	166	99	2032
13 - Condicionador de Mástiques	46	98	134	42	47	30	68	36	102	46	64	40	753
14 - Condicionador Aparelhos	289	372	349	163	157	122	183	38	141	65	107	108	2094
15 - Água industrial no TTS	96	139	135	38	105	113	181	127	52	60	198	185	1429
16 - Água desmineralizada Lâmpada UV	-	0	0	0	0	0	0	0	0	69,3	76,8	71	216,9
17 - Água desmineralizada Linha MV	-	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	8,1	6	18,6
18 - Água desmineralizada Montagem F3	-	0	0	0	0	0	0	0	0	35,7	85,4	61	181,7
19 - Água desmineralizada na Cataforese	41	33	32	20	24	24	28	53	32	37	36	18	378
20 - Cabine Lacas	301	429	331	184	194	201	296	211	244	172	278	380	3221
21 - Torre de Refrigeração M59	56	52	116	36	165	189	252	138	215	92	50	51	1412
22 - Bout d'usine	26	42	30	14	24	40	49	27	33	24	19	15	343
23 - Duche Estanqueidade	144	187	202	105	120	123	195	54	166	152	144	125	1717
24 - Rede Incêndio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 - Entrada Rede (fábrica)	2895	3691	3335	1407	1821	2008	3508	1587	4212	1843	2734	1894	30935
26 - Entrada Rede (câmara)	2954	3479	2602	1371	1774	1952	3438	1495	4178	1791	2634	1805	29491
27 - Casa de banho Montagem	48	52	65	34	44	36	45	16	31	37	33	30	471
28 - Furo Fábrica	1700	1706	1939	1283	1648	1404	1285	1200	375	810	1159	1501	16010
29 - Furo 2	60	102	150	100	84	164	233	90	0	91	66	81	1221
30 - Casas de banho pintura	284	280	308	166	197	218	248	100	213	163	248	218	2643
31 - Saída depósito	4744	5429	5293	2777	3621	3495	4906	2742	4690	3122	4004	3537	48360
32 - Casas de banho soufflets	95	90	128	72	92	102	90	40	105	76	99	68	1057
33 - Casa de banho Ferragem CKD	18	25	45	10	25	32	14	31	44	14	26	11	295
34 - Depósito dos compressores	183	180	174	58	161	146	117	66	266	82	84	104	1621
35 - Torres refrigeração dos compressores contador pequeno	191	178	172	68	149	175	145	61	256	88	91	44	1618
36 - Torre refrigeração nova compressores	-	-	-	-	35	11	12	22	11	6	13	115	225
37 - Saída ETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38 - Entrada ETA (câmara)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39 - Furo - ETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40 - Serralharia	26	17	25	14	19	10	8	4	6	8	11	4	152
41 - Depósito Ferragem	0	0	1	0	0	1	0	4	0	1	0	1	8
42 - Torre de Refrigeração F3	0	0	3	0	6	11	11	7	10	3	1	0	52
43 - Condicionador novo	133	238	204	88	69	54	121	49	96	56	79	48	1235
44 - Água desmineralizada TTS	1287	1216	1160	699	757	130	1054	315	997	905	992	826	10938
45 - Água desmineralizada TTS Rampa Tina 6	127	134	133	66	69	85	116	25	74	56	187	144	1216
Consumo Doméstico	973	918	1134	658	664	791	1061	356	1139	667	825	647	9833
Consumo Industrial	4268	4840	4396	2457	3144	3045	4316	2685	3789	2355	3453	3060	41808
Consumo Global	5241	5758	5530	3115	3808	3836	5377	3041	4928	3022	4278	3707	51641



**Quadro 7-2 – Quantidade de veículos mensalmente produzidos e os números de entradas e de dias trabalhados na PSA Mangualde no ano de 2012.**

	Número de veículos produzidos	Número de entradas de pessoas	Número de dias trabalhados
<b>Janeiro</b>	4788	28695	21
<b>Fevereiro</b>	5253	29041	23
<b>Março</b>	5413	27544	20
<b>Abril</b>	3108	18607	17
<b>Mai</b>	3551	20735	19
<b>Junho</b>	3198	19664	18
<b>Julho</b>	4470	23267	23
<b>Agosto</b>	977	8953	5
<b>Setembro</b>	3742	20235	21
<b>Outubro</b>	3185	18217	17
<b>Novembro</b>	3755	19494	20
<b>Dezembro</b>	2822	15423	16
<b>Total</b>	<b>44262</b>	<b>249875</b>	<b>220</b>

**Quadro 7-3 – Consumos mensais de água (m<sup>3</sup>) realizados por alguns equipamentos e processos da PSA Mangualde, no ano 2012.**

	Condicionadores (m <sup>3</sup> )	Cabines (m <sup>3</sup> )	Torres de Refrigeração (m <sup>3</sup> )
<b>Janeiro</b>	747	433	247
<b>Fevereiro</b>	1147	570	230
<b>Março</b>	1050	481	291
<b>Abril</b>	432	280	104
<b>Mai</b>	386	377	355
<b>Junho</b>	282	298	386
<b>Julho</b>	506	422	420
<b>Agosto</b>	168	283	228
<b>Setembro</b>	479	350	492
<b>Outubro</b>	206	258	189
<b>Novembro</b>	416	377	155
<b>Dezembro</b>	295	498	210
<b>Total</b>	<b>6114</b>	<b>4627</b>	<b>3307</b>

**Quadro 7-4 – Quantidade de água consumida mensalmente (m<sup>3</sup>) pela PSA Mangualde e o respetivo valor anual de consumo, referente ao ano 2012.**

	Água da Rede (m <sup>3</sup> )	Água explorada dos Furos (m <sup>3</sup> )	Água consumida (m <sup>3</sup> )
<b>Janeiro</b>	3481	1760	5241
<b>Fevereiro</b>	3950	1808	5758
<b>Março</b>	3452	2078	5530
<b>Abril</b>	1732	1383	3115
<b>Maió</b>	2076	1732	3808
<b>Junho</b>	2268	1568	3836
<b>Julho</b>	3859	1518	5377
<b>Agosto</b>	1751	1290	3041
<b>Setembro</b>	4553	375	4928
<b>Outubro</b>	2121	901	3022
<b>Novembro</b>	3053	1225	4278
<b>Dezembro</b>	2125	1582	3707
<b>Total</b>	<b>34421</b>	<b>17220</b>	<b>51641</b>

**Quadro 7-5 – Consumo mensal e anual de água (m<sup>3</sup>) das casas de banho da PSA Mangualde no ano 2012.**

<b>Consumo das casas de banho (m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Janeiro</b>	494
<b>Fevereiro</b>	489
<b>Março</b>	594
<b>Abril</b>	315
<b>Maió</b>	397
<b>Junho</b>	420
<b>Julho</b>	431
<b>Agosto</b>	210
<b>Setembro</b>	434
<b>Outubro</b>	326
<b>Novembro</b>	445
<b>Dezembro</b>	356
<b>Total</b>	<b>4911</b>

**Quadro 7-6 – Consumo mensal e anual de água (m<sup>3</sup>) na linha de Pintura da PSA Mangualde, no ano de 2012.**

<b>Consumo na Pintura (m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Janeiro</b>	2846
<b>Fevereiro</b>	4591
<b>Março</b>	2581
<b>Abril</b>	2028
<b>Maio</b>	2442
<b>Junho</b>	2125
<b>Julho</b>	2968
<b>Agosto</b>	631
<b>Setembro</b>	2536
<b>Outubro</b>	2040
<b>Novembro</b>	2492
<b>Dezembro</b>	1920
<b>Total</b>	<b>29200</b>

## 7.1 PRINCIPAIS PROCESSOS CONSUMIDORES DE ÁGUA

O consumo doméstico corresponde a uma pequena parcela do consumo global, apresentando um valor anual de 9833 m<sup>3</sup> num consumo global de 51641 m<sup>3</sup> em 2012, o que corresponde a uma percentagem de aproximadamente 19% do consumo global. O consumo industrial é a parcela mais representativa dos consumos, com uma percentagem de 81%.

No consumo industrial, as linhas de ferragem e de montagem não apresentam consumos no processo, no entanto são utilizados equipamentos que efetuam consumos de água. A linha de Pintura, devido aos processos de tratamento de superfícies e de Cataforese, é a fase de fabricação que apresenta maiores consumos de água, como já foi referido e esperado no capítulo 3.1. Como estes processos (TTS e Cataforese) utilizam em grande parte água desmineralizada, a parcela correspondente à quantidade de água desmineralizada é superior à quantidade de água industrial gasta nesta fase, apresentando uma representatividade de 61% de água desmineralizada gasta no total de consumo na Pintura. Nesta linha são consumidos 29200 m<sup>3</sup> anuais de 41808 m<sup>3</sup> utilizados para consumos industriais anuais, o que corresponde uma percentagem de 70% do consumo industrial. O processo de Cataforese, como ocorre em circuito fechado, efetua consumos muito mais reduzidos que o processo de tratamento TTS, pois apenas necessita de água para repor as perdas de nível. A linha de qualidade utiliza água para a limpeza do espaço e dos filtros

(incorporados no processo), e também para os duches de estanqueidade e o tropical. O contador n.º22 do Quadro 7-1, denominado de “Bout d’usine”, contabiliza os consumos relativos à limpeza de espaços e filtros, e o consumo anual apontado por este contador é uma pequena fração de consumo relativamente ao consumo da Bout d’usine. O duche de estanqueidade é a parcela de consumo na qualidade que apresenta relevância, representando 83,45% dos consumos globais na linha de qualidade. Apesar de serem efetuados estes consumos, a linha de qualidade não ultrapassa os consumos realizados na linha de pintura, dado que os consumos na linha de qualidade representam uma fração de 4,93% dos consumos industriais realizados, contra a percentagem, já referida, de 69,84% consumida na linha de pintura relativamente aos consumos industriais globais.

Os consumos de água realizados na ETAR, não apresentam grande significância, uma vez que a água utilizada é para preparar os reagentes.

## 7.2 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS CONSUMIDORES DE ÁGUA

No centro de produção existem alguns equipamentos que consomem água durante o seu funcionamento e manutenção, dos quais se podem destacar as torres de refrigeração, os condicionadores de ar, as caldeiras e o desmineralizador de água.

### 7.2.1 TORRES DE REFRIGERAÇÃO

As torres de refrigeração têm o objetivo de arrefecer máquinas e equipamentos (por exemplo: compressores de ar). Neste sistema, a água atua como fluido de arrefecimento (refrigeração), com a finalidade de remover a carga térmica do equipamento. Para tal, a água circula em sistema fechado e faz diminuir a temperatura das máquinas, compressores, etc., por absorção. Na torre, os tubos são arrefecidos por aspersores a pressão com água fria. Parte da água é evaporada e a restante, recirculada e purgada, ou seja, retirada do sistema, devido aos problemas bacteriológicos, de corrosão e de incrustações. Devido a estes problemas, no circuito aberto (água injetada pelos chuveiros) são adicionados biocidas alternadamente, o AQUAPROX TM 9012 e o AQUAPROX TM 6000, porque como há recirculação a temperaturas elevadas, poderá haver o crescimento de bactérias e fungos.

Este circuito é caracterizado por apresentar condutividades elevadas, uma vez que alguns sais presentes na água aumentam as suas concentrações na água de circulação até atingir o limite de solubilidade, devido às perdas por evaporação e arrastamento. Quando este limite é atingido, começam a ocorrer incrustações, que para além de danificarem o

equipamento, diminuem a eficiência das trocas de calor. Para evitar que as incrustações ocorram, parte da água que recircula no sistema é purgada, de forma a regular a concentração de sais na água e deste modo, diminuir a condutividade (Rito, 2010). Não podem ser adicionados anticorrosivos para evitar incrustações porque como parte da água sofre evaporação, poderia provocar contaminações no ar. No circuito interno/fechado, a água recircula sempre pelo sistema e é adicionado anticorrosivo AQUAPROX TCD 6010, para evitar incrustações e a corrosão, e anticongelante. Neste circuito não são adicionados biocidas.

A água que entra no condicionador é para repor o nível da água que é perdido por evaporação e pela purga que é feita de forma contínua. Normalmente é adicionado um 1,5L de biocida por litro de água, com uma concentração de 100-200 mg/l de biocida.

Na fábrica existem 4 torres de arrefecimento: Torre de refrigeração CKD (F3); Torre nova de compressores; Torre de compressor pequeno; Torre M59, de refrigeração dos aparelhos da ferragem e pintura.

A água da purga das torres de refrigeração CKD, da torre nova de compressores e da torre compressor pequeno é conduzida para o poço de bombagem, que a vai reencaminhar para o coletor municipal. A água de purga proveniente da torre de refrigeração M59 é descarregada na ETARI.

Anualmente na paragem do mês de Agosto, os circuitos são esvaziados e é efetuado o tratamento de choque com os seguintes produtos químicos:

- AQUAPROX DLX, doseado em quantidade suficiente para baixar o pH até próximo de 3. Normalmente, cerca de 5 litros por  $m^3$  será suficiente.
- AQUAPROX TM 9012, doseado a cerca de 20 gramas por  $m^3$ .
- AQUAPROX BLEACH WATER (antigamente CL 2), doseado a cerca de 80 gramas por  $m^3$ .

O consumo destes equipamentos não é o que apresenta maior representatividade de consumo na categoria de equipamento, como se pode verificar através dos Quadro 7-1 e Quadro 7-3. Segundo o último quadro, o somatório de consumo das 4 torres de refrigeração no passado ano (2012) foi de  $3307m^3$ .

Na Figura 7-3 é possível visualizar o funcionamento de uma torre de refrigeração constituída por um sistema de circuito semi-aberto com recirculação de água, que apresenta o funcionamento semelhante das torres de refrigeração da PSA Mangualde.

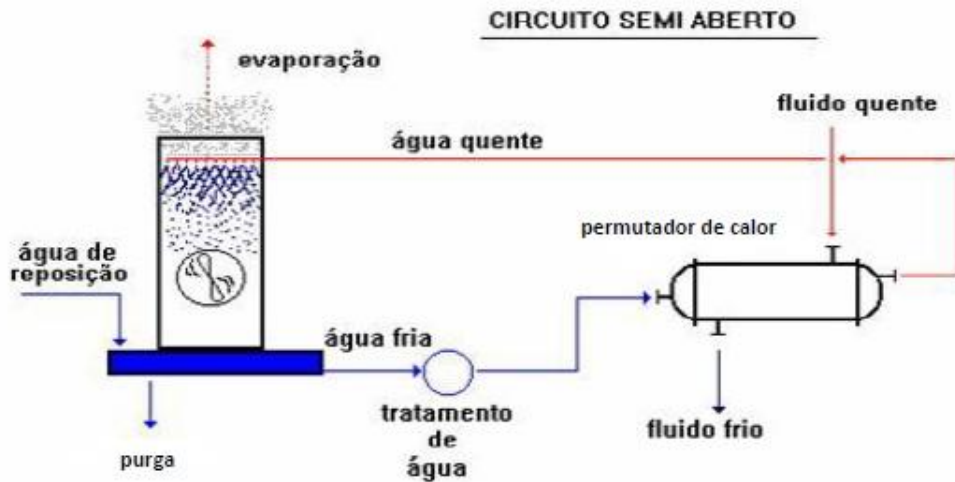


Figura 7-3 – Exemplo do funcionamento de um sistema em circuitos semi-abertos, com recirculação de água. Fonte: Rito, 2010.

## 7.2.2 CONDICIONADORES DE AR

Os condicionadores de ar são sistemas que tratam o ar interior de espaços fechados. O tratamento consiste em regular a qualidade do ar interior das cabines de pintura, relativamente às condições de temperatura, humidade, limpeza e movimento. Desta forma, garantem-se as condições adequadas para a execução do processo de pintura, independentemente das condições meteorológicas exteriores.

O ar exterior é captado, passa por queimadores e depois pelo humidificador, que é constituído por um tabuleiro com água e chuveiros. Como o ar quente passa pelo humidificador, absorve água e arrasta humidade para o exterior do condicionador de ar, o que provoca um desnivelamento no nível da água no humidificador. Por isso, é necessário repor o nível de água para compensar as perdas e para repor a água gasta na purga, que é contínua. Purgar é retirar a água do condicionador, de forma a manter os níveis de condutividade baixos. A restante água que não é purgada nem arrastada, recircula no sistema de humificação.

O sistema nem sempre está em funcionamento, só é ativado quando é necessário humidificar o ar das cabines, ou seja, quando há laboração. Quando o sistema funciona, os chuveiros são ativados e a purga também. A água da purga é armazenada e uma pequena parte é utilizada para lavagem de equipamentos e contentores, por exemplo, a parte restante da água da purga vai para a ETARI.

A água que entra no sistema é tratada somente com o biocida AQUAPROX TM 9012, não se adicionam anticorrosivos pois o ar que passa pelo sistema contata diretamente com os trabalhadores que trabalham nas cabines. O biocida é indicado para controlar o crescimento da Legionella pneumophila.

Na fábrica existem quatro condicionadores de ar: o condicionador de aparelhos (situa-se na cabine de aplicação do primário); o condicionador das lacas (encontra na cabine das lacas); o condicionador novo ou alongamento das lacas (situa-se na cabine de lacas); condicionador de mástiques (encontra-se na “Ponçagem da CATA”).

Os condicionadores de ar são os equipamentos que efetuam maiores consumos de água entre os equipamentos. No ano 2012, segundo o Quadro 7-3, tiveram um consumo anual de 6114 m<sup>3</sup> de água. Os consumos oscilam durante os meses do ano, pois nem sempre o caudal de purga é o mesmo, como também os dias trabalhados e as condições exteriores da humidade do ar não são as mesmas.

### 7.2.3 CALDEIRA

A caldeira é utilizada para aquecer a água dos banhos TTS. É utilizada uma caldeira de água quente pois consome menos que uma caldeira a vapor. A água que entra no sistema é descalcificada, ou seja, a água industrial entra num sistema que a descalcifica, para que possa entrar dentro da caldeira. A descalcificação dá-se através de um sistema constituído por resinas catiónicas, que captam o cálcio e o magnésio e libertam sódio. Para regenerar as resinas, adiciona-se sal e água, para formar uma água salina. A regeneração é feita a cada 5 m<sup>3</sup> e a água resultante desta ação é descarregada na ETARI.

A água circula pela caldeira, aquece e através de tubos vai aquecer a água dos banhos TTS. Após a transferência de calor, a água fica fria e retorna novamente à caldeira, perfazendo um ciclo. A água que circula pelo sistema deveria ser sempre a mesma, mas existem perdas e contaminações através dos tubos, que fazem com que a água se misture com a água dos banhos, por exemplo. Quando isso acontece, a água fica com espuma e tem de ser trocada. Estes acontecimentos não são frequentes, daí a entrada de água neste sistema ser reduzida.

Na água que circula neste sistema, não são utilizados biocidas porque a temperatura da caldeira é elevada (80°C), nem anticorrosivos, pois a caldeira está munida contra a corrosão. Isto se não existisse perdas ou fugas no sistema. Como estas situações

acontecem, deveriam ser utilizados anticorrosivos para preservar o bom estado do equipamento.

#### 7.2.4 DESMINERALIZADOR DE ÁGUA

O desmineralizador de água permite desmineralizar água, removendo todos os sais minerais presentes na água, tornando-a numa água mais pura para que possa ser utilizada nos processos químicos industriais. A desmineralização é feita através de colunas de troca iônica que são constituídas por resinas catiónicas e aniônicas. A capacidade de troca iônica está diretamente relacionada com a quantidade de sais e sílica presentes na água a desmineralizar. Quando as resinas perdem a capacidade de troca iônica, ficam “saturadas”, e por isso a água desmineralizada começa a perder qualidade e a condutividade começa a aumentar. Para que as resinas voltem a ganhar a capacidade de troca necessitam de ser regeneradas. A regeneração das resinas catiónicas é feita com uma solução de Ácido Clorídrico e as resinas aniônicas com uma solução de Soda Cáustica. As regenerações do desmineralizador ocorrem em média 11 vezes por mês e em cada regeneração são gastos cerca de 20 m<sup>3</sup> de água industrial.

### 7.3 CONSUMOS DE ÁGUA NOS ESPAÇOS VERDES

A rega dos espaços verdes é feita por aspersão e pelo processo gota-a-gota, com água que advém do tanque de rega. Este tanque, com 5 m<sup>3</sup> de capacidade, para além de alimentar a rega dos espaços verdes, abastece as necessidades da ETARI, nomeadamente para a preparação de reagentes, como se pode verificar na Figura 7-2. Quando a rega não apresenta elevados consumos, o furo 2 é capaz de satisfazer as necessidades tanto da ETARI como da rega. Nos meses em que há maiores consumos de água para a rega é necessário introduzir água advinda do tanque subterrâneo da fábrica para alimentar as necessidades de ambos. Outro fator, para além do consumo de água para rega, pode também ser a quantidade de água captada pelo furo, que não é sempre a mesma, pois a disponibilidade de água no solo pode variar.

No inverno: Quando chove não há rega, mas quando não chove, a rega é feita às 7 da manhã, durante 5 min. Isto aconteceu até ao final do ano 2011. No ano 2012 e 2013, nos meses de inverno a rega dos espaços verdes foi suspensa.

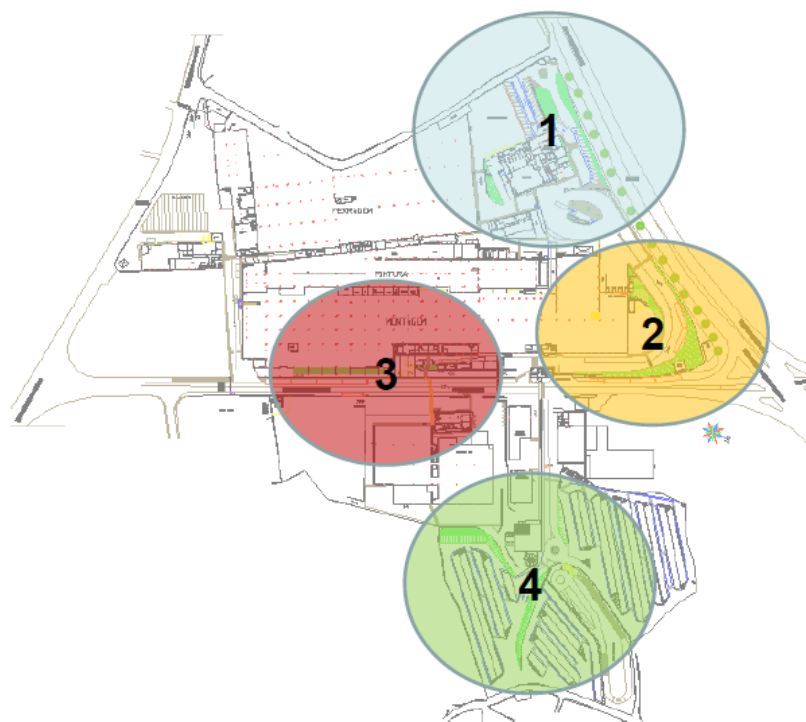
No Verão: Aspersão: São realizadas 2 regas diárias. À meia-noite e às 5 da manhã (na parte de cima), e outra às 22:00 e às 6:00 (na parte de baixo), com uma duração de cerca de 15

minutos por rega. Gota-a-gota: Realizada às 8:00 e às 15:00. (como é gota-a-gota, as perdas de água às 15:00 não têm tanta importância)

### 7.3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ZONAS VERDES

A caracterização dos espaços verdes é um passo importante para a realização deste estudo, uma vez que as espécies apresentam diferentes sensibilidades aos fatores externos, como por exemplo, à salinidade quando presente na água de regadio.

O levantamento empírico das espécies presentes nas zonas verdes da PSA Mangualde tinha já sido feito para outros fins, que não este estudo, e encontra-se amostrado nas imagens seguintes. Na Figura 7-4 é possível visualizar a subdivisão das zonas verdes em 4 áreas diferentes. As espécies não estão com o nome científico porque não há registos a esse respeito de quando as plantaram, existindo somente o nome comum da espécie. Algumas delas não conseguiram ser distinguidas, sabendo-se apenas que o tipo de planta.



**Figura 7-4 – Divisão das zonas verdes da PSA Mangualde. Fonte: PSA Mangualde.**

Na perspetiva de reduzir os consumos de água efetuados na rega paisagística, foram substituídas algumas zonas relvadas por seixos de rio e casca de Pinheiro. Nas Figuras 7-5, 7-6, 7-7 e 7-8 encontram-se caracterizadas os espaços verdes correspondentes à Zona 1.

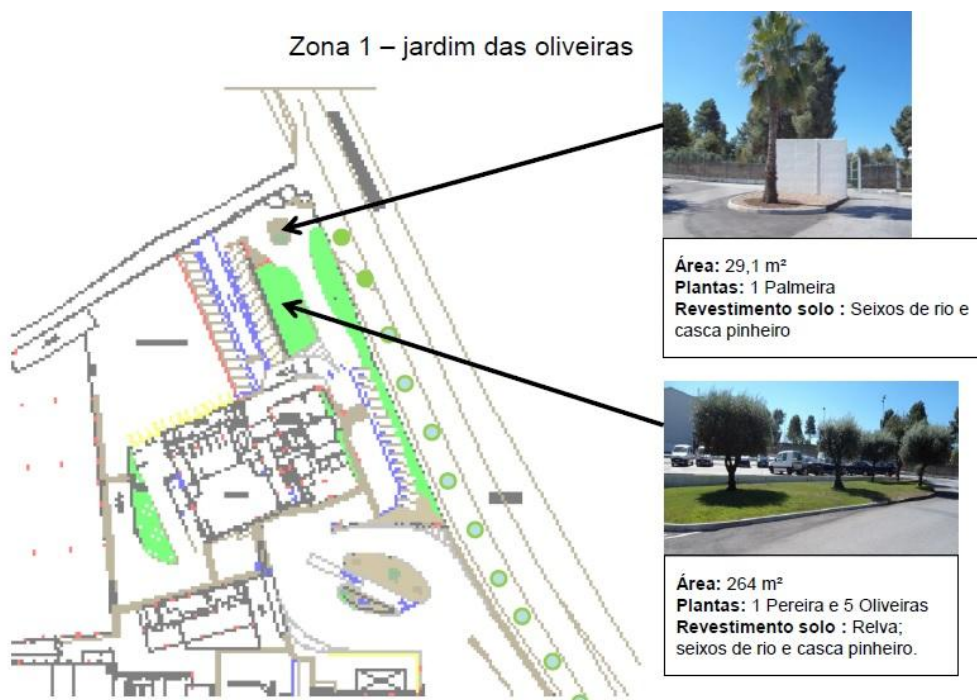


Figura 7-5 – Caracterização do jardim das Oliveiras, presente na Zona 1. Fonte: PSA Mangualde.

