



MAPEAMENTO E CARATERIZAÇÃO DOS FLUXOS AFLUENTES À ETARI PARA POSTERIOR MELHORIA DE PROCESSO E INFRAESTRUTURAS

AMÉLIA SERRA PINHO

julho de 2019

MAPEAMENTO E CARATERIZAÇÃO DOS FLUXOS AFLUENTES À ETARI PARA POSTERIOR MELHORIA DE PROCESSO E INFRAESTRUTURAS

Amélia Serra Pinho
1150073

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

MAPEAMENTO E CARATERIZAÇÃO DOS FLUXOS AFLUENTES À ETARI PARA POSTERIOR MELHORIA DE PROCESSO E INFRAESTRUTURAS

Amélia Serra Pinho
1150073

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação de Leonardo Ribeiro

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutoramento, Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutoramento, Leonardo José da Silva Ribeiro
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Licenciatura, Helena Rafaela Ramos
Responsável de Ambiente, Colep Portugal S.A.

Arguente

Doutoramento, Adélio Manuel de Sousa Cavadas
Professor Auxiliar Convidado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Este trabalho, representa o ponto final de um desafio académico a que me propus, que me proporcionou crescimento tanto pessoal quanto profissional. No entanto, a realização do presente trabalho não seria possível sem o apoio de diversas pessoas a quem gostaria de expressar o meu agradecimento.

Agradeço à Colep, pela oportunidade concedida, assim como a todos os envolvidos no desenvolvimento do trabalho.

Ao Engenheiro Leonardo Ribeiro, agradeço toda a disponibilidade, atenção e tempo que generosamente me dedicou. Obrigada pelos seus conselhos e análise crítica de todo o trabalho.

Aos meus pais, irmãos e amigos que durante este período contribuíram com motivação para terminar mais esta etapa da minha vida.

Um muito obrigada a todos.

PALAVRAS CHAVE

Águas residuais, identificação e caracterização fluxos, tratamento de efluentes, indústria, ETARI, estação de tratamento de águas residuais, CQO, coagulação/floculação, eficiências de remoção.

RESUMO

O presente trabalho resulta de um desafio proposto pela unidade de enchimento da Colep Portugal, em meio industrial, um setor que necessita de água para diversas utilizações, originando consideráveis quantidades de águas residuais, necessitando parte delas, de um tratamento prévio à descarga em coletor municipal, tratamento esse realizado na Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI) da Colep.

O foco do trabalho incidiu no mapeamento todos os fluxos gerados na empresa, incluindo dos que afluem à ETARI, através de amostragens que permitiram a sua caracterização, com base na qual foi decidida a sua gestão.

Paralelamente, estudou-se a eficiência do processo de tratamento implementado na ETARI, baseado essencialmente num processo físico-químico. O acompanhamento do processo permitiu inferir várias oportunidades de melhoria, algumas delas já implementadas, outras serão implementadas a curto prazo.

A segregação de fluxos proposta resultaria numa diminuição de cerca de 60% do volume afluente à ETARI, permitindo um melhor controlo do processo de tratamento e aumentando a sua eficiência.

KEYWORDS

Wastewater, flows identification and characterization, effluent treatment, industry, WWTP, wastewater treatment plant, COD, coagulation / flocculation, removal efficiencies

ABSTRACT

The present work came from a challenge proposed by the Colep Portugal filling unit in an industrial environment, a sector that requires water for various uses, causing considerable amounts of wastewater, requiring some of them, a treatment prior to discharging into a municipal collector, treatment carried out at the Industrial Wastewater Treatment Plant (IWWTP) of Colep.

The work focused on the mapping of all the flows generated in the company, including those that flow to the IWWTP, through samplings that allowed its characterization, based on which it was decided the flow management.

At the same time, the efficiency of the treatment process implemented in the IWWTP, based essentially on a physical-chemical process, was studied. The monitoring of the process allowed to infer several opportunities for improvement, some of them already implemented, others will be implemented in the short term.