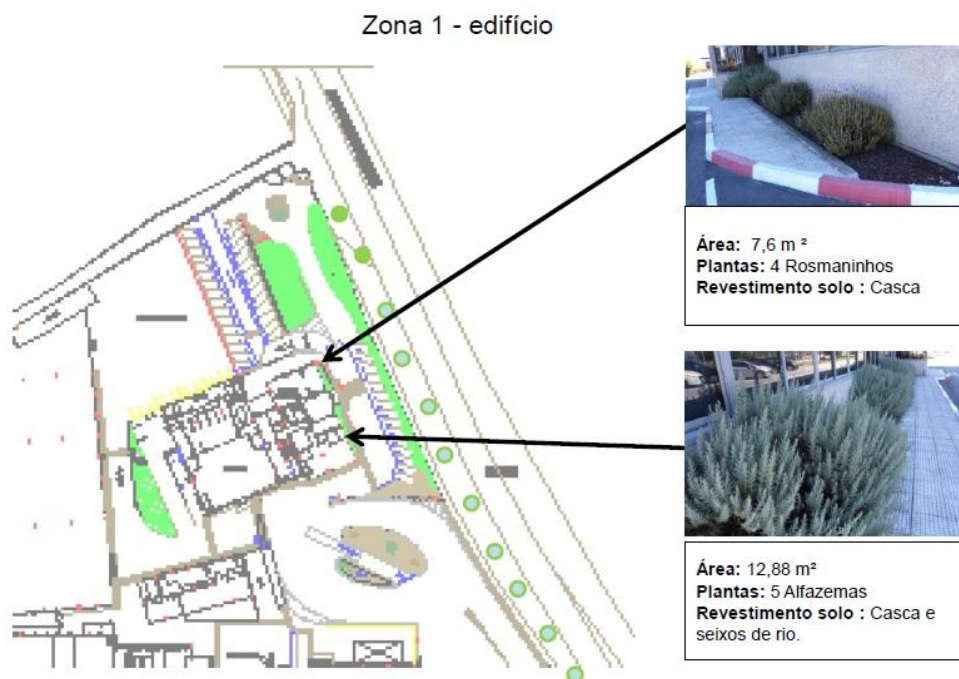
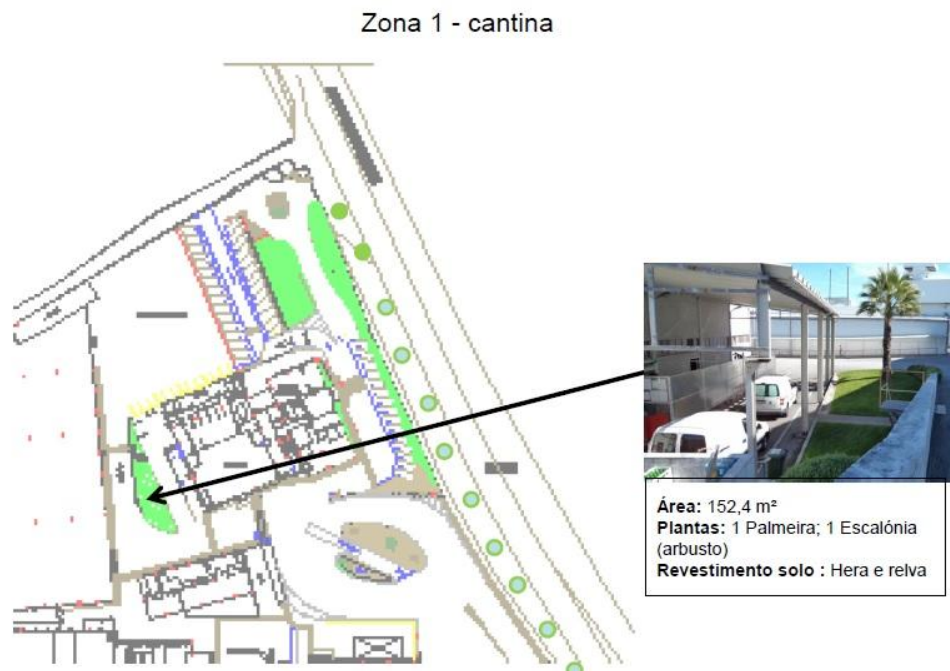
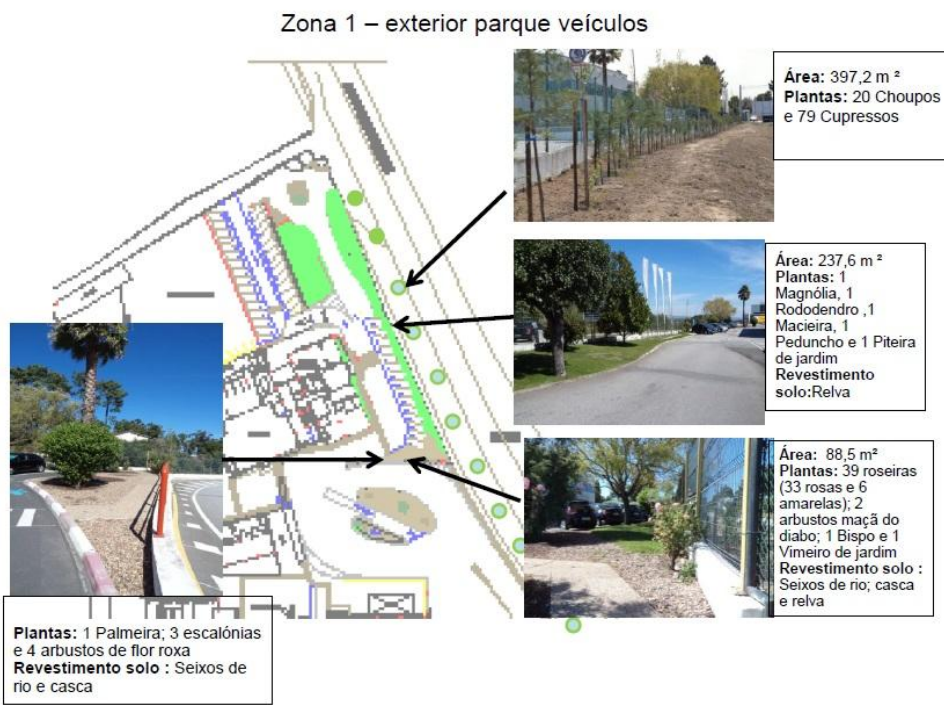


Figura 7-6 – Caracterização da zona verde à frente do edifício da direção, presente na Zona1. Fonte: PSA Mangualde.



**Figura 7-7 – Caracterização do espaço verde ao lado da cantina, presente na Zona 1. Fonte: PSA Mangualde.**

No ano 2012 foram plantadas árvores no exterior da vedação, como é possível visualizar na Figura 7-8, o que poderá corresponder a um aumento dos consumos de água na rega destes espaços.



**Figura 7-8 – Caracterização da zona verde no exterior, perto do parque de veículo, na Zona 1. Fonte: PSA Mangualde.**

Nas três figuras que se seguem encontram-se representados os jardins e as espécies correspondentes à zona número 2. Recentemente foram plantadas 2 Cameleiras, mais propriamente camélias rosas, na Zona 2, perto da portaria (Figura 7-11). Estas não se encontram no esquema, uma vez que foram plantadas após a elaboração deste estudo.

Zona 2 - rotunda



Figura 7-9 – Caracterização da rotunda presente na Zona 2. Fonte: PSA Mangualde.

Zona 2 – interior da rampa

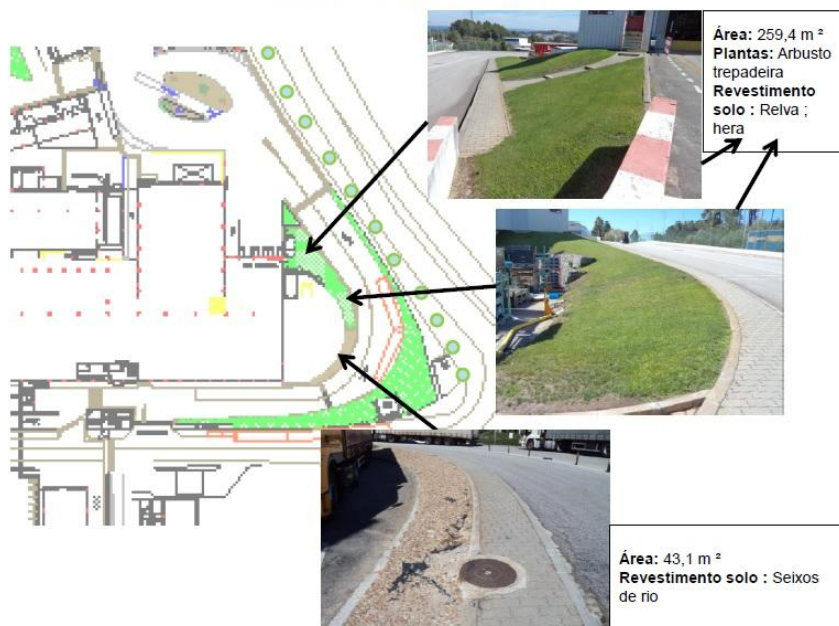


Figura 7-10 – Caracterização da zona verde correspondente ao interior da rampa na Zona 2. Fonte: PSA Mangualde.

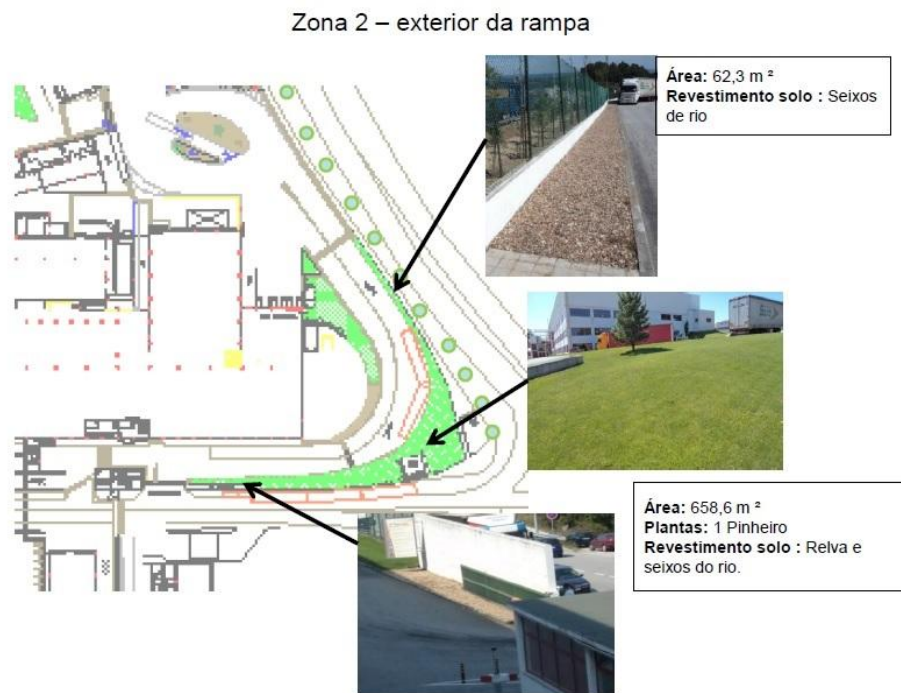


Figura 7-11 – Caracterização da zona verde correspondente ao exterior da rampa na Zona 2. Fonte: PSA Mangualde.

A Zona número 3 corresponde à zona com menos área jardinada e na Figura 7-12 encontra-se a caracterização deste espaço. Os espaços com os arbustos trepadeira não são regados.

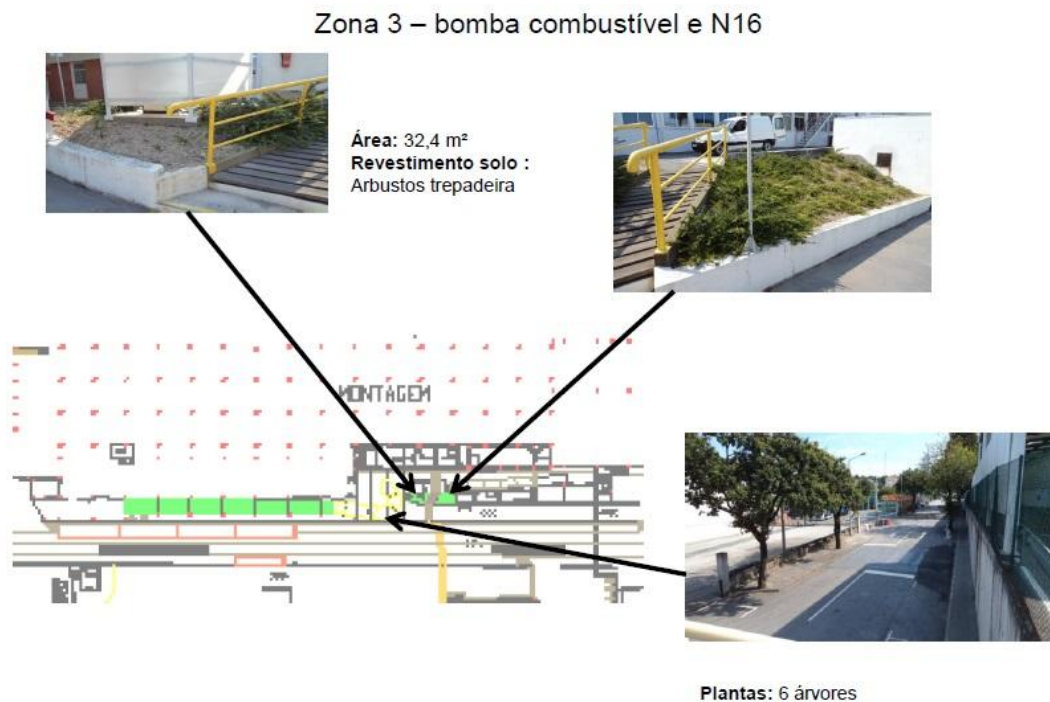
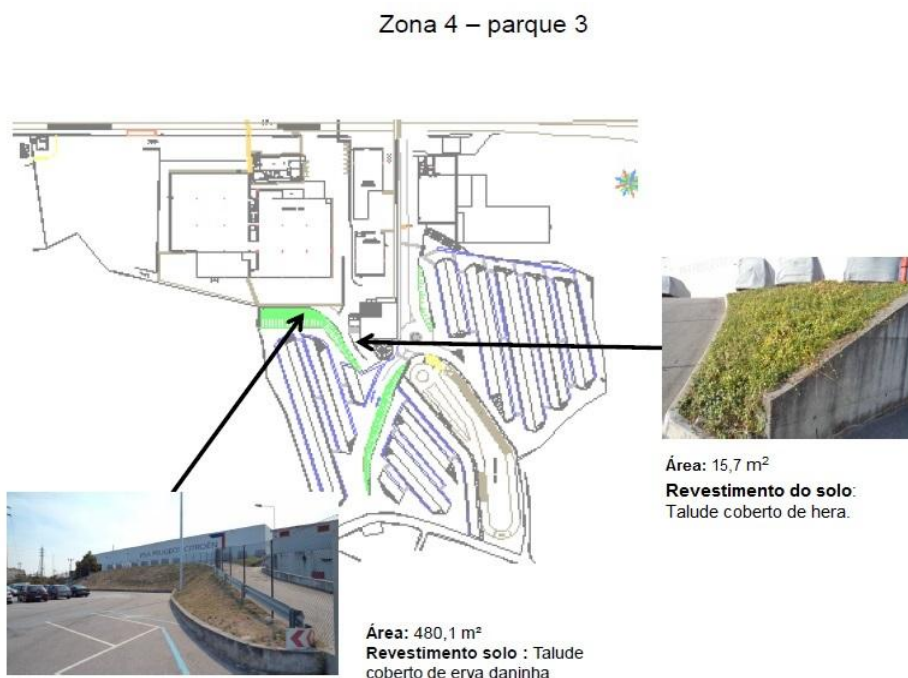


Figura 7-12 – Caracterização dos espaços verdes da Zona 3. Fonte: PSA Mangualde.

Nas Figuras 7-13 e 7-14 encontram-se caracterizadas as zonas verdes correspondentes à Zona 4. Nesta zona, o local que apresenta 15,7 m<sup>2</sup> de área, na Figura 7-14, é a única que é regada.



**Figura 7-13 – Caracterização dos espaços verdes presentes na Zona 4, nomeadamente nos parques de estacionamento 1 e 2. Fonte: PSA Mangualde.**



**Figura 7-14 – Caracterização dos espaços verdes presentes no parque de estacionamento 3, na Zona 4. Fonte: PSA Mangualde.**

A fábrica apresenta uma área relvada com cerca de 1600 m<sup>2</sup> e várias espécies plantadas no jardim. Destaca-se um fator importante para a reutilização de águas residuais para irrigação, que é o facto de haver espécies comestíveis plantadas nos espaços verdes da PSA Mangualde. Como tal, os acessos às áreas verdes deverão ser restritos para prevenir possíveis contactos entre a água de regadio e os trabalhadores, e deverão também estar sinalizados relativamente ao perigo.

Segundo o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, a utilização de água residuais tratadas na rega de culturas agrícolas e florestais está condicionada ao licenciamento pela Administração de Região Hidrográfica (ARH) e depende do parecer favorável da Direção Regional de Agricultura (DRAg) e do Delegado Regional de Saúde (DRS). Como o regadio na fábrica também inclui espécies comestíveis, que no caso industrial não são para consumo humano, será necessário verificar se é possível seguir o procedimento de licenciamento normal para rega paisagística ou se é necessário seguir o procedimento para a rega de culturas agrícolas.

### 7.3.2 AVALIAÇÃO DOS CONSUMOS

Os consumos de água na rega de espaços verdes variam consoante as condições climatéricas exteriores pois a precipitação, a temperatura e a humidade relativa não é sempre a mesma. Para além disso, as necessidades hidrológicas das plantas dependo do estado vegetativo em que se encontrem as plantas. No caso da PSA Mangualde, a rega dos espaços só é feita segundo a precipitação, sendo por isso o fator que interfere mais na quantidade de consumo. Como é possível verificar, segundo o Quadro 7-7, os valores de consumo não são os mesmos para os anos 2010, 2011 e 2012, denotando-se até uma descida do consumo no ano 2012.

Através da Figura 7-15 é possível constatar que não há uma relação direta entre os consumos de água nos diferentes anos apresentados. Os maiores consumos de água verificados são desde o mês de Maio até Outubro, que correspondem aos meses de maior seca, ou seja, de menor precipitação. Os picos de consumo são nos meses de Julho, Agosto e Setembro, como já era de se esperar. No ano 2010, o valor de consumo de água está registado conjuntamente com o de Setembro, daí aparece um consumo nulo, que não corresponde à realidade.

Quadro 7-7 - Consumo de água (m<sup>3</sup>) na rega dos espaços verdes na PSA Mangualde nos anos de 2010, 2011 e 2012.

	Consumo de água 2010 (m <sup>3</sup> )	Consumo de água 2011 (m <sup>3</sup> )	Consumo de água 2012 (m <sup>3</sup> )
Janeiro	0	0	1
Fevereiro	0	82	0
Março	9	113	66
Abril	44	180	15
Maio	440	255	4
Junho	502	408	96
Julho	471	746	243
Agosto	-	502	577
Setembro	547 (*)	412	371
Outubro	305	252	47
Novembro	39	5	0
Dezembro	0	16	0
<b>Total</b>	<b>2357</b>	<b>2971</b>	<b>1420</b>

(\*) Valor de consumo para a rega correspondente ao mês de Agosto e Setembro.

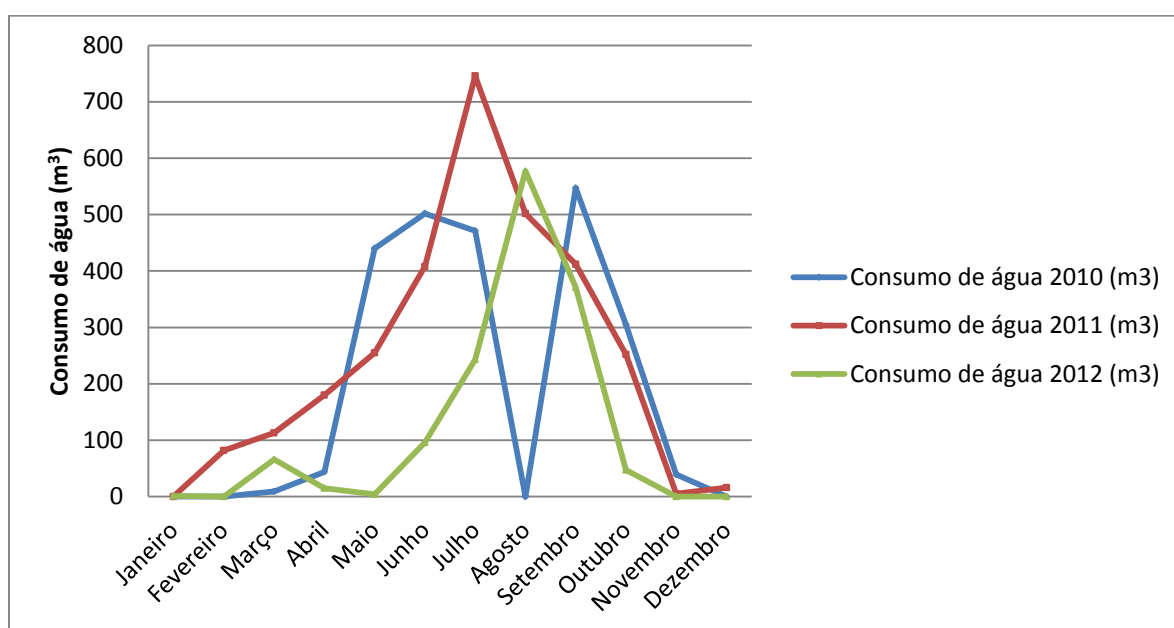


Figura 7-15 - Variações de consumo de água (m<sup>3</sup>) para a rega dos espaços verdes na PSA Mangualde ao longo dos anos 2010, 2011, 2011.

### 7.3.3 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE ÁGUA DE REGA

A avaliação dos custos associados ao processo de rega é um fator importante para determinar se o processo a implementar para a reutilização de água na rega ultrapassa os custos já associados ao processo. Industrialmente, a reutilização de água no processo é uma mais-valia a nível ambiental, uma vez que melhora a Pegada Ecológica, mas se o custo associado a essa melhoria for muito superior ao atualmente gasto, essa melhoria torna-se economicamente inviável. Desta forma, esta avaliação é um fator importante na tomada de decisões.

Para avaliar os custos associados ao processo de rega, foi necessário estimar o custo da água industrial, advinda do tanque da fábrica, que advém da mistura da água da rede com a água da captada do furo 1. Após estimar um valor de custo para a água industrial do tanque, avaliou-se o custo da água da rega, que advém da diluição da água industrial do tanque subterrâneo da fábrica com a água captada do furo 2, no tanque de rega.

O seguimento dos consumos de água é feito semanalmente e por isso a avaliação do custo foi feito segundo esses dados, relativamente ao ano passado (2012). Como a proporção de água da rede e de água do furo que entra no tanque subterrâneo não é sempre a mesma, o custo semanal de água pode variar. Por isso, foram estimados custos semanais da água industrial e depois médias mensais desse custo semanal, para que desta forma fosse possível obter valores o mais aproximados da realidade. Considerando que um metro cúbico de água da rede custa 2,48€ e que o custo de bombagem da água é nulo, o custo da água advinda do tanque da fábrica custou aproximadamente 1,48€/m<sup>3</sup>, sendo que 35% da água do tanque adveio do furo 1 e 65% da rede. Segundo estas proporções e o preço por metro cúbico, o custo da água industrial deveria ser 1,61€, mas como o valor foi calculado segundo os consumos semanais, o custo semanal fez variar o custo mensal, e por isso a média mensal de custo variou.

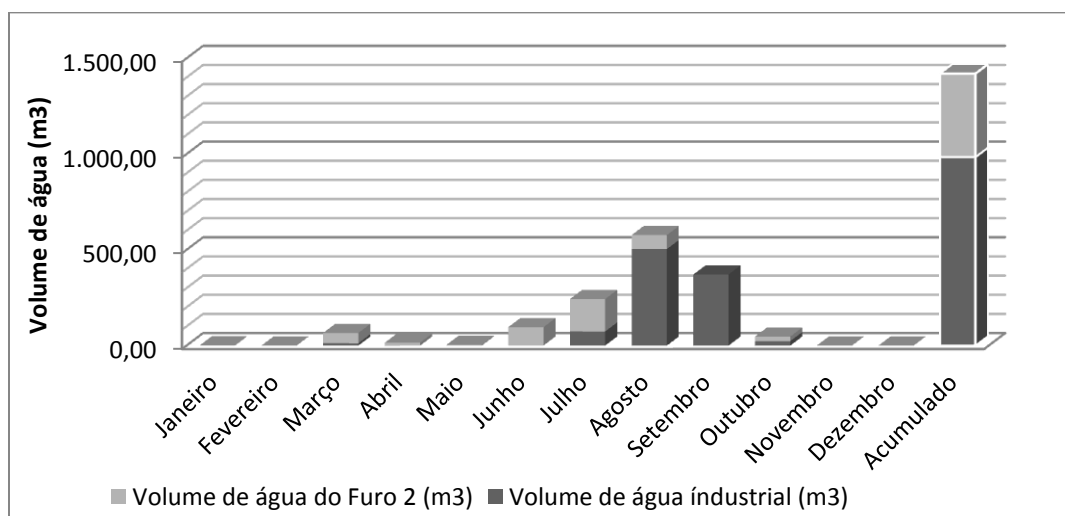
No tanque de rega a proporção anual foi de 52% água advindo do tanque da fábrica e 48% advindo da captação do furo 2. A proporção de água industrial e de água do furo 2 que satisfaz efetivamente as necessidades de rega foi de 69% de água industrial e 31% da água captada do furo 2. Considerando que o custo de bombagem do furo 2 foi nulo, o custo da água para rega foi de 1,20€ por m<sup>3</sup>. Tal como para o cálculo do custo da água industrial, foram consideradas as variações de custo semanais, e por isso fez variar o custo mensal como também a média mensal.

No Quadro 7-8 apresentam-se resumidamente os custos da água industrial advinda do tanque da fábrica e da água industrial para rega, e as respetivas proporções da água da fonte de água.

**Quadro 7-8 – Custo médio mensal por m<sup>3</sup> (€) da água industrial advinda do tanque da fábrica e da água industrial para rega, em 2012, e as respetivas proporções de água captada vs água da rede.**

	Custos médios mensais por m <sup>3</sup> (€)
<b>Água industrial advinda do tanque da fábrica</b> (35% água do furo 1; 65% água da rede)	1,48
<b>Água industrial para rega</b> (69% água industrial; 31% água do furo 2)	1,20

Através da Figura 7-16 é possível visualizar a proporção de água captada do furo 2 e a água industrial advinda do tanque subterrâneo da fábrica. Nos meses de Agosto e Setembro a contribuição do furo 2 para satisfazer as necessidades de rega foi nula ou quase nenhuma, uma vez que houve uma avaria na bomba deste furo.



**Figura 7-16 - Volume mensal de água captada no furo 2 e de água industrial que satisfizeram as necessidades de rega em 2012 e o respetivo volume acumulado.**

A Figura 7-17 apresenta a variação dos custos mensais associados à rega dos espaços verdes, como também o valor acumulado referente ao ano 2012. Como se pode constatar, os custos mais elevados estão associados aos meses de maiores consumos. A avaria da bomba do furo 2, na época de maior consumo, veio incrementar o custo associado à rega,

dado que foi necessário utilizar mais água do tanque da fábrica, que não sendo diluída com a água captada do furo 2 fica mais dispendiosa para a rega.

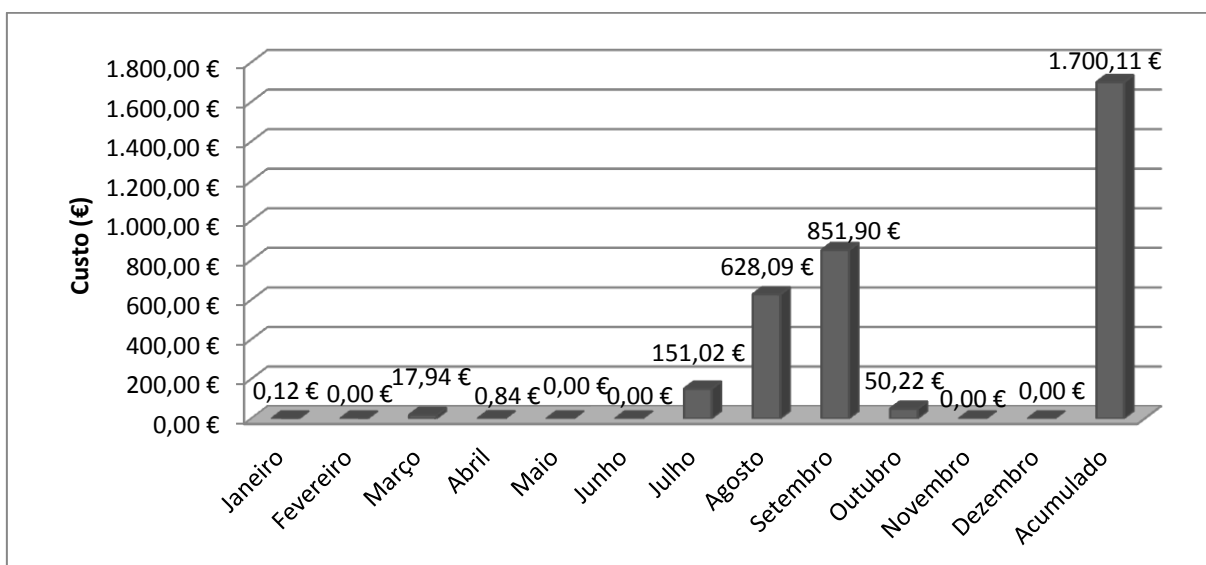


Figura 7-17 - Variação do custo mensal da água para rega e o respectivo valor acumulado, no ano 2012.

Os custos associados ao processo de rega podem ser reduzidos com a reintrodução de efluente de um processo industrial no tanque de rega ou com o aumento de rentabilidade de captação do furo 2.

Como o tanque de rega apresenta pouca capacidade de armazenamento ( $5 \text{ m}^3$ ) e como os consumos de água não são uniformes, uma vez que as necessidades de rega não são sempre as mesmas, o furo 2 não é rentabilizado ao máximo. Isto porque, quando não é necessário regar e a ETAR não precisa de água, a bomba do furo 2 para de captar. Quando é necessário regar, são utilizadas avultadas quantidades de água, não dando tempo para que o furo 2 reponha as perdas de nível no tanque.

Nos meses em que as necessidades de rega são menores, a água do tanque de rega poderia ser reencaminhada para outro processo, dando um maior aproveitamento à exploração de água do furo 2. O “Hidropack” poderia ser uma das soluções para este aproveitamento, dado que as instalações encontram-se perto do tanque de rega e o processo necessita de uma elevada quantidade de água para repor o nível das cortinas de água das cabines das lacas.

## 7.4 SISTEMAS DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS PRODUZIDAS

Os efluentes industriais são tratados dentro das instalações da fábrica, mais propriamente na ETARI, antes de serem descarregadas no poço de bombagem para posterior tratamento pela ETAR do município. Exceções ao referido encontram-se os efluentes da “Bout d’usine”, do Duche de Estanqueidade e das torres de refrigeração dos compressores e da F3, que são reencaminhados diretamente para o poço de bombagem. Para além da ETARI existente para tratar as águas residuais, existem outros sistemas de tratamento que pretendem tratar o efluente para que este possa ser reintroduzido no sistema, como é o caso do tratamento de águas das cabines e das águas das tinas.

### 7.4.1 TRATAMENTO DE ÁGUAS DAS CABINES

As águas das cabines são as anteriormente referidas, cortinas de água que passam no chão das cabines com o objetivo de arrastar consigo os restos de tinta que possam escorrer da pintura ou que estejam no ar. Para tratar a água da cortina de água da cabine de aplicação do primário ou primer é feita passar a água num sistema de tratamento para que esta possa ser recirculada no sistema, denominando-se o tratamento de “Flowjet”. As águas das cortinas de água da cabine das lacas e vernizes são tratadas no sistema denominado de “Hidropack”.

O sistema de tratamento “Flowjet” é um sistema de tratamento físico-químico básico constituído por um Floculador de “raspetas”, em que são adicionados produtos como: desnaturante, floculante; anti-espuma; acetato de cálcio para controlar a dureza; Tratamento bacteriológico, se necessário; Base para acerto do pH. No floculador, a lama é retirada por uma “raspeta”, gerando-se resíduos de lamas de primário. A água tratada volta a recircular no sistema de cortinas de água, sendo apenas descarregada para a ETARI cerca de duas vezes por ano. Como é uma água que recircula repetidamente pelo sistema e que está em contacto com o ar da cabine (onde operários trabalham) adiciona-se biocida para evitar possíveis contaminações por fungos ou bactérias.

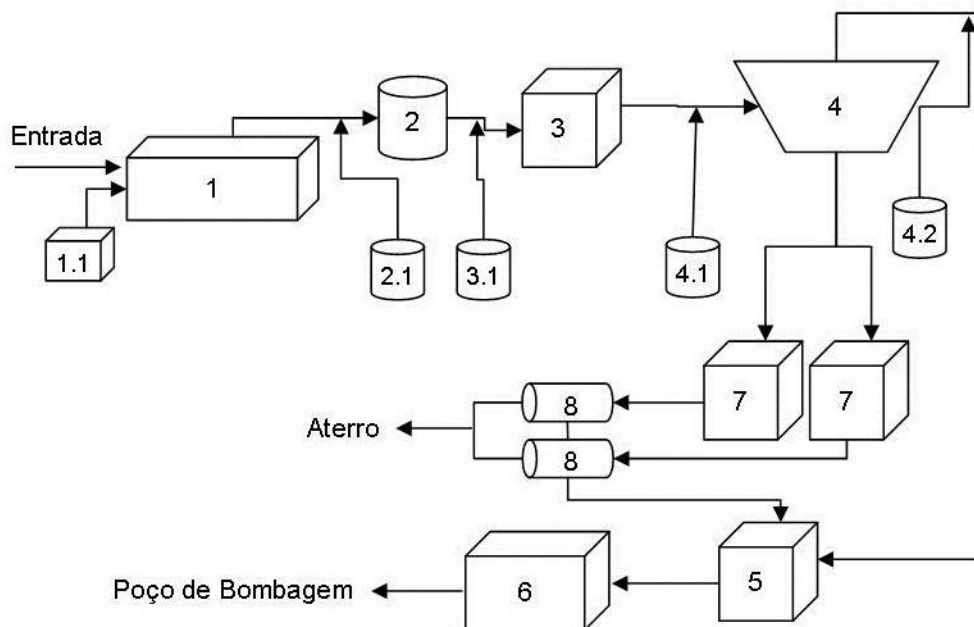
O sistema de tratamento “Hidropack” consiste no tratamento físico-químico de floculação da água residual advinda das cabines de lacas. Ao processo adicionam-se os mesmos produtos que no processo de tratamento no “Flowjet”. A água a ser tratada eflui por baixo do tanque, criando uma corrente de água no mesmo. A água tratada passa para uma caleira,

voltando a ser reintroduzida no sistema, as lamas vão ficando retidas na superfície do tanque, formando assim uma camada de lamas na superfície. Para retirar as lamas, o fluxo da caleira é fechado e o nível da água sobe fazendo com que as lamas e alguma água sejam arrastadas para uma rede. A água que foi arrastada juntamente com as lamas, volta a sofrer tratamento, sendo reintroduzida no tanque, e as lamas retidas no cesto, são colocadas em sacos filtrantes para sofrerem desidratação.

### 7.4.2 ETARI

A ETARI trata cerca de 8 a 10 m<sup>3</sup> de efluente por hora quando se encontra em funcionamento. O sistema só é acionado quando tanque homogeneizador se encontra cheio. Devido às reduções de consumos e à reutilização de água nos processos, por exemplo reaproveitamento da água das tinas por cascata inversa, a ETARI não necessita de funcionar todos os dias. Desta forma, há uma maior diluição dos efluentes mais carregados com outros mais “limpos”, reduzindo a sua concentração de carga poluente, como também é possível rentabilizar o consumo de reagentes. As maiores cargas de efluente ocorrem ao fim de semana, quando as tinas são descarregadas segundo o *planning* de descarga e limpeza, anteriormente referido no capítulo 6.1.2.

O seu processo de tratamento encontra-se esquematizado na Figura 7-18.



**Legenda:**

- 1 - Tanque Homogeneização
- 1.1 - Contentor de Ácido Sulfúrico
- 2 - Tanque de Coagulação
- 2.1 - Tanque de preparação de Coagulante
- 3 - Tanque de Neutralização
- 3.1 - Tanque de Preparação da Cal
- 4 - Tanque de Floculação/Decantação
- 4.1 - Tanque de Preparação de Floculante
- 4.2 - Tanque de Preparação do anti-espuma
- 5 - Tanque com água decantada
- 6 - Tanque de saída
- 7 - Reservatório de Lamas
- 8 - Filtros de prensas

**Figura 7-18 - Esquema geral da ETARI da PSA Mangualde.**

Os efluentes industriais que afluem à ETARI são misturados num tanque de homogeneização subterrâneo (Tanque 1), situado por baixo da ETARI, que apresenta um volume de 180 m<sup>3</sup> de capacidade útil. A homogeneização do efluente dá-se na presença de agitadores para garantir a oxigenação e evitar a deposição de sólidos em suspensão, permitindo assim, regularizar os possíveis picos de carga poluente. Ainda no tanque é adicionado Ácido Sulfúrico ao efluente para baixar o pH, pois o coagulante orgânico atua melhor quando o pH é baixo. Quando o pH atinge um valor abaixo de 3, deixa-se de adicionar ácido. Através de bombas, o efluente é reencaminhado para o Tanque de Coagulação (Tanque 2). Neste tanque adiciona-se o coagulante orgânico, enquanto o efluente sofre agitação. Após o processo de coagulação, o efluente passa para o Tanque de Neutralização (Tanque 3), onde são adicionadas, a Soda Cáustica e Cal, de forma a

umentar o pH, com o efluente em constante agitação. No Tanque de Flocculação/Decantação (Tanque 4), e ainda em agitação, é adicionado o floculante aniônico e começa a haver precipitação. O efluente passa lentamente para o decantador, alguns produtos precipitados ficam retidos numa calha, enquanto a água limpa passa por cima da calha, sendo posteriormente conduzida para um tanque de água tratada, o Tanque de água decantada (Tanque 5). Antes de chegar ao tanque de água tratada, é adicionado anti-espuma ao efluente.

As lamas que ficam retidas no fundo do decantador são conduzidas para dois tanques, denominados de Reservatórios de Lamas (Tanque 7). Destes tanques, as lamas são sujeitas a uma desidratação mecânica por filtros de bandas ou prensa. Quando as lamas se encontram desidratadas, são colocadas em contentores e posteriormente encaminhadas para o parque de resíduos, que daí são transportadas para aterro. A fase líquida que derivar do processo de desidratação, é enviada para o Tanque de Água Decantada.

Por fim, o efluente tratado é encaminhado para o tanque de saída (Tanque 6) onde é medido o pH. Se o valor de pH medido se encontrar dentro dos parâmetros de descarga, o efluente é reencaminhado para o poço de bombagem, senão volta a ser introduzido no processo de tratamento, recirculando até atingir o parâmetro de valores desejado. No poço de bombagem são misturados os efluentes advindos da ETARI e os efluentes domésticos, que são posteriormente encaminhados para o coletor municipal.

A monitorização do efluente é feita semanalmente pela CESP (entidade externa prestadora de serviços ambientais) à entrada e à saída da ETARI. São recolhidas duas amostragens em dias diferentes e avaliados parâmetros como o CQO, o pH e a concentração de Fósforo, Zinco e Níquel. Para além desta monitorização semanal, uma entidade externa creditada recolhe mensalmente uma amostra composta de 16 horas (se for o caso de só estarem a laborar dois turnos) à saída da ETARI e avalia parâmetros como: pH; SST; CQO; CBO5; óleos e gorduras; Hidrocarbonetos totais; Detergentes aniônicos; Alumínio total; Cádmi total; Estanho Total; Prata total; Zinco total; Ferro total; Chumbo total; Cobre total; Níquel total; Fósforo total; Condutividade elétrica; Cianeto total.

Os valores de descarga da ETARI são impostos pela Câmara Municipal de Mangualde, segundo uma licença de descarga no coletor, e por isso, os resultados das análises mensais feitas ao efluente da ETARI devem-lhe ser comunicados. No Quadro 7-9 encontram-se expostos os valores limite de emissão impostos pela Câmara para o efluente da ETARI.

**Quadro 7-9 – Valores limite de emissão impostos pela Câmara Municipal de Mangualde para a descarga do efluente da ETARI da PSA Mangualde.**

<b>Parâmetro</b>	<b>VLE Câmara</b>	<b>Unidades</b>
<b>pH</b>	6.0 a 9,0	Escala de Sorensen
<b>SST</b>	1000	mg/l
<b>CBO<sub>5</sub></b>	600	mg/l O <sub>2</sub>
<b>CQO</b>	1000	mg/l O <sub>2</sub>
<b>Alumínio total</b>	10	mg/l Al
<b>Ferro total</b>	2	mg/l Fe
<b>Níquel total</b>	3	mg/l Ni
<b>Cobre Total</b>	-	mg/l Cu
<b>Hidrocarbonetos totais</b>	20	mg/l
<b>Cádmio total</b>	-	mg/l Cd
<b>Cianetos totais</b>	-	mg/l
<b>Chumbo total</b>	1	mg/l Pb
<b>Estanho total</b>	-	mg/l Sn
<b>Detergentes</b>	5	mg/l
<b>Óleos e gorduras</b>	100	mg/l
<b>Fósforo</b>	-	mg/l P
<b>Condutividade elétrica</b>	-	mS/cm
<b>Prata Total</b>	-	mg/l Ag
<b>Zinco total</b>	5	mg/l Zn

Na ETARI até Junho de 2012, para além do processo normal, utilizava-se no tratamento o filtro de carvão ativado que era regenerado com o vapor de água perdido por uma caldeira por geração de vapor. Esta caldeira foi substituída por uma caldeira de água quente (atual caldeira de aquecimento da água das tinas TTS) por questões económicas. Como a atual caldeira não fornece vapor, começou a regenerar-se o carvão ativado com água fria, o que fez com que a eficiência da regeneração fosse muito inferior à regeneração a vapor. Por este motivo e por os parâmetros analisados se encontrarem dentro do permitido para descarga sem recorrer à utilização do filtro de carvão ativado, deixou-se de integrar este órgão de tratamento no processo.

## 8. ANÁLISE DOS EFLUENTES PARA A REGA PAISAGÍSTICA

A análise qualitativa e quantitativa dos efluentes da PSA Mangualde constitui um passo preponderante na tomada de decisão relativamente à reutilização de efluentes na rega paisagística. Através da visualização do fluxograma do ciclo da água ( Figura 7-2), em conjunto com o Quadro 7-1, e do conhecimento dos processos produtores de efluentes e respetivos tratamentos, é possível ter uma ideia de quais os efluentes promissores para esta reutilização. Dos efluentes que afluem à ETAR, destacam-se os efluentes derivados do processo TTS, o das purgas dos condicionadores de ar e da Torre de refrigeração M59, o da caldeira e o da regeneração do desmineralizador. Dos efluentes que são descarregados diretamente no poço de bombagem, destacam-se os efluentes advindos das casas de banho, da serralharia, do duche de estanqueidade, da “Bout d’usine”, das Torres Refrigeração F3 e dos compressores, e do refeitório.

Por questões de logística são eliminadas algumas possibilidades de reutilização de efluentes, uma vez que os processos ou equipamentos que os produzem se encontram muito afastados do tanque de rega. Criar instalações para reencaminhar os efluentes para o tanque de rega ficaria muito dispendioso, para além de que os efluentes a reutilizar poderiam necessitar de tratamento prévio, o que iria aumentar os custos. Por isso, os efluentes advindos da Torre M59, da serralharia, do duche de estanqueidade, da “Bout d’usine”, das Torres dos compressores e da Torre F3 são colocados de parte para esta reutilização.

Os efluentes domésticos, advindos das casas de banho e do refeitório apresentam elevada carga de matéria orgânica, nutrientes, sedimentos, detergentes e coliformes fecais (Pita, 2002). Por isso o tratamento na ETAR do município é fundamental para que estes efluentes possam ser rejeitados para o meio superficial.

O tratamento terciário e avançado deveria ser considerado na reutilização de águas residuais na rega paisagística. A redução de nutrientes devido ao tratamento terciário minimiza o crescimento de algas nos reservatórios de armazenamento de água, porém retira o valor fertilizante do efluente a reutilizar na rega, o que por isso deve ser um elemento a considerar no tratamento (Monte & Albuquerque, 2010).

No Quadro 8-1 é possível observar os valores típicos de alguns parâmetros das águas residuais urbanas não tratadas e após o tratamento primário e secundário.

**Quadro 8-1 – Valores típicos de alguns parâmetros característicos para diferentes tipos de águas residuais urbanas. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.**

Parâmetro	Unidades	Águas residuais		
		Não tratadas	Após tratamento primário	Após tratamento secundário
CBO <sub>5</sub>	mg/L	150 – 400	100 – 250	20 – 40
CQO	mg/L	350 – 1000	200 – 500	80 – 140
SST	mg/L	100 – 350	80 – 140	10 – 50
N- tot	mg/L N	50 – 80	30 - 50	5 – 15
N-NH <sub>4</sub>	mg/L NH <sub>4</sub>	25 – 50	20 – 40	10 – 20
P- tot	mg/L P	15 – 20	10 – 15	5 – 10
Coliformes fecais	N.º/100 mL	10 <sup>7</sup> – 10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>8</sup>	10 <sup>2</sup> – 10 <sup>7</sup>

Após esta análise inicial, foram colocadas de parte algumas hipóteses de reutilização de efluentes, sobrando os efluentes derivados do TTS, da ETARI, da purga dos condicionadores, da caldeira e da regeneração do desmineralizador.

O efluente advindo da caldeira é gerado em situações pontuais de contaminação pelos banhos das tinas, apresentando-se numa quantidade aproximadamente igual ao consumo efetuado por este equipamento, que é muito pouco ou nenhum em alguns meses. Para além de a quantidade ser insuficiente para a reutilização na rega, a água residual advinda do equipamento apresenta elevadas concentrações de sódio, devido à descalcificação da água, como também contaminações advindas das tinas. O sódio é um dos iões que confere salinidade à água e por isso a água teria de sofrer um tratamento prévio, de membranas para que fosse retirado o sódio, caso fosse este o único constituinte problemático. Relativamente às possíveis contaminações do banho das tinas, estas teriam de advir das tinas n.º0 e n.º1 do TTS, que são as únicas que sofrem aquecimento. Na sua constituição apresentam soluções à base de fosfatos, que poderão ser um problema para o meio ambiente dado que potenciam o crescimento de algas e reduzem o oxigénio disponível para as plantas e peixes, e à base de Hidróxido de potássio e de álcool etoxilato, que são tóxicos para o meio ambiente. Visto não haver quantidade suficiente para satisfazer as necessidades de rega e de o efluente necessitar de tratamento para possa ser reutilizado, esta opção torna-se também inviável.

O efluente do desmineralizador de água apresenta na sua constituição elevadas quantidades de sais minerais, Ácido Clorídrico e uma solução de Soda Cáustica. Os sais minerais poderão ser benéficos para o crescimento e desenvolvimento da planta, mas em determinadas concentrações poderão ser nefastos, o que por esta razão necessitaria de tratamento prévio. Para além da concentração elevada de sais minerais, a adição de produtos (Ácido Clorídrico e Soda Cáustica) na regeneração de resinas oscila os valores de pH, podendo ser também letal para as plantas e seres vivos do solo. Esta adição, sem tratamento prévio, poderia provocar poluição nos solos. A quantidade de efluente é aproximadamente 220 m<sup>3</sup> por mês, o que seria suficiente para satisfazer as necessidades de rega em quase todos os meses do ano de 2012, excetuando o mês de Agosto e Setembro, em que só seriam satisfeitas 38% e 59% das necessidades, respetivamente. Apesar de a quantidade de efluente ser suficiente para cobrir a maioria das necessidades de rega, ultrapassando o objetivo (50% das necessidades de rega), a composição do efluente é muito agressiva para o meio, necessitando de tratamento prévio para a reutilização. Com estas condições, a reutilização deste efluente foi também colocada de parte nas opções.

Retirando mais estas opções de reutilização de efluente, ficam apenas os efluentes advindos da ETARI, da purga dos condicionadores e do tratamento TTS, ou seja, da Tina n.º5, que é a única que faz débito de água. Estas opções serão analisadas mais pormenorizadamente nos pontos a seguir.

A recolha das águas da chuva é uma opção bastante viável para reintroduzir no processo de rega, se as instalações o permitirem e se os investimentos puderem ser feitos. Há uns anos, essa opção foi concebida, mas para outras reutilizações, e construiu-se uma estação de recolhas de água da chuva nas instalações da PSA Mangualde. Como não eram desviadas as primeiras chuvadas (first-flush), que arrastam as poeiras, os dejetos animais, folhas e outros detritos contidos nos telhados em tempos de seca (Santos, 2013), a água que afluía às instalações de captação não tinha qualidade e rapidamente ganhava odores. Após várias tentativas, as instalações foram desativadas.

No início deste ano começaram a ser outra vez recolhidas as águas da chuva num reservatório com apenas 5m<sup>3</sup> de água. Este reservatório situa-se perto das instalações do “Hidropack” e recolhe as águas da chuva que precipitam nos telhados da ETAR e do “Hidropack”. As águas recolhidas neste momento são reencaminhadas para o “Hidropack”, por questões de logística e de compatibilidade. Por forma a evitar problemas de cheiros a água putrificada, entre outros, devido ao first-flush, deveria ser instalado um sistema que eliminasse as primeiras chuvadas, por exemplo um sistema *by-pass*, que após uma

determinada quantidade de água recolhida, passasse a restante para o reservatório. Este reservatório de recolha das primeiras chuvadas poderia ter a conformação apresentada na Figura 8-2 e uma aplicação como na Figura 8-1.



Figura 8-2 - Reservatório de eliminação das primeiras chuvadas. Fonte: Anecchini, 2005.



Figura 8-1 - Configuração geral do sistema. Fonte: Anecchini, 2005.

Para determinar o volume do reservatório é necessário calcular o volume de água a desviar para o reservatório, que pode ser estimado através da expressão (Santos, 2013):

$$Vd = P \times A$$

Onde,

Vd - Volume a desviar do sistema (litros)

P - Altura de precipitação (mm) admitida para o *first-flush* (em geral 2mm)

A - Área de captação (m<sup>2</sup>)

No caso prático da PSA Mangualde, considerando a que a altura de precipitação é de 2mm (Santos, 2013) e que a área do telhado tem aproximadamente 210m<sup>2</sup>, o volume de água da chuva a desviar seria de 420L. Por isso, o reservatório de recolha das primeiras chuvadas teria de apresentar esta capacidade.

O reaproveitamento das águas da chuva com um reservatório relativamente pequeno, não é viável para rega, uma vez que quando chove não é necessário regar e por isso esta teria de

ser armazenada até que fosse necessário, e como o reservatório apresenta pouca capacidade, só iria satisfazer as necessidades de rega para o mês de Maio de 2012, por exemplo. Armazenar água no reservatório durante muito tempo também invalida a que seja necessário aplicar cloro e que a água tenha de ser movimentada por bombagem, para que não se crie condições de anaerobiose. Por isso, esta reutilização para rega não compensaria, sendo o atual reencaminhamento mais viável. Esta opção só poderia ser avaliada caso existisse um reservatório de armazenamento com maior capacidade. No caso da fábrica, existe uma balsa, com elevada capacidade de armazenamento, que se encontra fora de utilização, mas para além de estar a céu aberto, encontra-se muito longe do tanque de rega, o que implicaria fazer instalações para transportar a água.

## 8.1 EFLUENTE DA ETARI

A ETARI apresenta caudal suficiente para satisfazer as necessidades de rega mas para que a reutilização seja possível, os valores dos parâmetros de emissão têm de ser avaliados. No Quadro 8-2 é possível observar os valores médios anuais, de 2011 e 2012, das análises mensais feitas pela entidade certificada para os diferentes parâmetros, como também os valores limite recomendados e admissíveis para rega e para descarga segundo as imposições da licença para descarga no coletor.

Os valores limite para rega foram complementados com os valores de descarga das águas residuais no meio recetor, segundo o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, para os parâmetros que não apresentavam nenhuma imposição para rega.

Para além dos parâmetros analisados à saída da ETARI, deveriam ser analisados os restantes valores impostos para a reutilização na rega paisagística, para que a análise ao efluente da ETARI estivesse completa para a reutilização. Como não foi possível obter análises para todos os parâmetros, analisaram-se os que eram possíveis, ou seja, os parâmetros com valores impostos para descarga segundo a câmara municipal.

Quadro 8-2 – Média dos valores obtidos nas análises mensais à saída da ETARI, relativamente ao ano 2011 e 2012, e respetivos valores limite de descarga imitados pela câmara e para rega, segundo o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto.

Parâmetro	VLE Câmara	Valores Limite para rega		Unidades	Média 11	Média 12
		VMR	VMA			
Volume de água tratada (dia amostragem)	-	-	-	m <sup>3</sup>	-	120,73
pH	6.0 a 9,0	6,5-8,4	4,5-9	Escala de Sorensen	6,97	7,03
SST	1000	60	-	mg/l	23,00	30,18
CBO <sub>5</sub>	600	-	40	mg/l O <sub>2</sub>	215,36	278,18
CQO	1000	-	150	mg/l O <sub>2</sub>	576,00	670,91
Alumínio total	10	5	20	mg/l Al	0,19	0,24
Ferro total	2	5	-	mg/l Fe	0,24	0,22
Níquel total	3	0,5	2	mg/l Ni	0,05	0,09
Cobre Total	-	0,2	5	mg/l Cu	0,12	0,13
Hidrocarbonetos totais	20	-	-	mg/l	<5	<5
Cádmio total	-	0,01	0,05	mg/l Cd	<0,0003	<0,0003
Cianetos totais	-	-	0,5	mg/l	<0,03	<0,03
Chumbo total	1	5	20	mg/l Pb	0,0025	0,07
Estanho total	-	2	-	mg/l Sn	0,0470	0,05
Detergentes	5	-	2 <sup>(1)</sup>	mg/l	<0,2	<0,2
Óleos e gorduras	100	-	15	mg/l	<5	8,45
Fósforo	-	-	10	mg/l P	0,42	1,45
Condutividade elétrica	-	1	-	mS/cm	1,39	1,83
Prata Total	-	-	-	mg/l Ag	<0,002	0,01
Zinco total	5	2	10	mg/l Zn	0,92	0,43

(1) O valor médio diário não poderá exceder o dobro do valor médio mensal.