The proposed segregation of fluxes would result in a decrease of about 60% in the volume affluent to the IWWTP, allowing a better control of the treatment process and increasing its efficiency.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AR	Águas residuais
ARD	Águas Residuais Domésticas
ARI	Águas Residuais Industriais
ARU	Águas Residuais Urbanas
CIP	<i>Cleaning In Place</i>
CTP	<i>Computer To Plate</i>
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CBO ₅	Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias
CQ	Controlo de Qualidade
CQO	Carência Química de Oxigénio
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ETARI	Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais
IWWTP	<i>Industrial Wastewater Treatment Plant</i>
OD	Oxigénio dissolvido
P	Pressão
PIG	<i>Pipeline Inspection Gadget</i>
UV	Ultravioleta

Lista de Unidades

°C	Grau Celsius
€/dia	Euros por dia
€/Kg	Euros por quilograma
€/ano	Euros por ano
€/m ³ efluente tratado	Euros por metro cúbico de efluente tratado
μm	Micrómetro
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
cm ³	Centímetro cúbico
h	Hora

Kg	Quilograma
Kg/semana	Quilogramas por semana
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt hora
kW/m ³	Quilowatt por metro cúbico
L	Litros
L/d	Litros por dia
L/semana	Litros por semana
m ³	Metros cúbicos
m ³ /dia	Metros cúbicos por dia
m ³ /mês	Metros cúbicos por mês
m ³ /ano	Metros cúbicos por ano
mg/L	Miligramas por litro
mg O ₂ /L	Miligramas de oxigénio por litro
Pa	Pascal
s	Segundo
Ton	Toneladas
Ton/ano	Toneladas por ano
Ton/mês	Toneladas por mês

Lista de Símbolos

σ	Sigma (desvio padrão)
€	Euros
γ	Gama
%	Porcentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Afluente	Fluxo de entrada.
<i>Computer To Plate</i> (CTP)	Tecnologia de imagem que ajuda a transferir uma imagem digital criada em computador, diretamente para uma placa de impressão.
Efluente	Fluxo de saída.
IBC	Contentor usado para armazenar e/ ou transportar mercadorias ou resíduos.
<i>Pigging</i>	Processo em que o <i>Pipeline Inspection Gadget (PIG)</i> é inserido na tubagem com a finalidade de a limpar e/ ou recuperar produto.
<i>Scroll</i>	Processo de corte que visa a otimização do aproveitamento da folha a cortar, minimizando desperdícios.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA DO TRATAMENTO DAS DIFERENTES FASES DAS AR, (ERSAR, 2016).	37
FIGURA 2 – DIFERENTES ZONAS DE UM TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO, (ALVES, 2007).	48
FIGURA 3 – TIPOLOGIA DOS FILTROS, ADAPTADO DE (ERSAR, 2016).	54
FIGURA 4 – VARIAÇÃO DA ENERGIA DE INTERAÇÃO ENTRE AS PARTÍCULAS COM A DISTÂNCIA, (ALVES, 2007).	55
FIGURA 5 – MODELO DA DUPLA CAMADA DE UMA PARTÍCULA COLOIDAL, (ALVES, 2007).	56
FIGURA 6 – FORMAÇÃO DE AGREGADOS POLÍMERO-PARTÍCULAS POR PONTES, (ALVES, 2007).	57
FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM <i>JAR-TEST</i> , (ALVES, 2007).	58
FIGURA 8 – FLOCULADOR MECÂNICO COM RODA DE PÁS: VERTICAL, À ESQUERDA E HORIZONTAL, À DIREITA, (JMS, 2019).	59
FIGURA 9 – FLOCULADOR DE BALANCEIRO, (JMS, 2019).	59
FIGURA 10 - PRESENÇA GLOBAL DA COLEP (COLEP, 2018).	64
FIGURA 11 - PLANTA GERAL DA COLEP.	65
FIGURA 12 - UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS E DIFERENTES ÁREAS QUE A CONSTITUEM EVIDENCIADAS NA PLANTA DA COLEP.	66
FIGURA 13 – FLUXO PRODUTIVO DA UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS	67
FIGURA 14 – FORMATOS DE CORTE DAS BOBINES DE FOLHA DE FLANDRES: À ESQUERDA, CORTE RETO E À DIREITA, CORTE EM <i>SCROLL</i> , (HOLASA, 2019).	67
FIGURA 15 – UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS EVIDENCIADA NA PLANTA DA COLEP.	69
FIGURA 16 – UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS EM DESTAQUE NA PLANTA DA COLEP.	70
FIGURA 17 – FLUXO PROCESSUAL DA UNIDADE DE ENCHIMENTO.	71
FIGURA 18 – ÁREAS COMUNS EM DESTAQUE NA PLANTA DA COLEP.	73
FIGURA 19 – EXEMPLOS DE CONTADORES DE ÁGUA INSTALADOS PELA COLEP.	74
FIGURA 20 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DA COLEP.	74
FIGURA 21 – DIAGRAMA DE FLUXOS DE ÁGUA GLOBAL DA COLEP.	76
FIGURA 22 – DIAGRAMA DE FLUXOS DE ÁGUA DA UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS.	77
FIGURA 23 – <i>JAR-TEST</i> DOS RESÍDUOS EM ESTUDO PARA POSSIBILIDADE DE TRATAMENTO NA ETARI (À ESQUERDA, DAS LAMAS AQUOSAS DO POÇO DE BORRACHA E À DIREITA DOS RESÍDUOS DE LIMPEZA DE SOLUÇÃO AQUOSA).	91
FIGURA 24 – BALANÇO GLOBAL DE FLUXOS.	98
FIGURA 25 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO TRATAMENTO DA ETARI DA COLEP.	104
FIGURA 26 – TANQUE DE RECEÇÃO.	105
FIGURA 27 – TANQUE DE AREJAMENTO.	105
FIGURA 28 – INJETORES DE AR ATMOSFÉRICO EXISTENTES NO TANQUE DE AREJAMENTO.	106
FIGURA 29 – CORROSÃO NO FUNDO E PAREDES DO TANQUE DE RECEÇÃO.	106
FIGURA 30 – CORROSÃO NUMA DAS PAREDES DO TANQUE DE AREJAMENTO.	107
FIGURA 31 – INFILTRAÇÃO NA PAREDE ENTRE OS TANQUES DE RECEÇÃO E AREJAMENTO.	107

FIGURA 32 – FLOTADOR/RASPADOR.	109
FIGURA 33 – FLOCULADORES.	109
FIGURA 34 – DECANTADOR.	110
FIGURA 35 – DESCARREGADORES EM “V” EM DECANTADOR CIRCULAR (DAVIS, ET AL., 2013).	110
FIGURA 36 – TANQUE DE ALIMENTAÇÃO AOS FILTROS DE AREIA.	111
FIGURA 37 – FILTROS DE AREIA.	111
FIGURA 38 – TANQUE DE EFLUENTE TRATADO.	112
FIGURA 39 – TANQUE DE ALIMENTAÇÃO AO FILTRO PRENSA (POÇO DE MISTURA DE LAMAS).	112
FIGURA 40 – FILTRO PRENSA.	113
FIGURA 41 – SECADOR DE LAMAS.	113
FIGURA 42 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIABILIDADE DE CQO À ENTRADA DA ETARI.	116
FIGURA 43 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA VARIÂNCIA DE VOLUMES AFLUENTES E EFLUENTES DA ETARI.	117
FIGURA 44 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO ENERGÉTICO DE UMA DESCARGA DO FILTRO PRENSA.	123
FIGURA 45 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO ENERGÉTICO DE DUAS DESCARGAS DA PRENSA.	124
FIGURA 46 – CAPTURA DE ECRÃ DO FICHEIRO DE INDICADORES DE TRATAMENTO DA ETARI.	169