Através de uma análise ao Quadro 8-2, é possível constatar que os valores de CQO e de CBO<sub>5</sub> ultrapassam os valores máximos admissíveis para rega, que neste caso são os valores limite de emissão de descarga de águas residuais no meio recetor por não haver valores limite para a rega.

A relação CQO/CBO<sub>5</sub> quando varia entre 1 e 3 indica que a água residual apresenta elevada biodegradabilidade (Martins A., 2008). A relação do efluente da fábrica é cerca de 2,4, o que indica que o efluente é muito biodegradável. Os valores elevados de CQO poderão advir dos óleos e detergentes que afluem à ETARI, o que indica que os detergentes utilizados poderão ser muito biodegradáveis. Antigamente os detergentes não apresentavam essa particularidade, o que fazia com que a razão CQO/CBO<sub>5</sub> fosse muito alta, indicando que a

matéria orgânica era muito pouco biodegradável, não tecendo a necessidade de se implementar um sistema de degradação biológica, ou seja, de tratamento biológico. Neste caso poderia ser feito uma melhoria do ponto de vista de redução do CQO, que consistiria em levar o efluente a um laboratório e pedir para fazer um teste de tratabilidade. O teste consiste em verificar se determinados compostos como, os metais e compostos tóxicos (os que advêm do tratamento Zircobond, por exemplo) não interferem com a biodegradação da matéria orgânica, e se desta forma, compensa implementar um sistema de lamas ativadas, por exemplo. Este teste vai equacionar se será necessário haver alguma redução e/ou pré-tratamento destes compostos antes do tratamento biológico a implementar.

Para além dos valores de CQO e CBO<sub>5</sub>, a condutividade elétrica é elevada, ultrapassando o valor limite recomendável para rega. A condutividade elétrica elevada indica que a salinidade do efluente é elevada, o que poderá provocar perturbações nas espécies plantadas. Segundo o Quadro 4-2, se o relvado pertencer às espécies medianamente tolerantes e tolerantes, não haverá problemas na utilização de um efluente com esta condutividade elétrica. Relativamente às espécies plantas e segundo o Quadro 0-1 e o Quadro 0-2 do Anexo, as roseiras são as espécies mais sensíveis em relação às outras espécies, pelo menos das que foram possíveis comparar, estando catalogadas na tolerância à salinidade “Sensível”.

Em suma, o investimento no tratamento das águas residuais para reutilização na rega não compensa a sua reutilização.

## 8.2 EFLUENTE DOS CONDICIONADORES

Atualmente, a purga dos condicionadores está a ser reintroduzida no processo do “Hidropack” e está a ser utilizada para as lavagens dos materiais e equipamentos na sala de lavagem, mas no início deste estudo esta era uma opção válida para a reutilização. Como tal, irá ser analisada e avaliada para este fim.

O caudal de purga de cada condicionador de ar é de cerca de 0,3 L/minuto, perfazendo no total dos 4 condicionadores, um caudal de 1,2L/min. Considerando que a produção é em contínuo e que são laborados 5,5 dias por semana (contabilizando o sábado), cada condicionador debita por dia 0,43 m<sup>3</sup>, perfazendo um total diário de 1,73 m<sup>3</sup> e um volume semanal de 9,5 m<sup>3</sup>. Analisando semanalmente os consumos de água para rega, relativamente ao ano 2012, e o débito semanal dos condicionadores, é possível verificar que o efluente da purga dos condicionadores satisfaz 15,7% das necessidades de rega. Retirando 15,7% aos consumos efetuados na rega e multiplicando pelo valor de custo/m<sup>3</sup>

anteriormente calculado para a rega, é possível verificar que o preço por metro cúbico de água para rega baixa de 1,20€/m<sup>3</sup> para 1,02€/m<sup>3</sup>. Apesar de não atingir os 50% de rega com água recuperada, ajuda a reduzir o custo associado à rega.

Os pontos críticos associados a este efluente são a condutividade elevada, como se pode verificar no Quadro 8-3, e a adição de biocida no circuito.

O biocida adicionado a este circuito é o AQUAPROX TM 9012, que segundo a ficha de segurança não apresenta perigosidade e é um produto mineral inerte. Mesmo não apresentando perigosidade aparente, não deixa de ser um biocida e um produto químico inserido na água para reutilização. Para substituir a utilização do biocida poderiam ser utilizadas lâmpadas UV. Estas emitem raios ultravioleta (UV) com um comprimento de onda de 254 nm, que penetram na parede celular das bactérias e vírus e danificam a informação genética. O sistema de tratamento com UV é eficaz contra bactérias livres, que sejam expostas aos raios, e não é sensível às alterações de pH da água, apesar de que a água que circula nos condicionadores não sofre alterações de pH. Este sistema só elimina bactérias livres que flutuem sobre a lâmpada e que sejam efetivamente expostas à radiação. Para além disso, não elimina o biofilme e as lâmpadas são bastante sensíveis às partículas e incrustações na água (“Desinfecção da água”, 2013). Não conseguindo garantir que toda a água esteja em contacto suficiente com um sistema de lâmpadas UV e que o número de lâmpadas seja o suficiente, este procedimento poderia acarretar riscos à saúde dos trabalhadores por não ser muito efetivo. Colocando-se o tratamento da Legionella com lâmpadas UV de parte.

**Quadro 8-3 – Valores de condutividade elétrica do relatório de análise de água dos circuitos, relativamente ao mês de Dezembro de 2012.**

<b>Equipamentos</b>	<b>Condutividade Elétrica (µS/cm)</b>	<b>pH</b>
Circuito dos condicionadores de ar (Mástiques)	1060	7,8
Circuito dos condicionadores de ar (Lacas)	2240	7,9
Circuito dos condicionadores de ar (Aparelhos)	1100	7,9
Circuito do condicionador novo	1290	7,6
<b>Média</b>	<b>1423</b>	<b>7,8</b>

Durante quatro dias foram analisados os parâmetros de condutividade elétrica e pH da água dos GRGs, que advém da mistura dos efluentes dos condicionadores. Esta análise foi importante na medida em que foi possível perceber qual o comportamento do pH e da condutividade elétrica da mistura dos efluentes. No Quadro 8-4 seguinte apresentam-se os resultados obtidos da análise.

**Quadro 8-4 – Resultados obtidos das medições da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) e do pH da mistura dos efluentes dos condicionadores nos GRGs.**

<b>Data</b>	<b>Condutividade Elétrica (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>pH</b>
10-12-2012	1135	7,6
11-12-2012	1162	6,9
12-12-2012	1131	7,5
13-12-2012	1268	7,4
<b>Média</b>	<b>1174</b>	<b>7,4</b>

Através da análise aos resultados obtidos é possível constatar que a média das condutividades elétricas da mistura dos condicionadores é inferior à média das condutividades elétricas de cada condicionador de ar. Os resultados obtidos no Quadro 8-3 advieram de um laboratório creditado (externo) e os resultados obtidos no Quadro 8-4 foram obtidos no laboratório. Para todos os efeitos, a condutividade da mistura é elevada. O pH está perto da neutralidade.

O tratamento da água da purga através de um sistema de membranas poderia resolver o problema do biocida e da salinidade da água. Através da Figura 8-3 é possível visualizar um esquema de um sistema de tratamento utilizando a Ultrafiltração (UF), a Nanofiltração (NF) e a Eletrodialise (ED). Para a reutilização na rega, o efluente entraria no sistema e passaria em primeiro lugar pela ultrafiltração, onde seriam retirados possíveis SST que circulassem na água do sistema. Em segundo lugar, iria passar pela Nanofiltração, que retiraria o biocida da água de purga e por fim pela Eletrodialise, que reduziria a condutividade elétrica. Nos meses em que não fosse necessário regar, a água passaria pelo sistema de Ultrafiltração e Eletrodialise e voltaria a ser reintroduzida nos condicionadores de ar, permanecendo o biocida no efluente. Desta forma, não seria necessário estar sempre a adicionar biocida, porque este iria permanecer no sistema, mesmo após o tratamento.

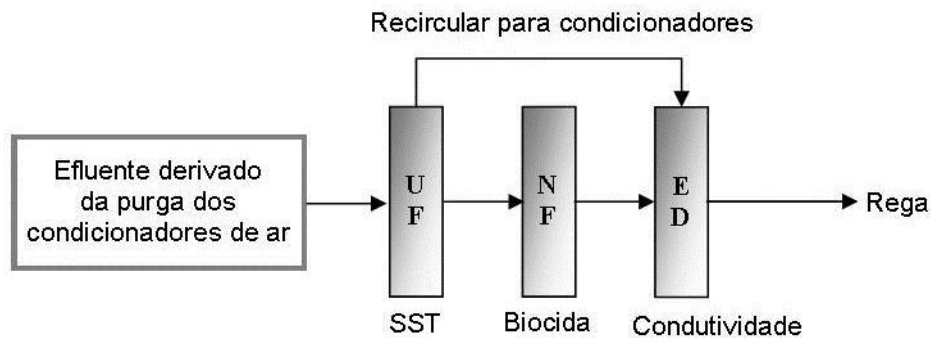


Figura 8-3 – Tratamento da água da purga dos condicionadores com sistema de membranas.

A empresa *Honda* agregou o processo de tratamento à base de membranas de ultrafiltração ao seu processo de tratamento na ETARI, para que o efluente pudesse ser reutilizado nas torres de refrigeração, nas cortinas de água das cabines de pintura e na irrigação. Agregando este sistema ao tratamento biológico, os custos do investimento conseguem diluir-se também pelo caudal que é tratado na ETARI (Farrugia, 2012). Com isto, se o caudal de efluente não for relevante, o investimento não compensa. No caso prático, um investimento num sistema de membranas para tratar o efluente advindo dos condicionadores não compensaria devido ao caudal efluente.

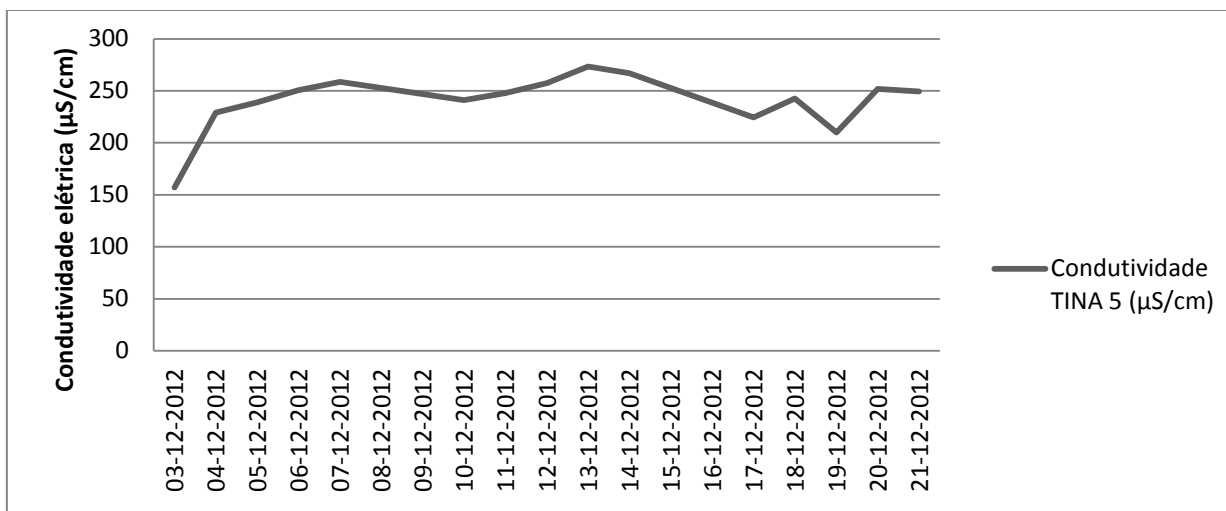
Experimentar uma diluição do efluente em laboratório poderia verificar a toxicidade existente neste efluente. Para o caudal efluente dos condicionadores, uma diluição poderia ser a melhor opção, caso desse bons resultados laboratorialmente, dado que não envolve quase investimento nenhum.

Relativamente à atual utilização do efluente, esta parece ser também uma boa opção, uma vez que não é necessário tratar o efluente para se reutilizar nas lavagens e no “Hidropack”. Como o efluente apresenta condutividades elevadas, poderá auxiliar o processo de floculação no “Hidropack”.

### 8.3 EFLUENTE TINA N.º5

O efluente da Tina n.º5 apresenta um débito de cerca de 900L/h, o que perfaz na totalidade as necessidades de rega do ano 2012. Este efluente como aflui à ETARI em grande quantidade, ajuda na diluição de efluentes mais carregados de contaminantes, como por exemplo a descarga das tinas ao fim de semana.

A monitorização dos parâmetros químicos, como a concentração de Zircónio e a condutividade, desta tina é feita pelo laboratório da fábrica, diariamente. Através da Figura 8-4 é possível visualizar a variação da condutividade elétrica do banho desde que foi renovado até ao fim do tempo de vida do banho.



**Figura 8-4 – Variação da condutividade elétrica (µS/cm) da Tina n.º5 analisada no laboratório da fábrica, de um ciclo de banho completo.**

No Quadro 8-5 são apresentados os valores de concentração de Zircónio antes da mudança do banho (30/11/2012) e de alguns dias após a mudança do banho, ou seja, após dia 03/12/2012.

**Quadro 8-5 – Concentração de Zircónio na Tina n.º5, analisada no laboratório da fábrica.**

DATA	Zircónio (mg Zr/L)
30-11-2012	19,68
03-12-2012	7,51
04-12-2012	9,94
05-12-2012	-
06-12-2012	12,61

Através da Figura 8-4 é possível verificar que a condutividade inicial da Tina n.º5 é de aproximadamente 150 (µS/cm) e que aumenta com o passar do tempo, atingindo valores entre 250 – 270 µS/cm. A concentração de Zircónio antes da renovação do banho era de 19,68 mg Zr/L e com a renovação do banho a concentração ficou nos 7,51 mg Zr/L. O Zircónio apresenta baixa toxicidade, não representando um risco aparente para o meio ambiente.

Outros parâmetros como o pH, o CQO e a concentração de Fósforo, Níquel e Zinco, foram analisados pela fábrica para que fosse possível conhecer melhor este efluente para a reutilização pretendida. Desta forma, no dia 20/02/2013 foram analisados os parâmetros referidos, tendo-se obtido os seguintes resultados expostos no quadro seguinte.

**Quadro 8-6 – Resultados a determinados parâmetros analisados do efluente da Tina n.º5.**

Parâmetros	Unidades	Resultados Obtidos	Valores limite para rega	
			VLR	VLA
pH		6,97	6,5 – 8,4	4,5 - 9
Fósforo	mg P/L	<0,5	-	10,0
Níquel	mg Ni/L	0,08	0,5	2,0
Zinco	mg Zn/L	10,74	2,0	10,0
CQO	mg O <sub>2</sub> /L	95,0	-	150,0

Os resultados obtidos mostraram-se bastante favoráveis para quase todos os fatores, exceto para a concentração de Zinco no efluente. O valor obtido ultrapassou o valor limite admissível, não podendo desta forma ser aplicado na rega sem tratamento prévio.

Para além das elevadas concentrações de Zinco, o banho da Tina n.º5 apresenta na sua constituição o produto Zircobond Rinse Additive, que contém Nitrito de Sódio. Segundo a ficha de segurança, este produto é considerado tóxico para o meio ambiente e muito tóxico para os organismos aquáticos, devendo ser evitada a sua libertação para o meio ambiente. Por estes motivos, o banho da Tina n.º5 fica inviabilizado para a reutilização na rega, pelo menos sem tratamento prévio.

Para remover os nitritos do efluente poderia ser empregue o tratamento por Eletrodiálise ou poderia ser promovida a desnitrificação através da utilização de bactérias, mais propriamente microrganismos heterotróficos. Estes microrganismos, em condições anaeróbias, utilizam os nitratos ou nitritos alternativamente ao oxigénio como forma de respiração, libertando azoto em estado gasoso (N<sub>2</sub>). Existem cinco compostos principais na desnitrificação, sendo que o nitrato é substrato inicial e o azoto moléculas é o produto final. Os compostos são (Neto, 2011):



## 9. TESTES ECOTOXICOLÓGICOS

Os testes ecotoxicológicos, neste caso prático, têm como principal objetivo detetar a fitotoxicidade associada à aplicação de efluentes diluídos, dado que os efluentes destinam-se à aplicação na rega dos espaços verdes.

### 9.1 SELEÇÃO DOS EFLUENTES PARA REGA

Após a análise dos efluentes industriais possíveis para o processo de reutilização na rega paisagística, verificou-se que só o efluente advindo da purga dos condicionadores é que aparentou apresentar maiores compatibilidades para esta reutilização, segundo tratamento ou até mesmo segundo diluições.

O efluente advindo da Tina n.º5 do TTS, apesar de se apresentar em quantidades capazes de satisfazer as necessidades de rega, contém na sua constituição um produto químico à base de Nitrito de Sódio, obtendo a classificação de produto químico tóxico para o meio ambiente, segundo as normas da União Europeia, no anexo II das diretivas 67/548/EWG. Desta forma, o tratamento do efluente da Tina n.º5 necessita de ser efetivo, removendo o Nitrito de Sódio da sua constituição. Aplicar diluições a esta efluente não iria remover o produto do efluente.

O efluente da ETARI apresenta elevados valores de CQO e CBO<sub>5</sub>, que o impossibilitam de o reutilizar na rega sem um tratamento biológico prévio. Para além dos valores elevados de CQO e CBO<sub>5</sub> e de condutividade elevada, todos os produtos químicos adicionados ao processo afluem à ETARI. O produto químico adicionado na Tina n.º5 é descarregado na ETARI e não há nenhum tratamento efetivo para o remover, por isso persiste no sistema. Como este produto pensa-se possa existir outros que são adicionados ao processo e que poderão não ser removidos no tratamento na ETARI. Por isso, seria necessário fazer um estudo de todos os compostos que afluem à ETARI e que não são removidos pelo sistema de tratamento. A diluição do efluente da ETARI não iria remover os compostos tóxicos do sistema.

Como os custos associados ao processo de rega são muito reduzidos, de aproximadamente 1700€ em 2012, o tratamento dos efluentes só para reutilização na rega torna-se inviável, compensando apenas a diluição dos efluentes.

Realizaram-se testes ecotoxicológicos ao efluente diluído dos condicionadores de ar e ao efluente da ETARI, tendo sido realizados testes a este último só para verificar a sua toxicidade.

Os testes consistiram na determinação da capacidade germinativa da espécie testada, por forma a verificar o efeito do efluente na germinação das sementes, e na determinação da capacidade de crescimento, que consistiu em verificar se existem alterações no crescimento da espécie.

Num teste piloto na PSA Mangualde, testou-se aplicação de uma diluição do efluente dos GRGs num espaço real, e determinou-se a quantidade de clorofila antes e depois do regadio com o efluente, para verificar algum efeito produzido pelo efluente.

## 9.2 SELEÇÃO DA ESPÉCIE

Para a realização dos testes de fitotoxicidade, utilizou-se a espécie *Lactuca sativa L. var. Capitata*, adquirida num viveiro da marca SomElite<sup>+</sup>. Optou-se pela utilização desta espécie de alface por ser frequentemente utilizada em testes toxicológicos e por ser sensível a efeitos adversos. Para além disso, o seu comportamento é conhecido e o seu tempo de germinação e crescimento são relativamente rápidos. Segundo o Quadro 0-2 no Anexo, é possível verificar que é uma espécie sensível à salinidade.

## 9.3 MÉTODOS

Neste subcapítulo encontra-se descrita a metodologia de recolha e de conservação das amostras, bem como as metodologias utilizadas para os testes de germinação, de crescimento e de determinação da concentração da clorofila.

### 9.3.1 RECOLHA E CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram recolhidas no dia da elaboração dos testes de germinação e de crescimento (03/08/2013) com o auxílio de garrações de água devidamente lavados e secos para armazenar as amostras dos diferentes efluentes. Os pontos de recolha foram à saída da ETARI e nos GRGs, que são os recipientes de armazenagem e mistura da purga dos condicionadores de ar.

A data da recolha das amostras para aplicar nos ensaios de germinação e de crescimento coincidiu com o dia das análises feitas pelas entidades externas aos efluentes.

As amostras foram conservadas no frigorífico *Siemens Electronic* a 4°C até à realização dos ensaios.

Para a realização dos ensaios, fizeram diluições de 25%, 50% e 75% das amostras com água industrial, por não ser conhecido o potencial tóxico das amostras. A diluição foi realizada com água industrial, uma vez que será o tipo de água utilizada para fazer as diluições caso se venha a utilizar efluente diluído no centro industrial para a rega dos espaços verdes.

### 9.3.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS

A amostra de efluente à saída da ETARI foi analisada pelo Instituto de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica (IDIT). A recolha consistiu numa amostragem composta, durante 16 horas, do efluente à saída da ETARI.

No Quadro 9-1 encontram-se descritas as metodologias analíticas utilizadas pelo laboratório para a determinação dos parâmetros do efluente à saída da ETARI.

**Quadro 9-1 – Metodologias analíticas utilizadas pelo laboratório para determinar os parâmetros mensais do efluente à saída da ETARI.**

<b>Parâmetro Analítico</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método Analítico</b>
pH a 20°C	-	Potenciometria (SMEWW 4500-H B)
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	Gravimetria (SMEWW 2540 D)
Carência Química de Oxigênio	mg O <sub>2</sub> /L	Incubação e método do elétrico com membrana (SMEWW 5210 B)
Carência Bioquímica de Oxigênio	mg O <sub>2</sub> /L	Incubação e método do elétrico com membrana (SMEWW 5210 B)
Óleos e gorduras	mg/L	Gravimetria (SMEWW 5520 D / 5520 D.F)
Hidrocarbonetos Totais	mg/L	Gravimetria (SMEWW 5520 D / 5520 D.F)
Detergentes aniônicos	mg LSS/L	Extração com solvente e espectrofotometria de absorção molecular (SMEWW 5540 C)
Alumínio total	mg Al/L	EN ISO 17294-2
Cádmio total	mg Cd/L	EN ISO 17294-2
Estanho total	mg Sn/L	EN ISO 17294-2
Prata total	mg Ag/L	EN ISO 17294-2
Zinco total	mg Zn/L	EN ISO 17294-2
Ferro total	mg Fe/L	EN ISO 17294-2
Chumbo total	mg Pb/L	EN ISO 17294-2
Cobre total	mg Cu/L	EN ISO 17294-2
Níquel total	mg Ni/L	EN ISO 17294-2
Fósforo total	mg P/L	EN ISO 11885
Condutividade Elétrica a 20°C	mS/cm	Condutimetria (SMEWW 2510 B)
Cianeto total	mg CN <sup>-</sup> /L	Destilação e espectrofotometria de absorção molecular (SMEWW 4500.CN <sup>-</sup> E)

O efluente derivado da purga de cada condicionador foi analisado pela AQUAPROX, que é a entidade fornecedora dos produtos químicos dos condicionadores de ar.

Não foi possível obter informações sobre as metodologias de análise e os equipamentos utilizados pela AQUAPROX para determinar os parâmetros químicos do efluente de cada condicionador, sendo por essa razão que não se encontram descritos.

### 9.3.3 CAPACIDADE GERMINATIVA

Colocaram-se papéis de filtro em caixas de Petri e 20 sementes de *Lactuca sativa L. var. Capitata* por cima de cada filtro. A cada caixa de Petri, adicionou-se 1 mL de solução de efluente nas diluições de 0% (solução concentrada), 25%, 50% e 75%. Para verificar possíveis efeitos da água industrial sobre a espécie, adicionou-se também 1 mL de água industrial concentrada na caixa de Petri respetiva. Como controlo, utilizou-se água desmineralizada ao qual se efetuou o mesmo procedimento que nas caixas anteriores. Realizaram-se triplicados de cada diluição para que os resultados fossem mais fiáveis, totalizando-se 30 caixas de Petri (12 caixas para as diluições do efluentes da ETARI, 12 para a diluição do efluente dos GRGs, 3 para a água industrial e 3 para o controlo). Após este procedimento, colocaram-se as caixas de Petri a incubar durante 7 dias a 27°C na estufa *BINDER*. Durante a incubação e de forma a manter o filtro húmido, adicionou-se a cada 2 dias 1 mL de água desmineralizada por caixa de Petri. Após a incubação, contou-se o número de sementes germinadas e mediu-se o comprimento radicular de cada semente germinada (Oliveira, Lapa & Mendes, 2009).

Através dos resultados obtidos calculou-se o Índice de Germinação (%), segundo a expressão:

$$IG(\%) = \frac{MNSG(a) \times MCR(a)}{MNSG(c) \times MCR(c)}$$

Em que,

MNSG – média do número de sementes germinadas

MCR – média do comprimento das radículas

a – amostra

b - controlo

Após o índice de germinação estar calculado, traçaram-se gráficos do índice de germinação em função da concentração dos efluentes. Como também para o número médio de sementes germinadas e para o comprimento médio da radícula (Oliveira, Lapa & Mendes, 2009).

### 9.3.4 CAPACIDADE DE CRESCIMENTO

Neste teste foi avaliado o efeito imediato e o efeito da acumulação derivado da aplicação do efluente.

Para avaliar o efeito imediato no crescimento da espécie derivado da aplicação do efluente, preparou-se solo com turfa, perlite e areia nas proporções de 1/3 (v/v) de turfa, 1/3 (v/v) de perlite e 1/3 (v/v) de areia. Encheram-se 30 vasos, perfurados na base, com aproximadamente 130g de solo artificial e semearam-se em cada vaso 16 sementes de *Lactuca sativa L. var. Capitata*.

Para avaliar a quantidade de água necessária para manter as sementes hidratadas, fez-se um teste de saturação ao solo, que consistiu em colocar água desmineralizada num vaso até que começasse a sair água pelas perfurações da base do vaso. Obteve-se um valor de 60 mL de água desmineralizada, que se considerou ser a quantidade de saturação do ensaio.

Pipetaram-se 60 mL de cada diluição em cada vaso preparado anteriormente. O mesmo se considerou para a aplicação dos efluentes concentrados e para a aplicação da água industrial concentrada nos vasos. Realizaram-se três réplicas para cada diluição dos efluentes, para os efluentes concentrados e para a água industrial concentrada. Nos 3 vasos de controlo colocou-se água desmineralizada.