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – DIFERENTES NÍVEIS DE TRATAMENTO, (METCALF & EDDY, 2003).	38
TABELA 2 – OPERAÇÕES E PROCESSOS DE TRATAMENTO POR NÍVEL DE TRATAMENTO, ADAPTADO DE (ERSAR, 2016).	41
TABELA 3 – PROBLEMAS MAIS FREQUENTES EM TANQUES DE EQUALIZAÇÃO E RESPECTIVAS SOLUÇÕES, ADAPTADO DE (SPELLMAN, 2003).	45
TABELA 4 – TIPOS DE SEDIMENTAÇÃO, (ALVES, 2007), (ERSAR, 2016).	47
TABELA 5 – CARATERÍSTICAS DAS BOLHAS DE AR FORMADAS EM FUNÇÃO DO TIPO DE FLOTAÇÃO, ADAPTADO DE (RAMIREZ, 1979).	50
TABELA 6 – TIPOS DE AREJAMENTO E APLICAÇÕES, ADAPTADO DE (METCALF & EDDY, 2003).	52
TABELA 7 – DIFERENTES CATEGORIAS DE PRODUTOS E ÁREAS A QUE PERTENCEM.	71
TABELA 8 – LINHAS DE ENCHIMENTO E RESPECTIVA DEDICAÇÃO POR ÁREA E CATEGORIA DE PRODUTO.	72
TABELA 9 – ETAPAS DO PROCEDIMENTO DE LAVAGEM ENTRE ORDENS DE PRODUÇÃO POR LINHA E CATEGORIA DE PRODUTO.	82
TABELA 10 - ETAPAS DO PROCEDIMENTO DE LAVAGEM ENTRE PRODUTOS ATIVOS POR FORMULAÇÃO E CATEGORIA DE PRODUTO.	83
TABELA 11 – CRITÉRIOS PARA GESTÃO DE FLUXOS AFLUENTES À ETARI	84
TABELA 12 – CARATERIZAÇÃO FLUXOS ORIGINADOS NA UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS E UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS.	84
TABELA 13 – CARATERIZAÇÃO DAS ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA DAS LINHAS DE ENCHIMENTO.	86
TABELA 14 – CARATERIZAÇÃO DAS ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA DA FORMULAÇÃO.	88
TABELA 15 – CARATERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORIGINADOS NO LABORATÓRIO DE CONTROLO DE QUALIDADE.	90
TABELA 16 – CARATERIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM ESTUDO PARA POSSIBILIDADE DE TRATAMENTO NA ETARI.	90
TABELA 17 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO SOBRENADANTE DO JAR-TEST ILUSTRADO NA FIGURA 23.	91
TABELA 18 – QUANTIDADES PRODUZIDAS EM 2017 E 2018 DE RESÍDUOS DE LAVAGENS DE PRODUTOS AQUOSOS: GEL/ ESPUMA/ LOÇÃO (LER 16 03 06).	92
TABELA 19 - ESTIMATIVA VOLUMES ENVIADOS PARA COLETOR MUNICIPAL, ETARI E TRATAMENTO EXTERNO PELAS LINHAS DE ENCHIMENTO COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA.	93
TABELA 20 – VARIAÇÃO DE VOLUMES E CUSTOS ASSOCIADOS ÀS LINHAS DE ENCHIMENTO.	94
TABELA 21 – ESTIMATIVA DE VOLUMES ENVIADOS PARA COLETOR MUNICIPAL, ETARI E TRATAMENTO EXTERNO PELA ÁREA DA FORMULAÇÃO COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA.	95
TABELA 22 – VARIAÇÃO DE VOLUMES E CUSTOS COM A SEGREGAÇÃO PROPOSTA PARA A ÁREA DA FORMULAÇÃO.	96
TABELA 23 – BALANÇO GLOBAL DE VOLUMES.	97
TABELA 24 – AVALIAÇÃO GLOBAL DE CUSTOS COM BASE NO BALANÇO GLOBAL DE FLUXOS.	99
TABELA 25 – ESTIMATIVA DO VOLUME DO EVENTUAL TANQUE DE RETENÇÃO PRÉVIO AO COLETOR MUNICIPAL.	100