Colocaram-se os vasos numa incubadora ventilada da marca *AQUA LYTIC*, com simulação da luz do dia através da instalação de lâmpadas de halogéneo de 52 Watt de potência, com 13 horas de luz por dia. A temperatura do ar foi mantida a 22°C.

Estes ensaios tiveram a duração de 14 dias após a germinação de pelo menos 50% das sementes nos vasos de controlo, que foi 3 dias após o início do teste. Durante o tempo do teste, as plantas foram regadas a cada 2 dias, se fosse necessário, com água desmineralizada.

No final dos 14 dias colheu-se a parte aérea das plantas e avaliou-se o peso fresco do material vegetal na balança *KERN 770*. Após a pesagem, secou-se o material seco numa estufa ventilada a 55°C. Depois do material seco, avaliou-se a percentagem de sementes germinadas, o número de plantas por vaso, a massa média por planta e o peso do material seco.

Para determinar o efeito da acumulação de contaminantes sobre a espécie, realizou-se o mesmo procedimento anteriormente descrito, exceto na parte referente à hidratação do solo. Em vez de ser utilizada água desmineralizada para o hidratar, utilizou-se continuamente o efluente (CAN/BNQ, 1997; Jodice, 1989; Oliveira, Lapa & Mendes, 2009).

O tratamento dos resultados consistiu na avaliação do Índice de Crescimento (%) de acordo com a expressão:

$$IC(\%) = \frac{PS(a)}{PS(c)} \times 100$$

Em que,

IC – índice de crescimento

PS – peso seco (g)

a – ensaio

c – ensaio com controlo

### 9.3.5 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DA CLOROFILA

Para fazer a determinação espectrofotométrica da clorofila começou-se por triturar as amostras, por forma a obter uma homogeneização completa de cada amostra recolhida, e pesou-se 0,1g de cada uma delas para um vidro de relógio.

A extração dos pigmentos realizou-se através da maceração manual de cada amostra num Almofariz, com auxílio de um pilão e com a adição de uma solução aquosa de acetona a 90% (solução de extração). Após este processo estar terminado, transferiu-se as suspensões obtidas para balões volumétricos de 10 mL e adicionou-se solução de extração até perfazer o volume do balão. Envolveram-se os balões em papel de alumínio e foram colocados a incubar na incubadora AQUA LYTIC durante dois dias a 4°C, para completar a solubilização dos pigmentos sem fotodegradação. Depois da incubação, foram medidas as absorvâncias das amostras no espectrofotómetro (*UV/vis CADAS 100, DR LANGE*) a 630, a 647, a 664 e a 750 nm.

A solução de extração foi utilizada para calibrar o espectrofotómetro e em cuvetes mediram-se as absorvâncias para os diferentes comprimentos de onda. A medição da absorvância no comprimento de onda a 750 nm tem o objetivo de corrigir a turvação das amostras. Para o comprimento de onda de 664 nm, se o valor de absorvância não der entre 0,1 e 1, devem

ser feitas diluições à amostra até que o valor se encontre dentro da gama pretendida (APHA, AWWA, WEF, 2005).

As concentrações de clorofila *a* e *b* calcularam-se segundo as fórmulas:

$$a) \quad Ca = 11,85(OD\ 664) - 1,54(OD\ 647) - 0,08(OD\ 630)$$

$$b) \quad Cb = 21,03(OD\ 647) - 5,43(OD\ 664) - 2,66(OD\ 630)$$

Em que,

OD – Densidade ótica.

## 9.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados da caracterização química das amostras e os resultados dos testes aplicados com os efluentes, nomeadamente para a capacidade germinativa e de crescimento e também para a determinação da clorofila, que foi realizada segundo a implementação do teste piloto na PSA Mangualde.

### 9.4.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS

Os resultados da análise feita ao efluente à saída da ETARI estão apresentados no Quadro 9-2.

**Quadro 9-2 - Valores obtidos nas análises feitas pelo laboratório acreditado ao efluente à saída da ETARI, no dia 08/03/2013.**

<b>Parâmetro Analítico</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor Obtido</b>
pH a 20°C	-	7,4
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	16
Carência Química de Oxigénio	mg O <sub>2</sub> /L	750
Carência Bioquímica de Oxigénio	mg O <sub>2</sub> /L	290
Óleos e gorduras	mg/L	5
Hidrocarbonetos Totais	mg/L	<5 <sup>LQ</sup>

LQ – Limite de Quantificação

**Quadro 9-2 (continuação) – Valores obtidos nas análises feitas pelo laboratório acreditado ao efluente à saída da ETARI, no dia 08/03/2013.**

Parâmetro Analítico	Unidades	Valor Obtido
Detergentes aniônicos	mg LSS/L	<0,2 <sup>LQ</sup>
Alumínio total	mg Al/L	0,092
Cádmio total	mg Cd/L	<0,0003 <sup>LQ</sup>
Estanho total	mg Sn/L	0,030
Prata total	mg Ag/L	0,0021
Zinco total	mg Zn/L	0,40
Ferro total	mg Fe/L	0,099
Chumbo total	mg Pb/L	>0,001 <sup>LQ</sup>
Cobre total	mg Cu/L	0,16
Níquel total	mg Ni/L	0,019
Fósforo total	mg P/L	1,7
Condutividade Elétrica a 20°C	mS/cm	1,6
Cianeto total	mg CN <sup>-</sup> /L	<0,03 <sup>LQ</sup>

LQ – Limite de Quantificação

Os valores de CQO e CBO5 encontram-se muito superiores aos valores máximos admissíveis para rega, segundo os valores limite apresentados no Quadro 8-2. A condutividade do efluente mostrou-se também superior ao valor máximo recomendado para a reutilização na rega, segundo os mesmos limites recomendados no Quadro 8-2.

No Quadro 9-3 encontram-se os resultados obtidos nas análises feitas pela AQUAPROX ao efluente de cada condicionador de ar e a média dos resultados obtidos. A média foi feita com o objetivo de prever os valores dos parâmetros para a solução conjunta, que a solução de interesse para a reutilização.

**Quadro 9-3 - Valores obtidos nas análises feitas pela AQUAPROX ao circuito dos condicionadores de ar, no dia 08/03/2013.**

Parâmetros	Unidades	Condicionadores de ar				
		Mástiques	Lacas	Aparelhos	Novo	Média
pH	-	8,1	8,2	7,9	7,9	8,0
Condutividade	µS/cm	1690	2450	1370	1220	1683
Sólidos Dissolvidos Totais	ppm NaCl	1284	1862	1041	927	1279
Alcalinidade Total	ppm CaCO <sub>3</sub>	152	248	110	162	168

**Quadro 9-3 (continuação) – Valores obtidos nas análises feitas pela AQUAPROX ao circuito dos condicionadores de ar, no dia 08/03/2013.**

Parâmetros	Unidades	Condicionadores de ar				
		Mástiques	Lacas	Aparelhos	Novo	Média
Alcalinidade Fenolftaleína	“	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Dureza Total	“	320	658	264	318	390
Dureza em Cálcio	“	272	482	238	278	318
Cloretos	ppm Cl	182	286	156	212	209
Ferro Total	ppm Fe	0,22	0,62	0,36	0,32	0,38

N.D. – Não Detetado.

Através da análise ao quadro de resultados das aos condicionadores, é possível verificar que a média do pH encontra-se dentro da gama de valores para a reutilização na rega paisagística, segundo o Quadro 4-3. A condutividade média ultrapassa o valor máximo recomendado para rega, como já era esperado. O resultado obtido para os sólidos dissolvidos totais, vem realçar a elevada salinidade do efluente. Desta forma, a quantidade de sais dissolvidos totais na água de rega influencia o potencial osmótico no solo, aumentando desta forma, o “esforço” que a planta tem de fazer para extrair água (Santos, Franco & Sousa, 2013).

A determinação da dureza relaciona-se com a quantidade de metais presentes na água. Ao comparar o valor de dureza total e o de dureza em cálcio é possível verificar que, a dureza deste efluente poderá advir da presença de cálcio na água. Este ião relaciona-se também com a salinidade do efluente, em que quanto maior for a sua concentração, menor é valor de SAR. A taxa de infiltração de água no solo aumenta com o aumento da salinidade e diminuí com o aumento do SAR (Monte & Albuquerque, 2010).

O resultado obtido para a concentração de cloretos encontra-se superior ao valor recomendado para reutilização na rega, que é de 70 mg/L, segundo o Quadro 4-3. O teor de cloretos, relaciona-se também com a quantidade de sais dissolvidos e pode provocar problemas de toxicidade a nível foliar, quando a rega é feita por aspersão. Quando a rega é feita por aspersão a baixa velocidade, parte da água é evaporada, concentrando-se sobre as folhas sais dissolvidos que são posteriormente absorvidos pelas plantas. Esta absorção cria necroses nas folhas (Monte & Albuquerque, 2010).

A concentração de Ferro é inferior ao valor máximo recomendado (Quadro 4-3), ou seja, não apresenta toxicidade.

#### 9.4.2 CAPACIDADE GERMINATIVA

O aspeto final das amostras ao teste de germinação encontra-se representado nas imagens seguintes para as diferentes diluições, para o efluente dos GRGs e para o efluente da ETARI.

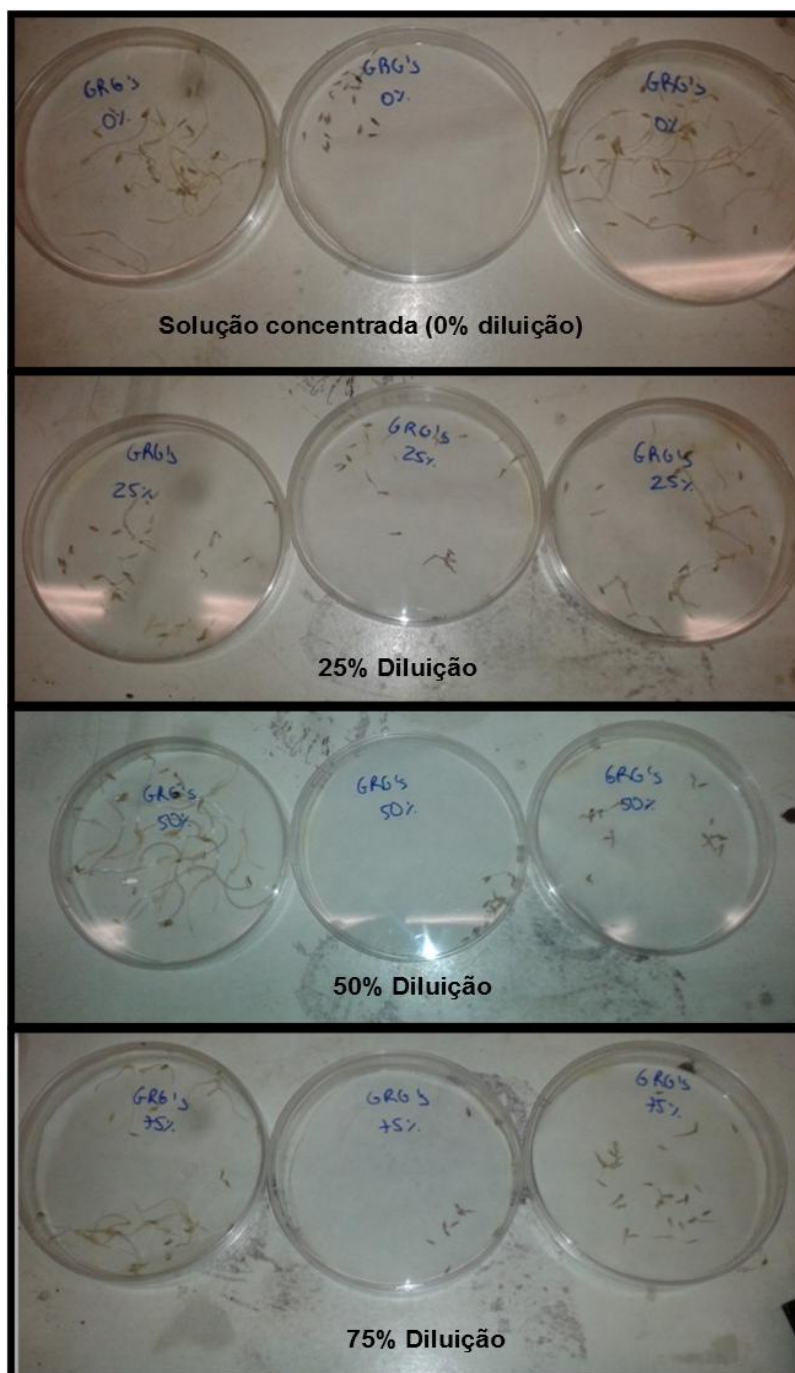


Figura 9-1 - Resultados obtidos no Teste de Germinação feito ao efluente dos GRGs.

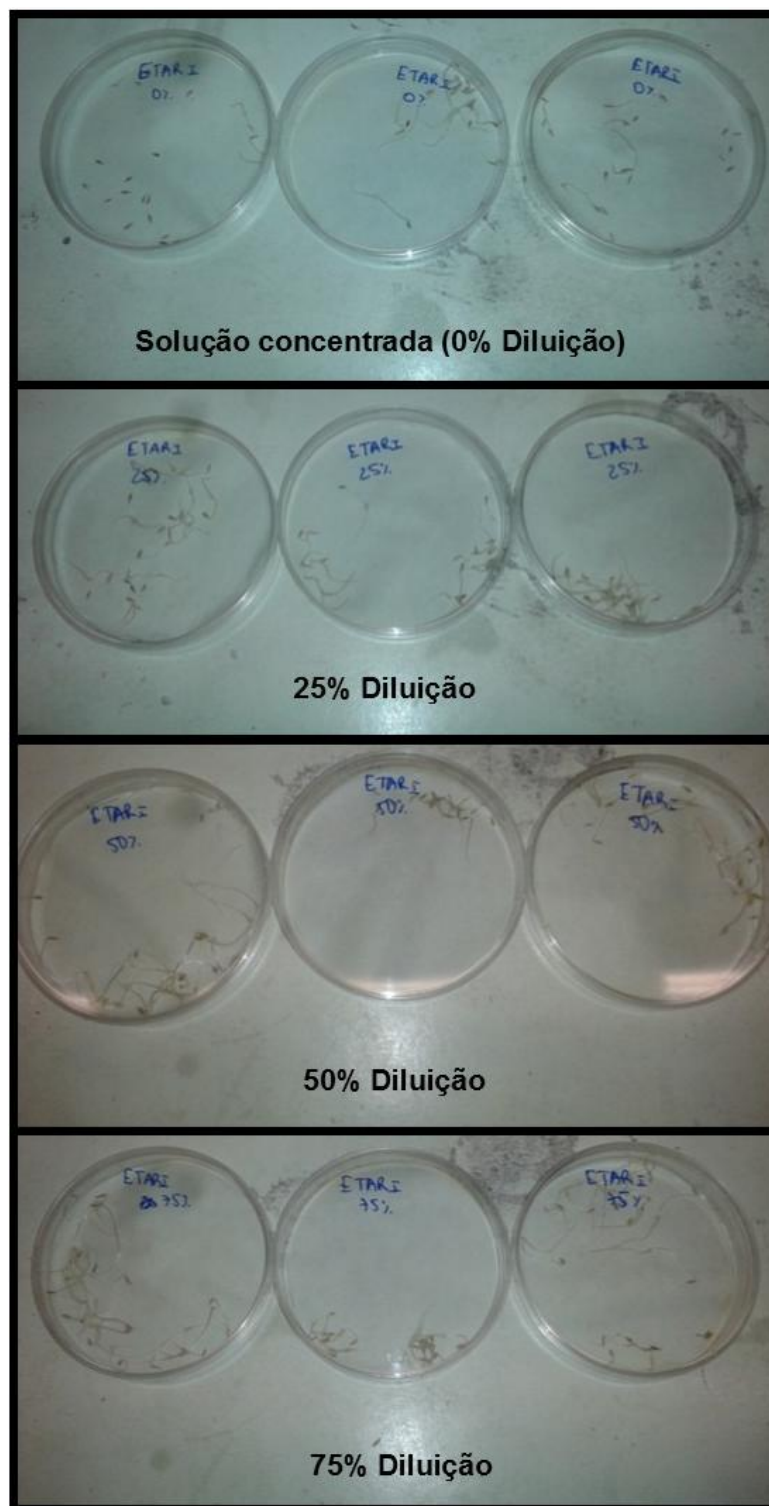


Figura 9-2 - Resultados obtidos no Teste de Germinação feito ao efluente da ETARI.



Figura 9-3 - Resultados obtidos no Teste de Germinação feito à água industrial concentrada.

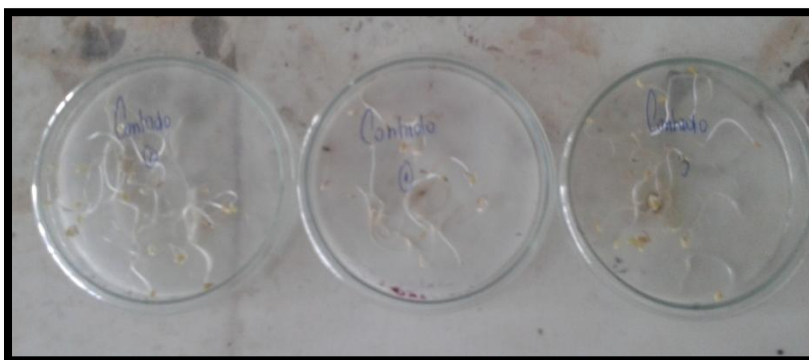


Figura 9-4 - Resultados obtidos no Teste de Germinação controlo.

No quadro seguinte é possível visualizar os resultados obtidos para o controlo.

Quadro 9-4 - Resultados obtidos no teste de germinação ao controlo, relativamente à média de sementes germinadas, ao comprimento médio das radículas e ao índice de germinação.

Número de sementes germinadas por réplica	Média de sementes germinadas	Desvio Padrão (sementes germinadas)	Média do Comprimento das radículas (cm)	Desvio Padrão (comprimento das radículas)
5	14	8	3,19	1,24
18				
19				

Denota-se através dos resultados obtidos no teste de germinação ao controlo que o desvio padrão associado foi muito acentuado, tanto para o número de sementes germinadas, como para o comprimento médio das radículas.

Nas figuras e nos quadros seguintes encontra-se representado o tratamento de dados relativo ao teste de germinação ao efluente da purga dos condicionadores de ar, ou seja, dos GRGs para as diferentes concentrações.

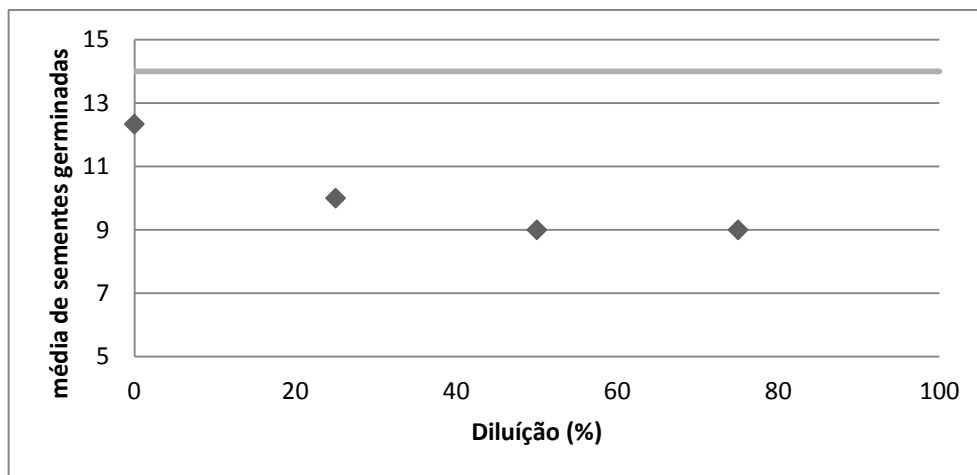


Figura 9-5 - Média do número de sementes germinadas no teste de germinação ao efluente dos GRGs.

Quadro 9-5 – Resultados obtidos para o teste de germinação ao efluente dos GRGs relativamente ao número de sementes germinadas, à média de sementes e o respetivo desvio padrão associado.

Diluição (%)	Número de sementes germinadas	Média de sementes germinadas	Desvio Padrão
0	0	12	11
	17		
	20		
25	11	10	4
	6		
	13		
50	3	9	9
	5		
	19		
75	0	9	9
	10		
	17		

Através da Figura 9-5 é possível verificar que poderá haver um efeito repressor no efluente, pois a média de sementes germinadas em que foi aplicado efluente em diferentes diluições

foi sempre mais baixa que a média de sementes germinadas no controlo. Contudo, através do Quadro 9-5 é possível visualizar que o desvio padrão associado a cada diluição também é muito elevado, sendo que por isso difícil concluir se produz efetivamente efeito repressor.

Nas réplicas, em que o número de sementes germinadas foi zero, poderá significar que houve alguma contaminação na elaboração ou até mesmo as sementes serem inviáveis.

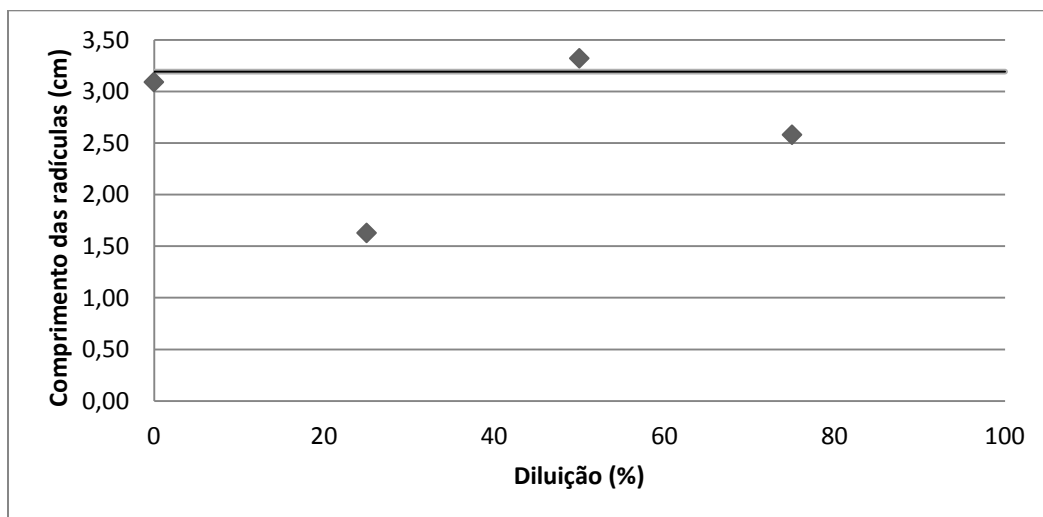


Figura 9-6 - Comprimento médio (cm) das radículas obtido no teste de germinação ao efluente dos GRGs.

Quadro 9-6 - Resultados obtidos para o teste de germinação ao efluente dos GRGs relativamente ao comprimento médio da radículas (cm) e o respetivo desvio padrão associado.

Diluição (%)	Comprimento médio das radículas (cm)	Desvio Padrão
0	3,09	1,09
25	1,63	1,25
50	3,32	2,31
75	2,58	1,36

Através da análise à Figura 9-6 é possível verificar que pode existir algum efeito que não está muito marcado, dado que as médias dos comprimentos das radículas para o efluente concentrado e para a diluição de 50% encontram-se muito próximas do controlo. Porém ao analisar o gráfico verifica-se que o desvio é acentuado para as diferentes diluições, não se podendo tirar nenhuma conclusão efetiva.

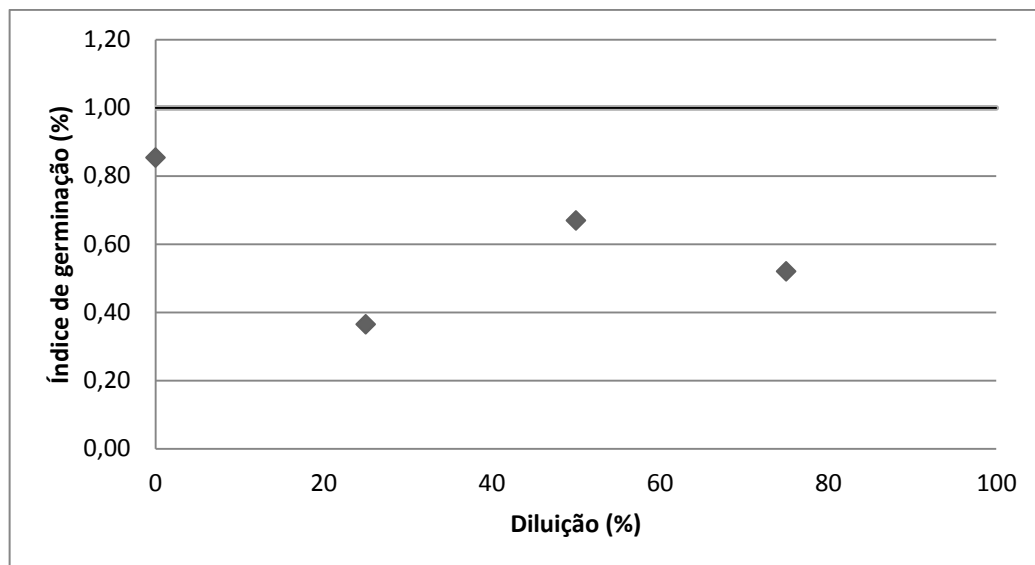


Figura 9-7 – Índice de germinação (%) obtido no teste de germinação ao efluente dos GRGs

Ao analisar a Figura 9-7 é possível visualizar que aparentemente houve efeito na germinação aquando a aplicação deste efluente na rega, pois todos os índices de germinação para cada diluição ficaram abaixo do controlo. Devia-se ter diluído mais o efluente até não se detetar nenhum efeito para saber qual o comportamento do efluente na germinação.

Nas figuras e quadros seguintes apresentam-se os resultados obtidos relativamente ao número médio de sementes germinadas, ao comprimento médio das radículas e ao índice de germinação.

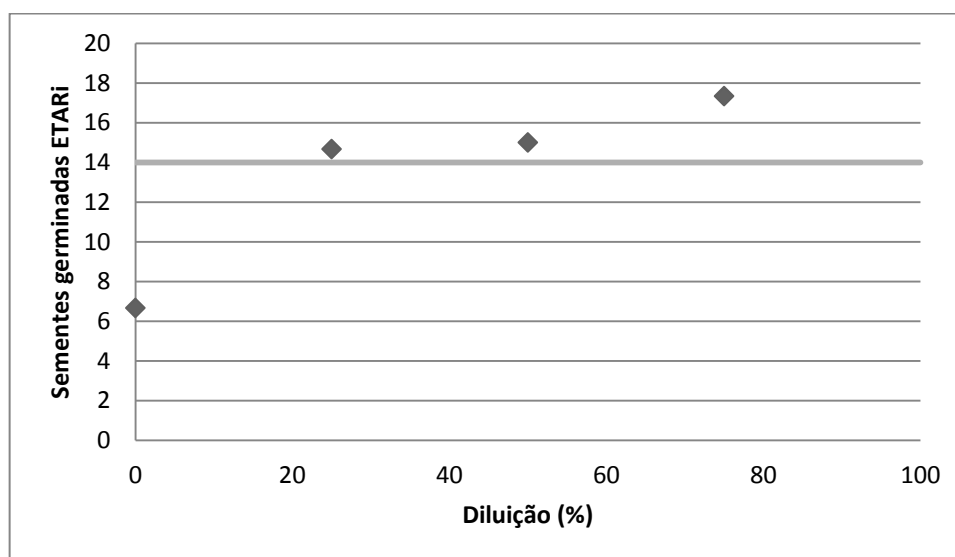


Figura 9-8 - Média do número de sementes germinadas no teste de germinação ao efluente da ETARI.