TABELA 26 – VALORES LIMITE DE EMISSÃO IMPOSTOS PELA CMVC PARA DESCARGA DO EFLUENTE EM COLETOR MUNICIPAL	103
TABELA 27 – VARIABILIDADE DE CQO NA ENTRADA DA ETARI, REMOÇÃO MÉDIA MENSAL DE CQO E VOLUMES MÉDIOS AFLUENTES E EFLUENTES À ETARI.	116
TABELA 28 – EFICIÊNCIA DAS DIFERENTES ETAPAS DO TRATAMENTO IMPLEMENTADO NA ETARI.	119
TABELA 29 – ESTUDO DO CONSUMO ENERGÉTICO DE UMA DESCARGA DO FILTRO PRENSA.	123
TABELA 30 – CONSUMO ENERGÉTICO DE DUAS DESCARGAS DO FILTRO PRENSA.	124
TABELA 31 – VOLUMES MÉDIOS MENSAIS E ANUAIS DE AFLUENTE E EFLUENTE DA ETARI.	125
TABELA 32 - CUSTOS ASSOCIADOS AO TRATAMENTO REALIZADO NA ETARI.	126
TABELA 33 - RESULTADOS AMOSTRAGENS DECANTADOR ÓLEOS (2017).	141
TABELA 34 - RESULTADOS AMOSTRAGENS DECANTADOR ÓLEOS (2018).	141
TABELA 35 – ALGUNS VALORES REGISTRADOS DE CQO NA ENTRADA DA ETARI E REMOÇÃO DE CQO RESPETIVA.	166
TABELA 36 – VOLUMES MENSAIS DE AFLUENTE E EFLUENTE DA ETARI.	171
TABELA 37 – CONSUMOS E CUSTOS DE REAGENTES DA ETARI EM 2017 E 2018.	171

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	27
1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS.....	27
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	29
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ÁGUAS RESIDUAIS	33
2.1 TIPOLOGIA DE ÁGUAS RESIDUAIS	33
2.2 CARATERIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS.....	33
2.3 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS.....	36
2.3.1 GRADAGEM E TAMISAÇÃO	42
2.3.2 EQUALIZAÇÃO	42
2.3.3 MISTURA	45
2.3.4 SEDIMENTAÇÃO/DECANTAÇÃO	46
2.3.5 DESARENAÇÃO	48
2.3.6 FLOTAÇÃO	49
2.3.7 AREJAMENTO	50
2.3.8 FILTRAÇÃO	53
2.3.9 COAGULAÇÃO	54
2.3.10 FLOCULAÇÃO	58
2.3.11 PRECIPITAÇÃO QUÍMICA	60
2.3.12 DESINFEÇÃO	60
3 MAPEAMENTO E CARATERIZAÇÃO DE FLUXOS	63
3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	63
3.2 DIFERENTES UNIDADES FABRIS E PROCESSOS PRODUTIVOS.....	64
3.2.1 UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS	66
3.2.2 UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS	68
3.2.3 UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS	70
3.2.4 ÁREAS COMUNS	72
3.3 LEVANTAMENTO FLUXOS AFLUENTES À ETARI.....	73
3.3.1 UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS	78
3.3.2 UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS	78
3.3.3 UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS	78
3.3.4 ÁREAS COMUNS	79