**Quadro 9-7 – Resultados obtidos para o teste de germinação ao efluente da ETARI relativamente ao número de sementes germinadas, à média de sementes e o respetivo desvio padrão associado.**

<b>Diluição (%)</b>	<b>Número de sementes germinadas</b>	<b>Média de sementes germinadas</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>0</b>	4	7	2
	8		
	8		
<b>25</b>	15	15	1
	14		
	15		
<b>50</b>	9	15	5
	18		
	18		
<b>75</b>	18	17	2
	19		
	15		

Através da Figura 9-8 é possível visualizar um comportamento típico de um tóxico num organismo, em que quando maior for a diluição, maior é o número de sementes germinadas, pelo menos aparentemente. Ao observar o Quadro 9-7 é possível verificar que o desvio padrão é inferior ao associado às diluições do efluente dos GRGs. Verifica-se efeito na aplicação concentrada de efluente da ETARI.

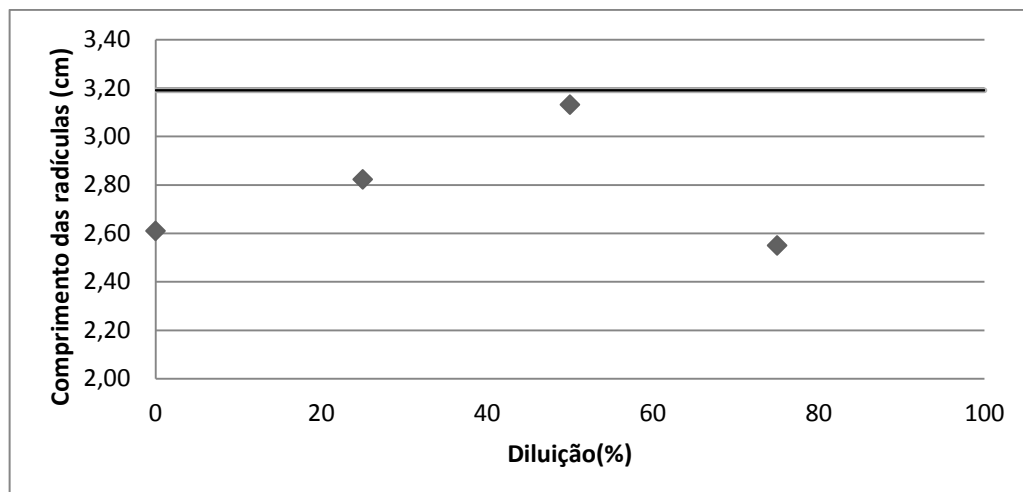


Figura 9-9 - Comprimento médio (cm) das radículas obtido no teste de germinação ao efluente da ETARI.

Quadro 9-8 - Resultados obtidos para o teste de germinação ao efluente da ETARI relativamente ao comprimento médio da radículas (cm) e o respetivo desvio padrão associado.

Diluição (%)	Comprimento médio das radículas (cm)	Desvio Padrão
0	2,61	1,15
25	2,82	1,05
50	3,13	1,54
75	2,55	1,39

A visualização da Figura 9-9 não permite retirar uma conclusão sobre o comportamento do efluente nas diferentes diluições. Analisando o Quadro 9-8 também é possível verificar que o desvio incorrido é um pouco acentuado, não se podendo concluir se existe efeito.

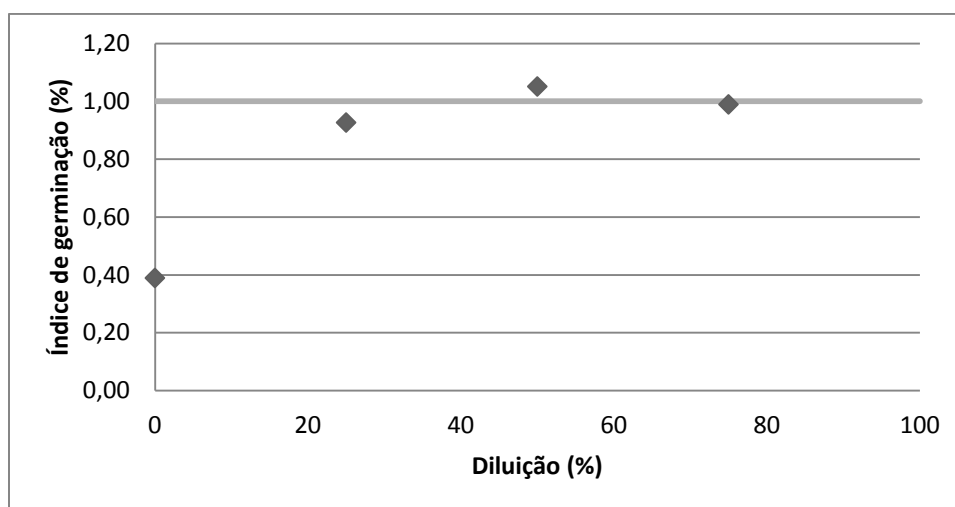


Figura 9-10 - Índice de germinação (%) obtido no teste de germinação ao efluente da ETARI.

Ao analisar a Figura 9-10 pode-se concluir que o efluente concentrado provoca efeitos.

Aparentemente, parece que o efeito ocorre principalmente na germinação das sementes e não tanto ao nível do comprimento radicular.

Para a água industrial concentrada os valores resultados obtidos encontram-se apresentados no Quadro 9-9.

Quadro 9-9 - Resultados do teste de germinação para a água industrial concentrada.

Número de sementes germinadas por réplica	Média de sementes germinadas	Desvio Padrão (sementes germinadas)	Média do Comprimento das radículas (cm)	Desvio Padrão (comprimento das radículas)	Índice de germinação (%)
17	14	3,61	3,07	1,29	0,96
15					
10					

Através do Quadro 9-9 é possível verificar que o comportamento da água industrial foi muito semelhante ao do controlo, não se notando assim efeitos tóxicos neste tipo de água, apesar do desvio padrão associado ser considerável para o número de sementes germinadas e para a média do comprimento das radículas.

### 9.4.3 CAPACIDADE DE CRESCIMENTO

O aspeto geral das amostras após o teste de crescimento para avaliar o efeito imediato aos efluentes encontra-se representado na imagem seguinte.



**Figura 9-11 - Aspeto final do Teste de crescimento relativo ao efeito imediato.**

O aspeto dos resultados do teste de crescimento para avaliar o efeito imediato à aplicação dos efluentes encontra-se representado nas imagens seguintes para as diferentes diluições.



**Figura 9-12 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato do controle.**



**Figura 9-13 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de água industrial.**

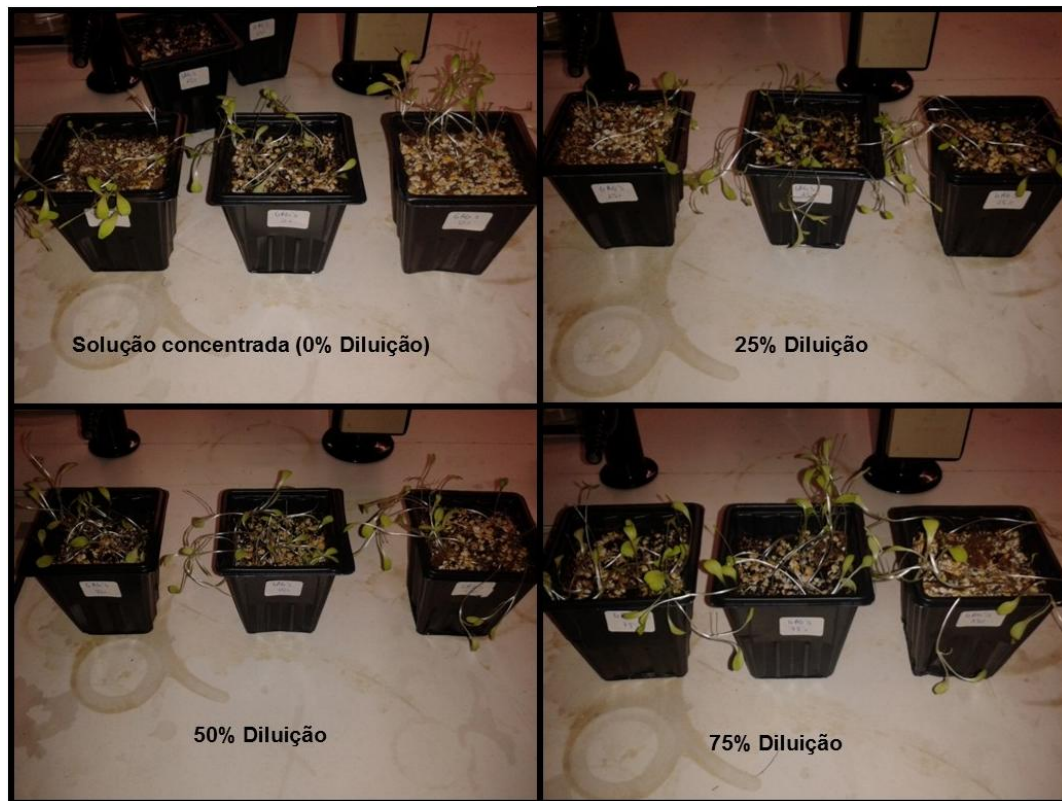


Figura 9-14 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs.

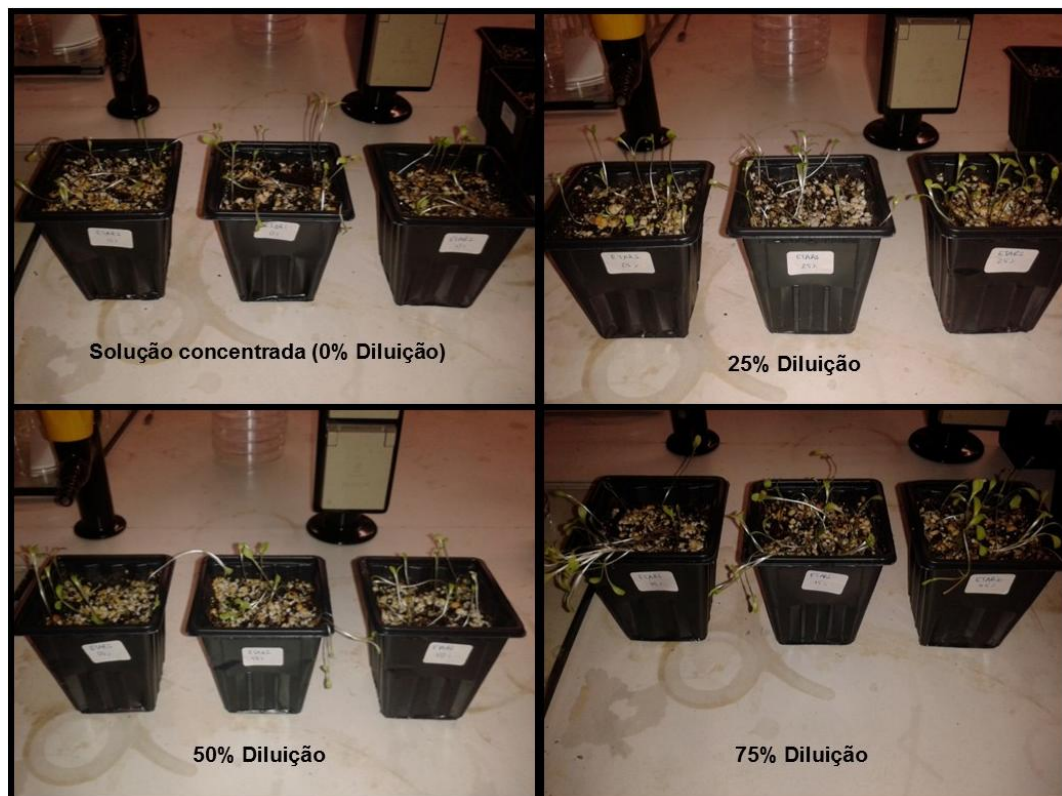


Figura 9-15 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de efluente da ETARI.

Nos quadros seguintes encontram-se apresentados os resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de água industrial e do controlo.

**Quadro 9-10 – Índice de crescimento (%) e massa média por planta seca (g) obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de água industrial e do controlo.**

<b>Amostra</b>	<b>Índice de crescimento (%)</b>	<b>Massa média por planta seca (g)</b>
<b>Água industrial</b>	78,57	0,0027
<b>Controlo</b>	100,00	0,0031

**Quadro 9-11 – Número, média e percentagem de sementes germinadas, e desvio padrão da média de sementes germinadas obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de água industrial e do controlo.**

<b>Amostra</b>	<b>Número de sementes germinadas</b>	<b>Média de sementes germinadas</b>	<b>Desvio padrão do número de sementes germinadas</b>	<b>Sementes germinadas (%)</b>
<b>Água industrial</b>	13	14	1,16	85,42
	15			
	13			
<b>Controlo</b>	13	15	1,73	93,75
	16			
	16			

Através dos quadros anteriores é possível verificar que o índice de crescimento da aplicação da água industrial foi um pouco inferior ao índice de crescimento do controlo. Relativamente às sementes germinadas, a redução da germinação derivado da aplicação da água industrial não parece relevante, avaliando a média de sementes germinadas e o respetivo desvio padrão.

As figuras e os quadros seguintes, com base nos resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de efluente dos GRGs, apresentam a

percentagem do número médio de sementes germinadas, a massa por planta seca (g) e o índice de crescimento (%).

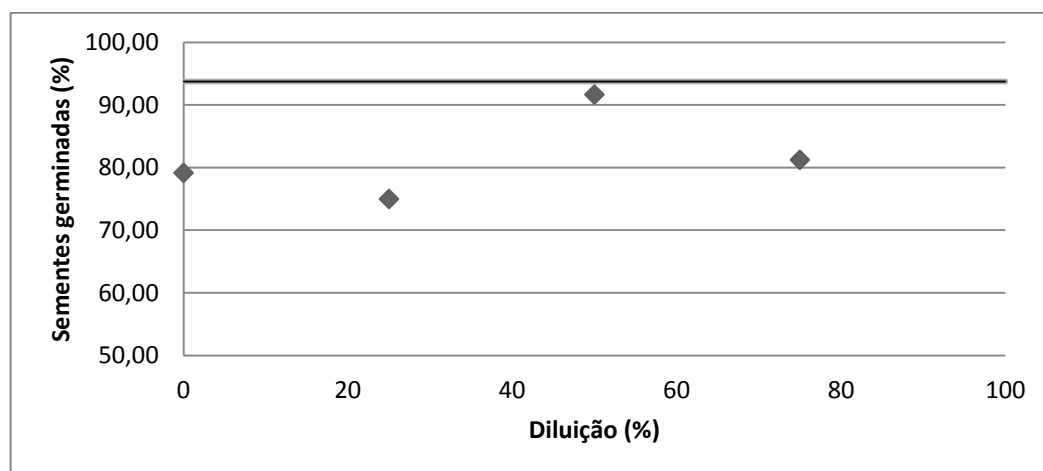
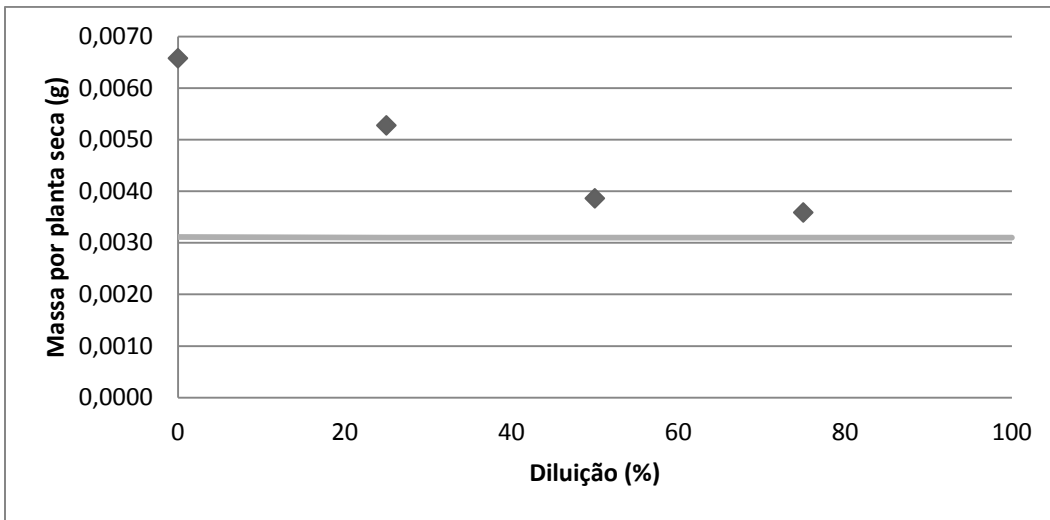


Figura 9-16 - Percentagem do número médio de sementes germinadas obtido no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs.

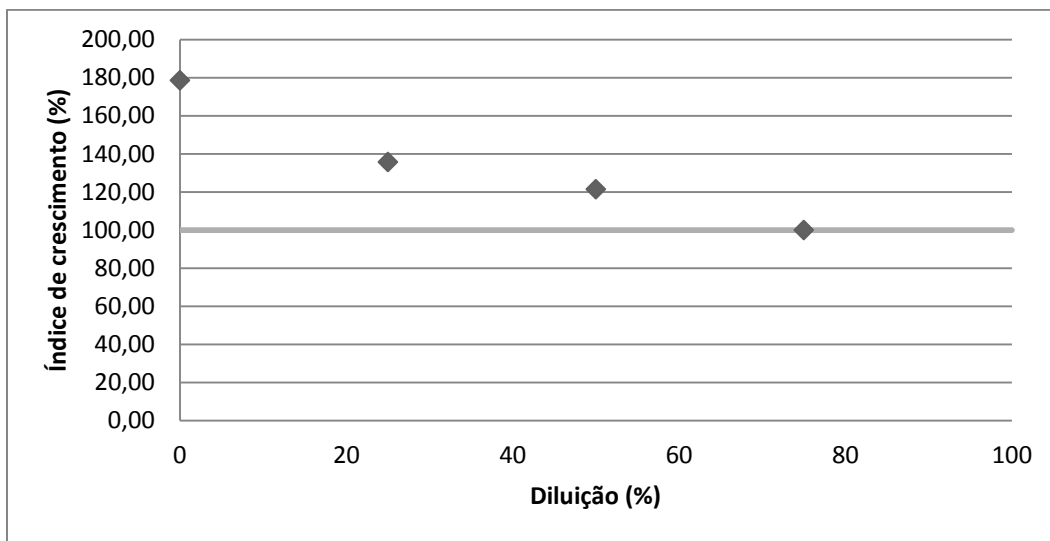
Quadro 9-12 - Número, média e percentagem de sementes germinadas, e desvio padrão do número de sementes germinadas obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs.

Diluições	Número de sementes germinadas	Média de sementes germinadas	Desvio padrão do número de sementes germinadas	Sementes germinadas (%)
0	13	13	2,52	79,17
	10			
	15			
25	8	12	3,46	75,00
	14			
	14			
50	15	15	1,53	91,67
	16			
	13			
75	11	13	2,65	81,25
	12			
	16			

Através da Figura 9-16 e do Quadro 9-12 é possível verificar que algum componente no efluente dos GRGs prejudica a germinação da espécie, pois a percentagem de sementes germinadas ficou sempre abaixo do controlo. Apesar de que esse efeito não é tão notório quando o efluente se encontra mais diluído, tendo-se obtido valores relativamente razoáveis para as diluições do afluente acima de 50%.



**Figura 9-17 – Massa média por planta seca obtido (g) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs.**



**Figura 9-18 - Índice de crescimento (%) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente dos GRGs.**

As figuras anteriores, relativas à massa seca por planta e ao índice de crescimento, permitem visualizar que o efluente dos GRGs parece potencializar o crescimento da espécie.

Nas figuras e quadros seguintes encontram-se os resultados do teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI.

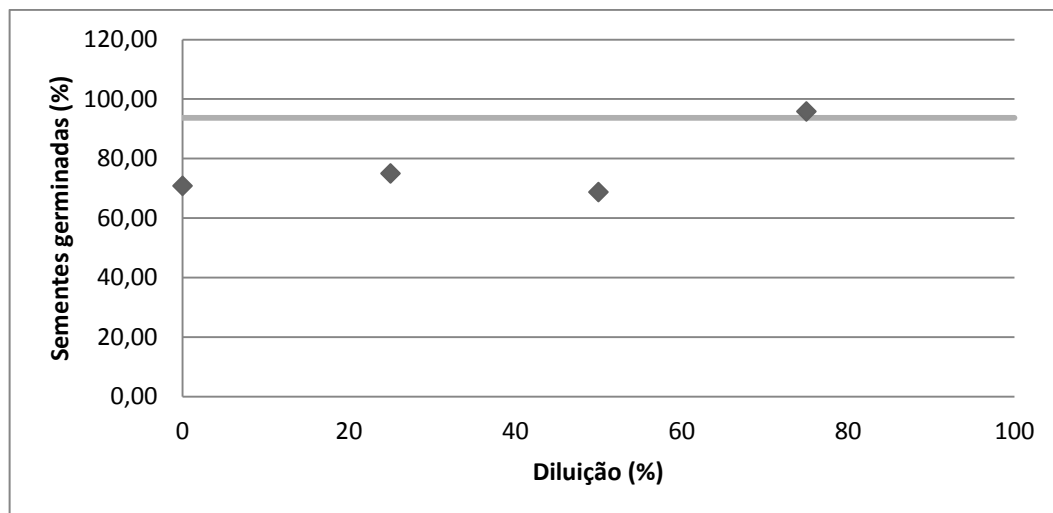


Figura 9-19 - Sementes germinadas (%) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI.

Quadro 9-13 - Número, média e percentagem de sementes germinadas, e desvio padrão do número de sementes germinadas obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI.

Diluições	Número de sementes germinadas	Média de sementes germinadas	Desvio padrão do número de sementes germinadas	Sementes germinadas (%)
0	11	11	1,53	70,83
	13			
	10			
25	11	12	1,73	75,00
	14			
	11			
50	10	11	1,73	68,75
	10			
	13			
75	15	15	0,58	95,83
	16			
	15			

Através da análise à Figura 9-15 - Resultados obtidos no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação de efluente da ETARI. e do Quadro 9-13 é possível verificar que há efeito na germinação da espécie, apesar de que se obtiveram resultados muito bons para a diluição de 75% deste efluente.

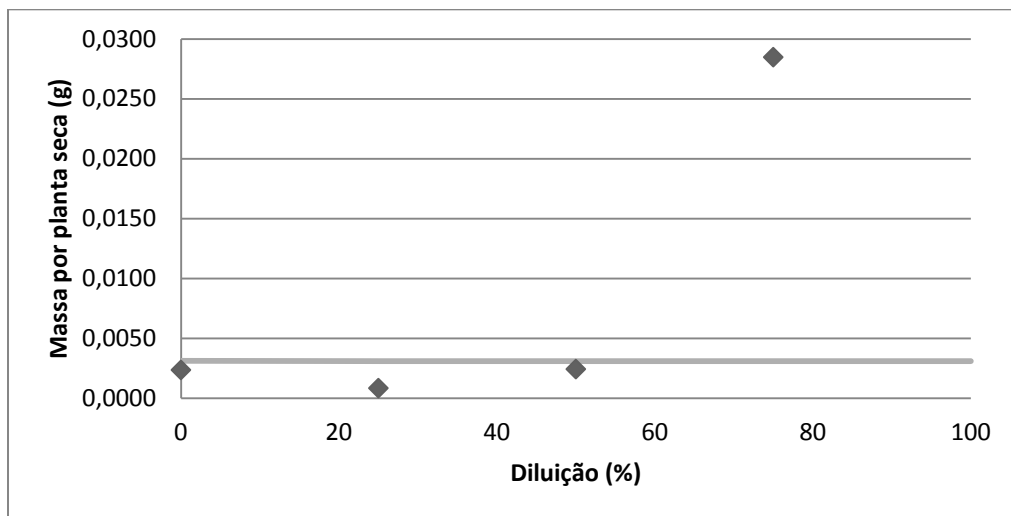


Figura 9-20 – Massa média por planta seca (g) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI.

Quadro 9-14 - Massa média por planta seca no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI.

Diluição	Massa média por planta seca (g)
0	0,0024
25	0,0008
50	0,0024
75	0,0285

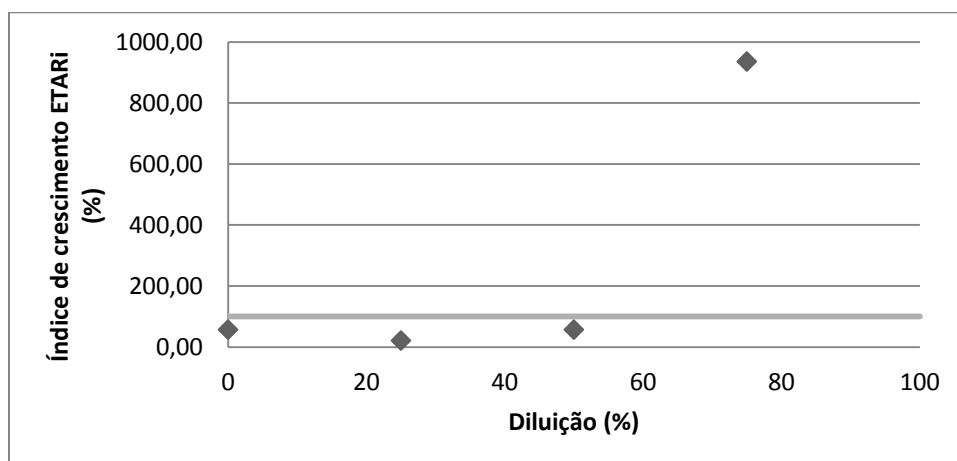


Figura 9-21 - Índice de crescimento (%) no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato da aplicação do efluente da ETARI.

Através da análise às Figuras 9-20 e 9-21 e do Quadro 9-14 é possível verificar que há efeito no crescimento quando aplicado este efluente na rega. Quando a concentração de efluente é elevada, nota-se efeito repressor no crescimento. Com a diluição a 75% do efluente denotou-se um potenciamento do crescimento. Isto poderá ser explicado porque com a diluição, é reduzido o potencial tóxico e os nutrientes presentes no efluente favorecem o crescimento relativamente ao controlo. Neste caso, é normal o crescimento ser inferior para o controlo porque a água desmineralizada não tem nutrientes, advindo nutrientes somente do solo.

Para realizar os testes de crescimento para avaliar o efeito da acumulação de contaminantes, optou-se pela amostra mais diluída (75%) do efluente dos GRGs. Isto porque foi a diluição que apresentou um comportamento igual ao do controlo no teste de crescimento para avaliar o efeito imediato e porque em termos práticos, esta diluição é a mais exequível, uma vez que a quantidade de efluente dos GRGs é pouca e há interesse em diluí-lo de modo a aumentar a quantidade de efluente recuperado para rega.

Nas figuras seguintes apresentam-se os resultados obtidos para o teste de crescimento para avaliar o efeito da acumulação do controlo e do efluente dos GRGs com 75% de diluição.

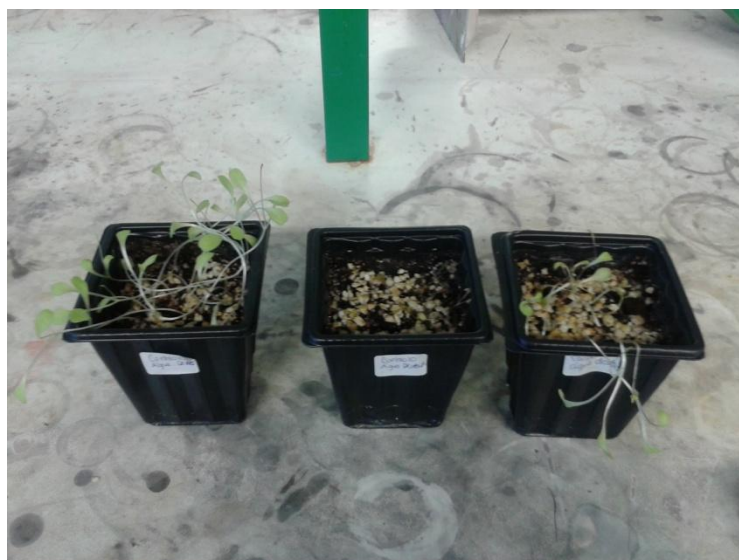


Figura 9-22 – Resultados do teste de crescimento com o efeito da acumulação do controlo.



**Figura 9-23 - Resultados do teste de crescimento com o efeito da acumulação do efluente dos GRGs com 75% de diluição.**

O tratamento dos resultados consistiu na determinação dos mesmos parâmetros analisados para o teste de crescimento com o efeito imediato da aplicação dos efluentes.

No Quadro 9-15 encontra-se o tratamento de dados feitos para os diferentes parâmetros em análise.

**Quadro 9-15 – Resultados obtidos para os diferentes parâmetros no teste de crescimento com efeito de acumulação da aplicação de efluente.**

<b>Amostra</b>	<b>Índice de Crescimento (%)</b>	<b>Sementes germinadas (%)</b>	<b>Massa média por planta seca (g)</b>
<b>Efluente dos GRGs (75% de diluição)</b>	162,50	77,08	0,004
<b>Controlo</b>	100,00	47,92	0,003

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 9-15 é possível verificar que o efluente dos GRGs com 25% de concentração obteve uma percentagem de sementes germinadas maior que a do controlo. Facto que pode ter sido incrementado por não terem germinado sementes num dos vasos em que se aplicou água desmineralizada, como se pode verificar na Figura 9-22. Explicação para este acontecimento pode ter a ver com alguma contaminação no vaso ou nas sementes, que as tornaram inviáveis. Mesmo que

tenha falhado uma réplica, a percentagem de sementes germinadas com a aplicação do efluente foi muito superior, constatando-se que nos outros vasos germinaram menos sementes. Por isso o efluente potenciou a germinação.

O índice de crescimento também foi muito superior para a aplicação em contínuo do efluente dos GRGs. Como já tinha sido verificado anteriormente, o efluente dos GRGs tem efeito potenciador no crescimento das espécies, sendo que para a concentração de 25% o comportamento do crescimento tinha sido semelhante ao do controlo, não havendo efeito potenciador. Com este teste conclui-se que a aplicação em contínuo do efluente concentrado a 25% tem efeito potenciador no crescimento. Facto que corresponde à análise feita anteriormente, em que quanto mais concentrado for o efluente maior é o efeito potenciador. Um efluente diluído, não é tratado, porque não são retirados os contaminantes e por isso, quando este é aplicado diversas vezes no solo, deposita neste as concentrações de elementos que teria inicialmente, antes da diluição. Problemas como a acumulação de contaminantes no solo podem surgir após a aplicação de efluentes diluídos durante um determinado período de tempo. Por este motivo é necessário haver um indicador de poluição do solo, em que quando seja atingida determinada concentração, se faça rega com água da rede, por exemplo, havendo o efeito lixiviante.

## 9.5 APLICAÇÃO DO TESTE PILOTO NA PSA MANGUALDE

O teste piloto da reutilização do efluente dos GRGs com uma concentração de 25% num espaço verde da Citroen decorreu numa pequena área, perto da cantina, como mostra a figura seguinte.



**Figura 9-24 – Teste piloto na PSA Mangualde com o efluente dos GRGs concentrado a 25%.**

Como se pode verificar pela figura, foi utilizado um GRG (recipiente de armazenagem), com capacidade de 1 m<sup>3</sup>, para fazer a diluição do efluente. Dentro do GRG foi instalada uma bomba submersível que reencaminhou o efluente para o aspersor.

As regas foram realizadas 1 vez por dia, às 7 da manhã durante 15 minutos. O teste decorreu durante duas semanas, até que todo o efluente fosse consumido.

### 9.5.1 DETERMINAÇÃO DA CLOROFILA

A determinação da clorofila, como já referido no capítulo 5.3, é um bom indicador do efeito tóxico de um efluente reutilizado para a rega de plantas. O efeito do contaminante sobre a espécie em estudo é detetado antes de os efeitos serem visíveis.

Para determinar a clorofila, foram recolhidas amostras das espécies antes e depois do regadio com efluente. Para além disso, recolheram-se amostras de uma zona ajardinada, situada ao lado da área onde se implementou o teste piloto, para servir como controlo.

As amostras recolhidas antes e depois do ensaio, na zona a implementar o teste piloto, foram de relva, de Hera e de um arbusto. Na área que serviu de controlo recolheram-se somente amostras de relva e Hera, pois não existia nenhum arbusto nesta zona idêntico ao do ensaio.

As plantas superiores apresentam somente a clorofila *a* e *b* na sua constituição, sendo por isso que foram apenas medidas esses dois tipos de clorofila no teste de determinação.

### 9.5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos para a Hera encontram-se apresentados nas figuras seguintes.

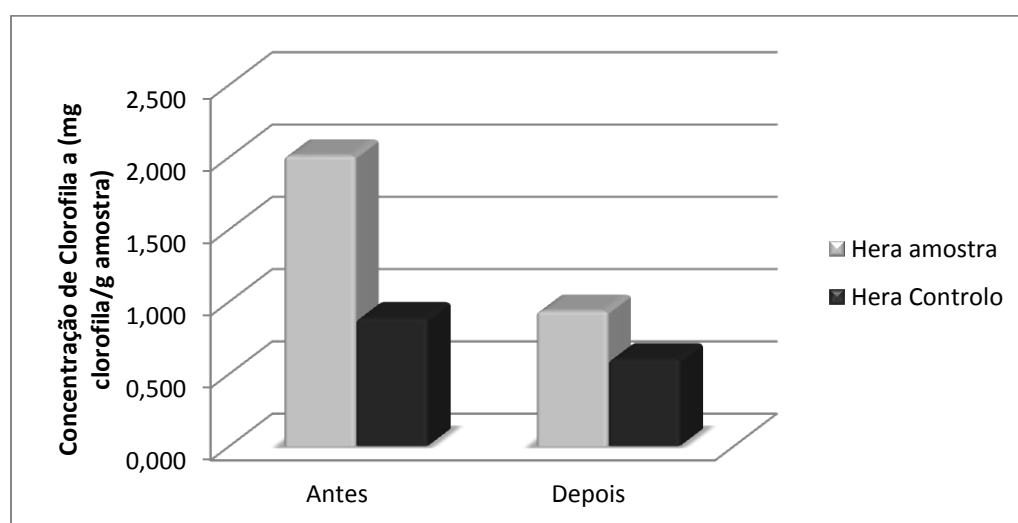


Figura 9-25 – Concentração de clorofila *a* (mg clorofila *a*/g amostra) da Hera, antes e depois do ensaio.

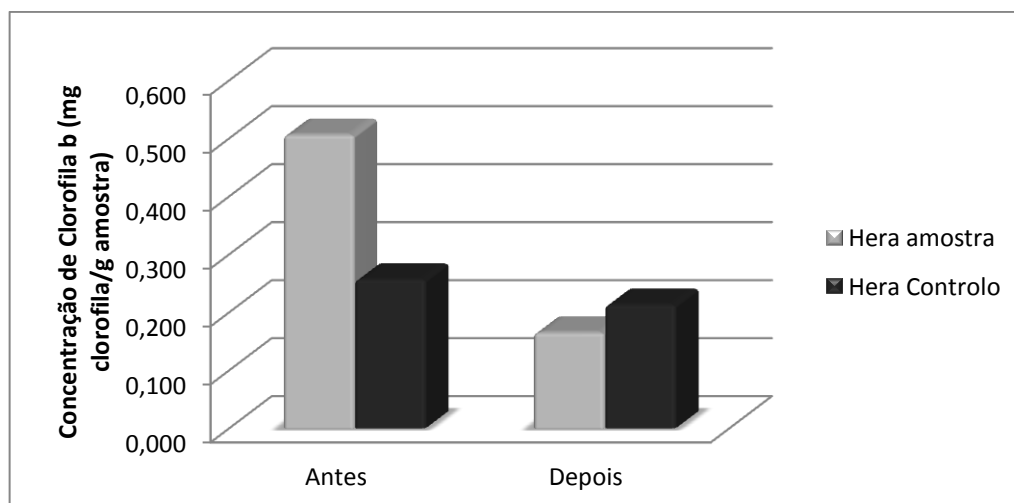


Figura 9-26 - Concentração de clorofila *b* (mg clorofila *b*/g amostra) da Hera, antes e depois do ensaio.

Quadro 9-16 – Concentração da clorofila *a* e *b* (mg clorofila/g amostra) da Hera antes e depois do ensaio.

	Concentração de clorofila (mg clorofila/g amostra)	
	<i>a</i>	<i>b</i>
<b>Antes do teste (controlo)</b>	0,884	0,257
<b>Antes do teste (amostra)</b>	2,009	0,506
<b>Depois do teste (controlo)</b>	0,600	0,213
<b>Depois do teste (amostra)</b>	0,935	0,165

Através da Figura 9-25 – Concentração de clorofila *a* (mg clorofila *a*/g amostra) da Hera, antes e depois do ensaio. e do Quadro 9-16 é possível visualizar que houve uma redução da concentração de clorofila *a* após a realização do teste piloto na espécie testada (Hera para rega). A concentração de clorofila *a* no controlo também diminuiu mas numa proporção muito inferior à da Hera regada. Este resultado mostra que houve impacte na aplicação deste efluente sobre a Hera, relativamente à concentração de clorofila *a*. A Figura 9-26 - Concentração de clorofila *b* (mg clorofila *b*/g amostra) da Hera, antes e depois do ensaio. demonstra que a concentração de clorofila *b* no controlo manteve-se mais ou menos igual e na hera para rega reduziu muito após o ensaio. Conclui-se que para além do impacte na concentração de clorofila *a*, também produz alterações na concentração de clorofila *b*.

O controlo apresenta-se com razões de concentração de clorofila *a* e *b* muito diferentes da amostra da espécie a regar. Para que a comparação fosse a mais correta, o controlo e a amostra deveriam apresentar concentrações de clorofila semelhantes. Como não são, pode-se apenas comparar as reduções entre o antes e o depois de cada uma delas de forma individual.

Nas figuras seguintes encontram-se os resultados para a determinação de concentração de clorofila *a* e *b* da relva na área do ensaio e do controlo.

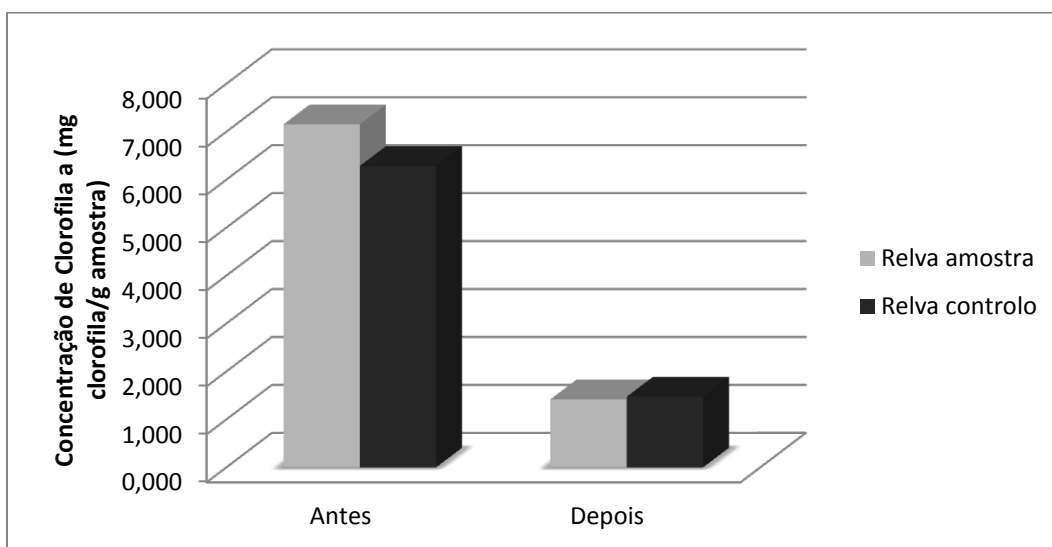


Figura 9-27 - Concentração de clorofila *a* (mg clorofila *a*/g amostra) da relva, antes e depois do ensaio.

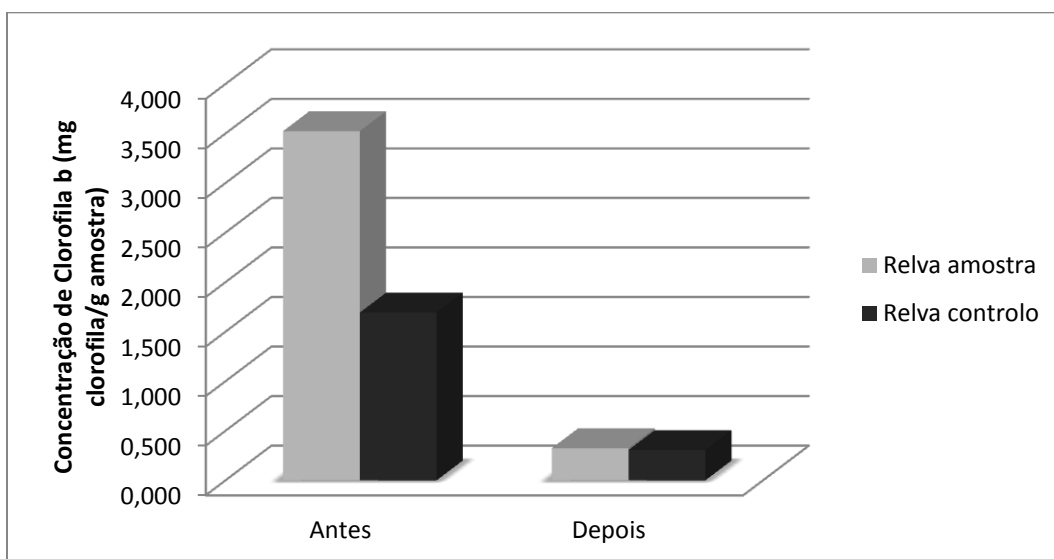


Figura 9-28 - Concentração de clorofila *b* (mg clorofila *a*/g amostra) da Relva, antes e depois do ensaio.

Quadro 9-17 - Concentração da clorofila *a* e *b* (mg clorofila/g amostra) da Relva antes e depois do ensaio.

	Concentração de clorofila (mg clorofila/g amostra)	
	<i>a</i>	<i>b</i>
<b>Antes do teste (controlo)</b>	6,287	1,694
<b>Antes do teste (amostra)</b>	2,009	3,524
<b>Depois do teste (controlo)</b>	1,474	0,306
<b>Depois do teste (amostra)</b>	1,420	0,248

Através da Figura 9-27 e do Quadro 9-17 é possível verificar que a concentração de clorofila *a* do controlo encontra-se numa proporção semelhante à da espécie a ensaiar antes da iniciação do teste. Após o ensaio, a redução da concentração da clorofila *a* foi um pouco mais significativa na relva da zona de teste, mas não de forma relevante. Poderá entender-se que a espécie no ensaio sofreu algum tipo de alteração pouco significativa com a adição do efluente diluído.

Relativamente à concentração de clorofila *b*, as amostras de relva controlo e de relva a regar apresentaram valores muito diferentes antes do ensaio, atribuindo-se o maior à relva a regar com efluente. No final do ensaio, ambas apresentaram uma concentração muito parecida. Significa isto que o efluente gerou efeito tóxico sobre a relva em que foi aplicado o ensaio.

No Quadro 9-18 encontram-se os resultados obtidos na determinação da clorofila *a* e *b* do arbusto, antes e depois do teste piloto.

Quadro 9-18 – Concentração de clorofila *a* e *b* (mg clorofila/g amostra) do arbusto, antes e depois do teste piloto.

	Concentração de clorofila (mg clorofila/g amostra)	
	<i>a</i>	<i>b</i>
<b>Antes do teste</b>	0,738	0,187
<b>Depois do teste</b>	0,636	0,169

Na análise, os efeitos do efluente sobre o arbusto só podem ser analisados segundo a determinação da clorofila antes e depois do teste piloto. Como não existem controlos, não sabemos se a variação da concentração da clorofila deriva da aplicação do efluente na rega ou se é devido a um fator externo. Quando é associado a este último caso, o decréscimo da concentração é sentida tanto no controlo como na espécie em que se fez o teste. Do que é possível verificar, há uma redução pouco significativa na concentração de clorofila *a* após o teste piloto. Os efeitos sentidos na concentração da clorofila *b* são ainda menos significativos que o sentidos na *a*. Conclui-se que o efluente não produziu efeitos relevantes no arbusto.

Em suma, o efluente pode provocar efeito tóxico na Relva e na Hera, não compensando desta forma reutilizar o efluente dos GRGs para este fim. O atual destino dado ao efluente dos GRGs (“Hidropack” e lavagens de materiais) é mais viável do que estar a reutilizar este efluente na rega de espaços verdes. Para além deste efluente satisfazer apenas 15,7% das necessidades hídricas da rega (relativo aos dados de 2012), necessita de tratamento e licenças para poder ser posto em prática, enquanto que a atual utilização deste efluente não necessita de tratamento, nem de licenças.

## 10. TRABALHOS REALIZADOS DURANTE O ESTÁGIO

Durante a realização do estágio, para além do estudo desenvolvido, foram realizadas outras atividades propostas pela PSA Mangualde que ajudaram a que eu desenvolvesse as minhas aptidões técnicas na área de Engenharia do Ambiente. Destas podem-se enunciar algumas mais relevantes, como:

- ✓ Realização de auditorias internas de sensibilização ambiental e de triagem de resíduos;
- ✓ Elaboração do relatório da auditoria interna;
- ✓ Seguimento de indicadores semanais e mensais do consumo de água, de resíduos e das emissões;
- ✓ Elaboração do Relatório Ambiental Anual de 2012 para a Licença Ambiental;
- ✓ Planificação e desenvolvimento do estudo deste relatório num “A3”, como se pode verificar no Anexo Figura 0-1. Este foi exposto na Unidade Técnica do Centro (UTC) para que o desenrolar do estudo fosse do conhecimento geral de todos os trabalhadores;
- ✓ Realização de uma folha de cálculo com a otimização dos reagentes utilizados na ETARI, nomeadamente o coagulante e o floculante, como se apresenta no Anexo nas Figura 0-2, Figura 0-3, Figura 0-4 e Figura 0-5. Ação realizada em parceria com o Engenheiro João Azevedo (Fornecedor da AQUAPROX).
- ✓ Acompanhamento na expedição de resíduos;
- ✓ Seguimento diário da contagem de partículas de tinta nos capôs na fábrica, com o objetivo de controlar as emissões de partículas emanadas pelas chaminés de exaustão das cabines de pintura.
- ✓ Seguimento diário da condutividade do condicionador novo;

- ✓ Apresentação do caso de estudo e das conclusões obtidas numa reunião em que esteve presente o diretor da PSA Mangualde e os chefes de cada unidade fabril;
- ✓ Elaboração do documento “Difusão de documentos” para o sector do ambiente – UTC;
- ✓ Verificação da conformidade da diretiva SEVESO relativamente aos dados de 2012;
- ✓ Levantamento dos equipamentos com gás refrigerante R134a instalados em 2012;
- ✓ Atualização mensal no sistema informático da fábrica dos resultados obtidos nas análises realizadas pela entidade externa ao efluente da ETARI;
- ✓ Elaboração de um ficheiro com a estimativa dos consumos de água para 2013, segundo os objetivos, e com a quantificação dos custos associados por m<sup>3</sup> e por veículo produzido.
- ✓ Estimativa dos custos anuais para o tratamento do circuito da torre de compressores e o respetivo consumo de produtos associado;
- ✓ Acompanhamento mensal da recolha de amostras das purgas dos condicionadores de ar, das torres de refrigeração e dos compressores para posterior análise dos parâmetros químicos e da *Legionella*.

## CONCLUSÃO

Após a realização do estágio torna-se relevante salientar que foram adquiridos diversos conhecimentos na área de engenharia do ambiente que consolidaram as minhas competências técnicas e a minha experiência prática como engenheira ainda em formação.

As indústrias, diante da competitividade do mercado e do aumento das preocupações com o meio ambiente, sentiram a necessidade de implementar sistemas de gestão ambiental, o que lhes proporcionou um melhor desempenho ambiental, uma redução do consumo de recursos naturais, para além da melhoria da qualidade e, eventual, diminuição dos custos associados aos processos produtivos.

As indústrias de montagem automóvel apresentam como linhas principais do processo a ferragem, a pintura, a montagem e a linha da qualidade. Os maiores consumos de água e produção de efluentes advêm do processo de pintura.

Diretamente no processo produtivo, algumas técnicas de reutilização da água, como o reaproveitamento de água por cascata inversa, a técnica de devolução do eletrólito e a aplicação do carvão ativado no banho das tinas de tratamento da pintura permitem reduzir os consumos de água e desta forma, reduzir os efluentes produzidos.

Para além dos processos de tratamento comuns numa ETARI, o tratamento terciário e avançado permite obter um maior grau de pureza da água residual para que esta seja posteriormente reutilizada noutro processo industrial.

A reutilização de águas residuais na rega de espaços verdes é uma das atividades mais promissoras neste tipo de aplicação. Para isso, as águas residuais têm de satisfazer os parâmetros bioquímicos legais impostos pelo Decreto-Lei n.º236/98 de 1 de Agosto, anexo XVI. A qualidade das águas residuais pode interferir com o sistema solo-planta e deste modo devem ser ponderados todos os parâmetros bioquímicos em relação às espécies plantadas, como também a possibilidade de haver contaminações no solo.

Por forma a dar início ao estudo do caso prático PSA Mangualde, foram caracterizados os espaços verdes presentes relativamente às espécies plantas, aos consumos e custos associados a esta aplicação. Os dados avaliados permitiram estimar que o custo associado ao processo de rega seria de 1,20€ por m<sup>3</sup>, perfazendo um total aproximadamente 1700€ anuais.

Os processos e equipamentos consumidores de água foram caracterizados e fez-se uma análise aos efluentes por eles rejeitados, relativamente às características qualitativas e quantitativas para a reutilização na rega. Da análise feita e também por questões de logística e investimento, rejeitaram-se algumas possibilidades de reutilização. Ficando apenas os efluentes da ETARI, dos condicionadores de ar e da Tina n.º5, como opções.

Uma análise mais profunda permitiu determinar os pontos críticos de cada efluente selecionado. O efluente dos condicionadores contém biocida, o que não indica que seja herbicida, e a condutividade elétrica é elevada. O efluente advindo da Tina n.º5 contém um produto químico à base de Nitrito de Sódio, que é muito tóxico para o ambiente. O efluente da ETARI para além de receber produtos tóxicos de processos, nomeadamente o da Tina n.º5, e de não apresentar um tratamento efetivo para a remoção dos mesmos, apresenta elevados valores de CQO, CBO<sub>5</sub> e de condutividade que não permitem que o efluente seja reutilizado na rega.

O efluente da Tina n.º5 para que fosse reutilizado deveria ser feito um tratamento efetivo para remover a toxicidade, que poderia ser através do processo de eletrodialise ou através da desnitrificação. Outra possibilidade seria substituir o composto utilizado por outro mais “limpo” para o meio-ambiente, que terá de ser estudado pelos técnicos responsáveis pelo processo. O investimento para o tratamento é dispendioso e analisando com os custos associados ao processo de rega, torna-se numa solução inviável.

O tratamento do efluente dos condicionadores poderia consistir num sistema de membranas que permitiria tratar o efluente para rega e para reutilizar no processo. Este sistema também mostrou ser muito dispendioso relativamente aos custos associados à rega, por isso torna-se economicamente inviável. Uma possibilidade poderia ser através da diluição do efluente e do estudo ecotoxicidade associada ao efluente.

O efluente da ETARI apresentou uma razão de CQO/CBO<sub>5</sub> muito baixa, o que demonstra ser muito biodegradável. Mediante um teste de tratabilidade ao efluente, poderia ser estudada a hipótese de implementar um sistema de lamas ativadas para reduzir o CQO e o CBO<sub>5</sub>. Como a implementação de um sistema de tratamento invalida elevados custos, e como não foi de conhecimento deste estudo a toxicidade de todos os produtos que afluem à ETARI, este efluente torna-se também inviável para a reutilização na rega.

Para determinar a toxicidade do efluente dos condicionadores de ar quando aplicado em espécies, realizaram-se testes ecotoxicológicos, nomeadamente testes de germinação e de

crescimento para determinar o efeito imediato utilizando a espécie *Lactuca sativa L. var. Capitata*. Para além da utilização do efluente dos condicionadores, utilizou-se também o efluente da ETARI para verificar o comportamento tóxico. Os testes iniciaram-se com a diluição dos efluentes a 25%, 50% e a 75%. Através dos testes realizados ao efluente dos condicionadores de ar concluiu-se que se verifica efeito repressor na germinação da espécie, mas não no crescimento da espécie. O efluente da ETARI não mostrou efeito significativo na germinação quando aplicado segundo diluições. Relativamente ao teste de crescimento, apresentou efeitos repressores do crescimento da espécie para as concentrações mais elevadas, e um efeito potenciador de crescimento quando aplicado com diluição de 75%.

Para testar o efeito da acumulação de efluente no teste de crescimento, optou-se pela diluição de 75% do efluente dos condicionadores de ar, concluindo-se que não existiram efeitos significativos na aplicação continuada deste efluente.

Num teste piloto na PSA Mangualde, aplicou-se o efluente dos condicionadores com uma diluição de 75% e realizou-se o teste da determinação da concentração da clorofila para verificar o impacto do efluente nas espécies plantadas (Hera, arbusto e relva). Concluiu-se que produziu efeito na concentração de clorofila na Hera. Na relva não se detetou efeito na concentração da clorofila *a*, mas sim da *b*. No arbusto não se detetaram efeitos.

Os resultados obtidos no teste piloto mostraram que pode existir efeito tóxico aquando a aplicação de efluente dos condicionadores (diluído a 75%) sobre as espécies de relva e de hera. Por estas razões e porque o efluente dos condicionadores atualmente está a ser reintroduzido noutra processo ("Hidropack), conclui-se não ser compensatório reutilizar este efluente na rega dos espaços verdes.

O estágio curricular proporciona o contacto direto com o mercado de trabalho, o que revela ser de extrema relevância para a preparação do estudante para o futuro, tanto a nível profissional, como pessoal.



## REFERÊNCIAS

- Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira. (2001). *Medidas para a Correção das Disfunções Ambientais da Indústria da RAM*. Funchal: AREAM. Recuperado em 14 de Novembro, 2012, em [http://www.arem.pt/download/ambind/Medidas\\_ambientais\\_industria\\_RAM.pdf](http://www.arem.pt/download/ambind/Medidas_ambientais_industria_RAM.pdf)
- Anecchini, K. (2005). *Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)* (Dissertação de Pós-Graduação, Universidade Geral de Espírito Santo, Vitória). Recuperado em 2 de Agosto, 2013, de [http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN\\_.pdf](http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN_.pdf)
- APHA, AWWA, WEF, (2005). *Standard methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed, American Public Health Association, Washington, D.C.
- Brito, A. (2010). *Caracterização Qualitativa e Quantitativa dos Efluentes Industriais Existentes no Sistema de Drenagem das Estações de Tratamento de Águas Residuais de Campo e Ermesinde* (Relatório de projeto, Universidade do Porto). Recuperado em 29 de Junho, 2013 de <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59470/1/000145023.pdf>
- CAN/BNQ (1996 modificado em 1997). *Organic Soil Conditioners – Compost*. CAN/BNQ 0413-200, secção 9.3.3:12-14.
- Cordeiro, D. (2012) *Estudo da reutilização de uma água residual tratada na rega paisagística* (Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa). Recuperado em 5 de Agosto, 2013 de [http://run.unl.pt/bitstream/10362/7522/1/Cordeiro\\_2012.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/7522/1/Cordeiro_2012.pdf)
- Costa, B. (2008). *Viabilização da reutilização de efluente tratado, usos, aplicações e respectivos impactos na gestão dos mesmos* (Dissertação de mestrado, Universidade do Algarve, Faro). Recuperado em 2 de Agosto, 2013, de [https://sapiencia.ualg.pt/bitstream/10400.1/560/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Bruno.pdf](https://sapiencia.ualg.pt/bitstream/10400.1/560/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Bruno.pdf)
- Cunha, J. (2010). *Avaliação de um Sistema de Lamas Activadas através de Análise de Imagem e Técnicas Quimiométricas* (Dissertação de Mestrado, Universidade do

Minho, Covilhã). Recuperado em 16 de Julho, 2013, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/17636>

Decreto-Lei n.º236/98 de 1 de Agosto. (1998). *Diário da República I Série-A*. N.º176 (1-08-1998), 3676 – 3722.

*Desinfecção da água em edifícios comerciais*. (n.d.) [Folheto]. Paço de Arcos: Bombas Grundfos Portugal S.A. Recuperado em 10 de Julho, 2013, de [http://cbs.grundfos.com/BGE\\_Spain/downloads/Download\\_Files/1011766\\_Water\\_disinfection\\_BGP.pdf](http://cbs.grundfos.com/BGE_Spain/downloads/Download_Files/1011766_Water_disinfection_BGP.pdf)

European Commission. (2007). Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents. Recuperado em 25 de Outubro, 2012, de [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/sts\\_bref\\_0807.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/sts_bref_0807.pdf)

Farrugia, B. (2012, Agosto). A eficiência das membranas de ultrafiltração. *Revista de Tratamento de Águas & Efluentes*, 8. Recuperado em 3 de Agosto, 2013, em <http://www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=4576>

FENG, X. & CHU, K. (2004). Cost optimization of industrial wastewater reuse systems. *Process Safety and Environmental Protection*, 82(3), 249–255. Recuperado em 13 de Agosto, 2013, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582004711672>

Ferreira, M. (2007). *Toxicidade de solos uraníferos em cogumelos e plantas comestíveis* (Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro). Recuperado em 17 de Julho, 2013 de <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/763/1/2008001529.pdf>

Figueiredo, J. (2000). *Guia Técnico Sectorial: Sector dos Tratamentos de Superfície*. Lisboa: INETI. Recuperado em 25 de Novembro, 2012, de [www.netresiduos.com/Handlers/FileHandler.ashx?id=368&menuid=111](http://www.netresiduos.com/Handlers/FileHandler.ashx?id=368&menuid=111)

*Guia: Processos extensivos de tratamento das águas residuais adaptados a pequenas e médias aglomerações (500-5000 habitantes equivalentes)*. (2001). Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias. ISBN 92-894-1690-4. Recuperado em 14 de Julho, 2013, de [http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide\\_pt.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide_pt.pdf)

- Jodice, R. (1989). *Parametri chimici e biologici per la valutazione della qualità del compost*. In: Proceedings of the Compost Production and Use – International Symposium, S. Michelle all'Adige, 20-23 June:363-384
- Källander, K. (2008). *Establishment of Swedish waste water technologies in Chinese automotive industry - case studies in Wuhan*. Uppsala: University. Department of Earth Sciences, Air, Water and Landscape Science. Recuperado em 3 de Dezembro, 2012, em [http://www.w-program.nu/filer/exjobb/Kristina\\_K%C3%A4llander.pdf](http://www.w-program.nu/filer/exjobb/Kristina_K%C3%A4llander.pdf)
- Lima, L. (2010). *A prática da melhoria contínua em processos sustentáveis: estudo de caso sobre a redução do consumo de água em uma indústria automobilística* (Trabalho final de curso, Universidade Federal de Juiz de Fora). Recuperado em 7 de Agosto, 2013 de [http://www.ufjf.br/ep/files/2011/02/TCC\\_Larissa\\_Lima.pdf](http://www.ufjf.br/ep/files/2011/02/TCC_Larissa_Lima.pdf)
- Martins, A. (2008). Estudo da tratabilidade de águas residuais sintéticas pelo processo de lamas activadas (Tese de Mestrado, Universidade do Porto). Recuperado em 28 de Setembro, 2013, de <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58359/2/Texto%20integral.pdf>
- Martins, D. (2008). *Avaliação ecotoxicológica de efluentes de celulose branqueada de eucalipto ao longo do tratamento biológico* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil). Recuperado em 15 de Agosto, 2013, de [http://www.dec.ufv.br/modules/mastop\\_publish/files/files\\_4cacd6c71b9ed.pdf](http://www.dec.ufv.br/modules/mastop_publish/files/files_4cacd6c71b9ed.pdf)
- Mendonça, E., Picado, A., Cunha, M. A., Catarino, J. (2011). Environmental management of wastewater treatment plants: the added value of the ecotoxicological approach. In E. Broniewicz. (ed.), *Environmental Management in Practice* (chap. 21, pp. 411-424). ISBN 978-953-307-358-3. Recuperado em 2 de Julho, 2013, de <http://repositorio.ineg.pt/handle/10400.9/1343>
- Messias, M. (2012). *Análise da viabilidade de reutilização do efluente da ETAR de Beirolos para rega paisagística da área do Parque do Tejo* (Trabalho Final de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa). Recuperado em 17 de Julho, 2013, de <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2136/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>
- Monte, H., Albuquerque, A. (2010). Reutilização de águas residuais (Série Guias Técnicos, 14). Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. ISBN 978-989-8360-01-4. Recuperado em 6 de

Junho, 2013, de  
<http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?SubFolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cMenuPrincipal%5cDocumentacao%5cPublicacoesexternas&Section=MenuPrincipal&FolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cMenuPrincipal%5cDocumentacao&GenericContentId=0&BookID=2197>

Monte, M. H. F. M. do. (1996). *Contributo para a utilização de águas residuais tratadas para irrigação em Portugal*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Moura, I. (2012). *Opções de tratamento de águas residuais por sistemas clássicos de lamas activadas numa perspectiva de minimização de recursos aplicados* (Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa). Recuperado em 12 de Julho, 2013 de [http://run.unl.pt/bitstream/10362/8525/1/Moura\\_2012.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/8525/1/Moura_2012.pdf)

Neto, I. (2011). *Estudo dos processos de nitrificação e desnitrificação numa Estação de Tratamento de Águas Residuais* (Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa). Recuperado em 5 de Agosto, 2013 de [http://run.unl.pt/bitstream/10362/6233/1/Neto\\_2011.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/6233/1/Neto_2011.pdf)

Oliveira, J. F. S., Lapa, N., & Mendes, B. (2009). *Resíduos: Gestão, tratamento e sua problemática em Portugal*. Lisboa: Lidel.

Pierozan, L. (2001). *Estabilização de processos: um estudo de caso no setor de pintura automotiva* (Dissertação de mestrado, Universidade federal de Rio Grande do Sul). Recuperado em 5 de Julho, 2013 de <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1894/000266001.pdf?sequence=1>

Pita, F. (2002). *Tratamento de águas residuais domésticas: Vol. II: Textos de Apoio para a disciplina de Armazenamento e Tratamento de Resíduos*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Recuperado em 16 de Julho, 2013, de <https://woc.uc.pt/dct/getFile.do?tipo=2&id=136>

PSA Peugeot Citroën: *Mangualde*. (n.d.). Recuperado em 12 de Novembro, 2013, de <http://www.mangualde.psa-peugeot-citroen.com/>

Quintelas, C. (2000). *Recuperação e reutilização de metais pesados* (Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Covilhã). Recuperado em 3 de Setembro, 2013, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/110>

- Rito, A. (2010). *Estudo das correntes de água de uma indústria para reutilização* (Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro). Recuperado em 17 de Julho, 2013 de <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/3733/1/240538.pdf>
- Santos, D. (2011). *Aplicação de Medidas de Eficiência Hídrica em Meio Hospitalar: O caso do Aproveitamento de Águas Pluviais* (Dissertação de mestrado, Universidade de Coimbra). Recuperado em 23 de Julho, 2013 de [https://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/bitstream/10316/20130/1/SO\\_ aproveitamento%20de%20%C3%81guas%20Pluviais.pdf](https://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/bitstream/10316/20130/1/SO_ aproveitamento%20de%20%C3%81guas%20Pluviais.pdf)
- Santos, M. I., Franco, A. C., Sousa, P. L. (n.d.). *Avaliação da qualidade da água para a rega na lezíria grande de Vila Franca de Xira*. In *Projeto AGRO 113* (pp. 1-13). Recuperado em 8 de Julho, 2013, de <http://www.cotr.pt/informacao/web2/Papers/35.pdf>
- Simões, C., Rosmaninho, I. & Henriques, A. G. (2008). *Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais*. Lisboa: Agencia Portuguesa do Ambiente. ISBN: 987-972-8577-39-1. Recuperado em 3 de Dezembro, 2012, em [http://www.apambiente.pt/zdata/Instrumentos/AIA/guia\\_ETAR\\_final.pdf](http://www.apambiente.pt/zdata/Instrumentos/AIA/guia_ETAR_final.pdf)
- Soares, A., & Cunha, F. M. (2010). *Manual prático para a gestão ambiental*. Lisboa: Verlag Dashöfer.
- Tamele, C. (2007). *Dimensionamento de um Sistema de Rega por Gotejamento para uma Área de 50 ha no Distrito de Chókwè* (Projeto final de curso, Universidade Eduardo, Maputo). Recuperado em 28 de Julho, 2013, de [http://www.waternetonline.ihe.nl/challengeprogram/B10%20Tamele%20Drip%20Irrigation%20\(final%20full%20report\\_portuguese\).pdf](http://www.waternetonline.ihe.nl/challengeprogram/B10%20Tamele%20Drip%20Irrigation%20(final%20full%20report_portuguese).pdf)
- Teixeira, A. R. N., & Ricardo, C. P. P. (1993). *Fotossíntese* (2ª ed.). Lisboa: Didática Editora.



## ANEXOS

Quadro 0-1 – Tolerância de plantas de ornamentação à salinidade. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.

Nome Comum	Nome Botânico	Tolerância à Salinidade					
		Muito sensível	Sensível	Medianamente		Tolerante	Muito tolerante
				Sensível	Tolerante		
Pinheiro do alepo	<i>Pinus halepensis</i>				✓		
Aradeira	<i>Hedera canariensis</i>		✓				
	<i>Cordyline indivisa</i>				✓		
Buganvília	<i>Bougainvillea spectabilis</i>					✓	
Mirtilo vermelho	<i>Syzygium paniculatum</i>					✓	
Abrunheiro dos jardins	<i>Prunus cerasifera</i>			✓			
Rosa da china	<i>Hibiscus Rosa-sinensis</i>		✓				
Vassoura-vermelha	<i>Dodonaea viscosa</i>			✓			
Palmeira das vassouras	<i>Chamaerops humilis</i>				✓		
Abélia	<i>Aelia x grandiflora</i>		✓				
Alfenheiro do Japão	<i>Ligustrum lucidum</i>			✓			
Avenca japonesa	<i>Nandina domestica</i>		✓				
Pinheiro-Manso	<i>Pinus pinea</i>					✓	
Pinheiro preto japonês	<i>Pinus thunbergiana</i>			✓			
Buxo	<i>Buxus microphylla var japonica</i>			✓			
Faia da Holanda	<i>Pittosporum tobira</i>		✓				
Folhado dos Açores	<i>Viburnum Tinus</i>		✓				
Karanda	<i>Carissa grandiflora</i>					✓	
Bauínia de hong-kong	<i>Bauhinia purpurea</i>			✓			
Loendro	<i>Nerium oleander</i>				✓		
Maónia	<i>Mathonia aquifolium</i>	✓					

**Quadro 0-1 - (continuação) – Tolerância de plantas de ornamentação à salinidade. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.**

Nome Comum	Nome Botânico	Tolerância à Salinidade					
		Muito sensível	Sensível	Medianamente		Tolerante	Muito tolerante
				Sensível	Tolerante		
Pinheiro do alepo	<i>Pinus halepensis</i>				✓		
Aradeira	<i>Hedera canariensis</i>		✓				
	<i>Cordyline indivisa</i>				✓		
Buganvília	<i>Bougainvillea spectabilis</i>					✓	
Mirtilo vermelho	<i>Syzygium paniculatum</i>					✓	
Abrunheiro dos jardins	<i>Prunus cerasifera</i>			✓			
Rosa da china	<i>Hibiscus Rosa-sinensis</i>		✓				
Vassoura-vermelha	<i>Dodonaea viscosa</i>			✓			
Palmeira das vassouras	<i>Chamaerops humilis</i>				✓		
Abélia	<i>Aelia x grandiflora</i>		✓				
Alfenheiro do Japão	<i>Ligustrum lucidum</i>			✓			
Avenca japonesa	<i>Nandina domestica</i>		✓				
Pinheiro-Manso	<i>Pinus pinea</i>					✓	
Pinheiro preto japonês	<i>Pinus thunbergiana</i>			✓			
Buxo	<i>Buxus microphylla var japonica</i>			✓			
Faia da Holanda	<i>Pittosporum tobira</i>		✓				
Folhado dos Açores	<i>Viburnum Tinus</i>		✓				
Karanda	<i>Carissa grandiflora</i>					✓	
Bauínia de hong-kong	<i>Bauhinia purpurea</i>			✓			
Loendro	<i>Nerium oleander</i>				✓		
Maónia	<i>Mathonia aquifolium</i>	✓					

Quadro 0-2 – Tolerância das culturas agrícolas à salinidade da água de rega. Fonte: Monte & Albuquerque, 2010.

Nome Comum	Nome Botânico	Sensibilidade			
		Tolerante	Medianamente		Sensível
			Tolerante	Sensível	
Cevada (grão)	<i>Hordeum vulgare</i>	✓			
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>				✓
Milho (grão)	<i>Zea mays</i>			✓	
Algodão	<i>Gossypium hirsutum</i>	✓			
Jojoba	<i>Simmondsia chinensis</i>	✓			
Amendoim	<i>Arachis hypogaea</i>				
Aveia	<i>Avena sativa</i>		✓		
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>		✓		
Beterraba sacarina	<i>Beta vulgaris</i>	✓			
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>		✓		
<b>HORTICULAS</b>					
Alcachofra	<i>Helianthus tuberosus</i>		✓		
Espargo	<i>Asparagus officinalis</i>	✓			
Beterraba	<i>Beta vulgaris</i>		✓		
Couve	<i>Brassica oleracea capitata</i>			✓	
Cenoura	<i>Daucus carota</i>				
Aipo	<i>Apium graveolens</i>			✓	
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>			✓	
Alface	<i>Lactuca saltiva</i>			✓	
Cebola	<i>Allium cepa</i>				✓
Batata	<i>Solanum tuberosum</i>			✓	
Batata-doce	<i>Ipomea batatas</i>			✓	
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>			✓	
Espinafre	<i>Spinacia oleracea</i>			✓	
Nabo	<i>Brassica rapa</i>			✓	
<b>FORRAGENS</b>					
Luzerna	<i>Medicago sativa</i>			✓	
Relvas				✓	
<b>FRUTOS</b>					
Alperce	<i>Prunus armeniaca</i>				✓
Amêndoa	<i>Prunus dulcis</i>				✓
Uva	<i>Vitus sp.</i>			✓	
Toranja	<i>Citrus paradisi</i>				✓
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>				✓
Pêssego	<i>Prunus persica</i>				✓
Morango	<i>Fragaria sp.</i>				✓
Ameixa	<i>Prunus domestica</i>				✓



### Contexto

#### POLÍTICA AMBIENTAL DO CPMG:

"... O Centro de Mangualde, convencido do seu dever na preservação ambiental dispõe de uma política baseada no compromisso de: ...Continuar a **reduzir os consumos de água** e energia, **impulsionando a reutilização** e a utilização de novas tecnologias no controlo destes incluindo os novos Projectos;..."

#### GESTÃO AMBIENTAL:

A água é um recurso natural, cujo consumo deve ser controlado de forma a **minimizar o impacto** sobre:  
 - disponibilidade deste recurso no meio natural  
 - os custos de captação/consumo



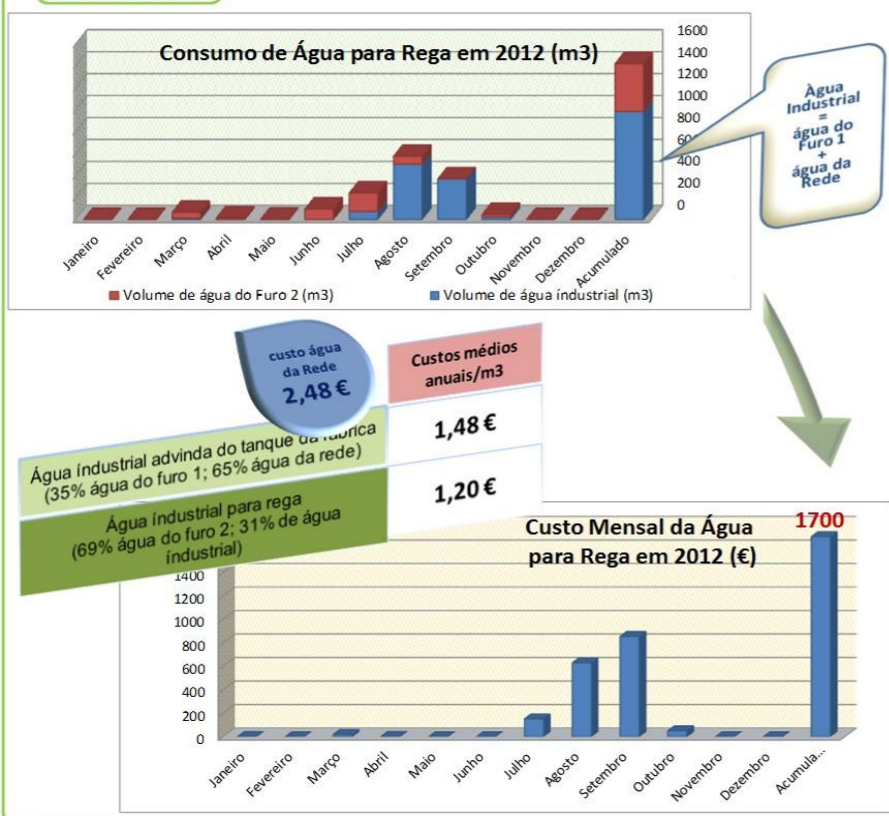
#### AMBIÇÃO:

Nesta perspetiva, procuramos otimizar a gestão do consumo de água com destino à rega no CPMG, com **recurso a água**

### Estratégia



### Situação atual



### Plano de ação

Ação	S5/12	S6/12	S7/12	S8/12	S9/12	S10/12	S11/12	S12/12	S1/13	S2/13	S3/13	S4/13	S5/13	S6/13	S7/13	S8/13	S9/13	S10/13	S11/13	S12/13	
Catalogar as espécies predominantes nas áreas de rega e caracterizar a extensão do espaço verde.	x																				
Caracterizar a qualidade da água necessária para um eficiente processo de rega.				x																	
Catalogar e caracterizar as fontes de água utilizadas no processo, passíveis de recuperação para o objectivo pretendido.				x																	
Identificar os pontos críticos de cada fonte catalogada				x																	
Identificar os processos de tratamento da água a aplicar				x																	
Verificar os requisitos legais necessários para colocar o projecto em prática								x													
Verificar a viabilidade do tratamento do efluente dos condicionadores através do processo de membranas								x													
Testar o efeito imediato dos efluentes provenientes da ETAR e dos condicionadores em diferentes concentrações, em espécies vivas.													x								
Testar em espécies vivas o efeito da acumulação da aplicação do efluente que apresentou resultados satisfatórios no teste do efeito imediato e que apresenta mais viabilidade na sua aplicação (condicionadores com 75% de diluição).													x	x							
Verificar a viabilidade do tratamento efectivo do Nitrito de Sódio (muito tóxico para o ambiente) no efluente da Tina 5 para posterior aplicação na rega.																				x	
Verificar a possibilidade da substituição do actual produto adicionado na Tina 5 para controlo de Nitritos, por outro não tóxico para o ambiente.																				x	
Decidir qual o método de aproveitamento de água reciclada a aplicar																					x
Aplicar método de rega com água reciclada em fase experimental																					x
Identificar espécies vegetais que consomem menos água que as actuais.																					x
Identificar processos ou técnicas que otimizem o sistema de rega																					x
Determinar laboratorialmente os pigmentos fotossintéticos das espécies regadas com os ensaios, por forma a determinar os efeitos da rega com o efluente dos condicionadores com 75% de diluição.																					x

### Objetivo



### Seguimento de resultados



Figura 0-1 – Projeto: Rega com água recuperada 2013 “A3”



## Quantidade de coagulante a adicionar ao caudal de tratamento

### Coagulante

Dados de Entrada:

Q actual de efluente a tratar (m <sup>3</sup> /h)	8,67
Quantidade de coagulante puro utilizado na preparação da solução (Litros)	25
Densidade do coagulante puro	1,36
Volume da cuba (Litros)	1500
Volume utilizado nos JAR testes (ml) com 1 litro de amostra	1,0

Cálculo da concentração da solução em utilização

Quantidade de coagulante puro utilizado na preparação da solução (Kg)	34
Quantidade de água utilizada na preparação da solução (litros)	1475
Quantidade de solução preparada (kg)	1509
Percentagem actual de coagulante em solução (%)	2,25%

Dados de Saída:

Factor de diluição	4,44
[coagulante]ppm actual (g/m <sup>3</sup> )	22,5
Q coagulante puro (g/h)	195
Q coagulante puro (kg/h)	0,195
Q coagulante puro (L/h)	0,144
Q coagulante diluído a adicionar ao efluente (l/h)	6,4
Regulação prevista para a bomba doseadora (%)	3

Se o valor for inferior a 20 ou superior a 80 alterar a diluição do coagulante.

Pressupostos para 1L de efluente:

Diluição do coagulante (%)	V coagulante (ml)	[] ppm
10%	1	100

Figura 0-2 – Folha de cálculo da quantidade de coagulante a adicionar ao caudal de tratamento.

Caudal debitado pela bomba (L/h)	Regulação da Bomba (%)
0	0
33	20
40,5	25
70,2	50
85	75
100,2	100

Débito teórico máximo da bomba (L/h)	P (bar)
83	5



Figura 0-3 - Folha de cálculo com a relação entre o débito da bomba (L/h) de coagulante e a regulação respectiva (%).

## Quantidade de floculante a adicionar ao caudal de tratamento actual

### Floculante

Dados de Entrada:

Q actual de efluente a tratar (m <sup>3</sup> /h)	8,67
Quantidade de floculante puro utilizado na preparação da solução (kg)	0,75
Volume da cuba (Litros)	1500
Volume utilizado nos JAR testes (ml) com 1 litro de amostra	1,0

Cálculo da concentração da solução em utilização

Quantidade de solução preparada (kg)	1500
Percentagem actual de floculante em solução (%)	0,050%

Dados de Saída:

Factor de diluição	2,00
[floculante]ppm actual (g/m <sup>3</sup> )	0,50
Q floculante puro (g/h)	4,34
Q floculante diluído a adicionar ao efluente (L/h)	8,67
Regulação prevista para a bomba doseadora (%)	8

Se o valor for inferior a 20 ou superior a 80, alterar a diluição do floculante. Atenção: há um limite para a diluição; a solução deve manter-se suficientemente e viscosa para permitir a floculação.

Pressupostos para 1L de efluente:

Diluição do floculante (%)	V floculante (ml)	[] ppm
0,10%	1	1

Figura 0-4 - Folha de cálculo da quantidade de floculante a adicionar ao caudal de tratamento.

Caudal debitado pela bomba (L/h)	Regulação da Bomba (%)
0	10
96	20
99	25
108	50
139,8	75
204	100

Débito teórico máximo da bomba (L/h)	P (bar)
170	3,5

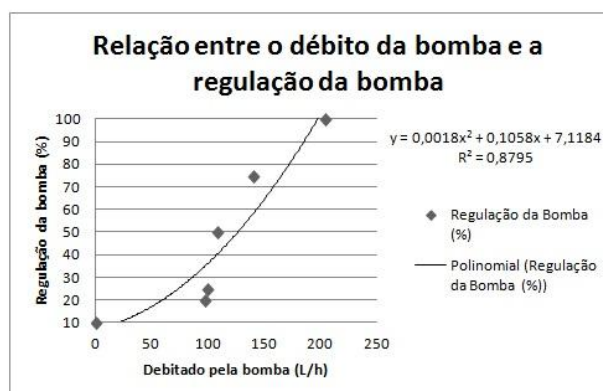


Figura 0-5 - Folha de cálculo com a relação entre o débito da bomba (L/h) de floculante e a regulação respetiva (%).