3.4 METODOLOGIA DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS	80
3.4.1 UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS	80
3.4.2 UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS	81
3.4.3 UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS	81
3.5 CARATERIZAÇÃO E PROPOSTA DE GESTÃO DOS FLUXOS CARATERIZADOS.....	84
3.5.1 UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS E UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS	84
3.5.2 UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS	85
3.6 ANÁLISE DE POSSIBILIDADE DE TRATAMENTO NA ETARI	90
3.7 ANÁLISE DE VOLUMES E CUSTOS COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA	92
4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA COLEP	103
4.1 LEVANTAMENTO DE ESTRUTURAS E DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO ATUALMENTE IMPLEMENTADO	104
4.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO IMPLEMENTADO	114
4.3 ESTUDO CONSUMO ENERGÉTICO E EFICIÊNCIA SECAGEM LAMAS	122
4.4 ANÁLISE DE CUSTOS DO TRATAMENTO POR VOLUME DE EFLUENTE TRATADO	125
4.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIA	127
5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	131
5.1 CONCLUSÕES.....	131
5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	132
6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	135
7 ANEXOS	141
7.1 ANEXO A: RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS AO DECANTADOR DE ÓLEOS POR LABORATÓRIO ACREDITADO EXTERNO.....	141
7.2 ANEXO B: PROCEDIMENTO UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DE CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO.....	142
7.3 ANEXO C: LUP LINHAS DE ENCHIMENTO COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA.....	158
7.4 ANEXO D: LUP FORMULAÇÃO ATUALMENTE EM VIGOR.....	159
7.5 ANEXO E: LUP FORMULAÇÃO COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA.....	160

7.6 ANEXO F: FICHAS TÉCNICAS OU DE PRODUTO DE REAGENTES DA ETARI	161
7.7 ANEXO G: OUTROS DADOS DE DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DA ETARI	164
7.8 ANEXO H: RESULTADOS DE VÁRIAS AMOSTRAGENS NOS TRÊS PONTOS DE CONTROLO DO TRATAMENTO DA ETARI.....	166
7.9 ANEXO I: FICHEIRO DE INDICADORES DO TRATAMENTO DA ETARI	169
7.10 ANEXO J: LISTA DE VERIFICAÇÃO DE PONTOS CHAVE OPERACIONAIS DO TRATAMENTO DA ETARI.....	170
7.11 ANEXO K: VOLUMES MENSAIS DE AFLUENTE E EFLUENTE DA ETARI	171
7.12 ANEXO L: CUSTOS ASSOCIADOS AO CONSUMO ANUAL DE REAGENTES DA ETARI.....	171

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular para conclusão do mestrado em Engenharia Mecânica, Ramo de Energia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, tendo decorrido em ambiente industrial, nas instalações da Colep Portugal, sediada em Vale de Cambra, decorrendo entre 23 de Abril de 2018 e 22 de Janeiro de 2019 – 9 meses de duração.

1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

A água é um recurso natural, imprescindível à vida, tendo desempenhado um papel importantíssimo no desenvolvimento das sociedades e atividades económicas, sendo o abastecimento público, a produção de alimentos ou processos industriais, alguns exemplos da sua utilização, (Leitão, et al., 1996), (Granjeiro, 2009).

Todas as populações produzem resíduos líquidos e sólidos e emissões atmosféricas. Os resíduos líquidos, designados águas residuais (AR), resultam do abastecimento de água à comunidade, depois de terem sido usados numa variedade de aplicações. Podem, então, ser definidas como uma combinação dos resíduos líquidos ou sólidos arrastados pela água, removidos de residências, instituições e estabelecimentos comerciais e industriais, juntamente com águas subterrâneas, águas superficiais e águas pluviais que possam estar presentes, (METCALF & EDDY, 2003).

Quando águas residuais não tratadas se acumulam, podem tornar-se sépticas, devido à decomposição da matéria orgânica, produzindo gases de odor desagradável. Além disso, as águas residuais não tratadas podem conter microrganismos patogénicos que habitam no intestino humano, ou ainda nutrientes que podem estimular o crescimento de plantas aquáticas. Podem também conter compostos tóxicos ou potencialmente mutagénicos ou carcinogénicos, (METCALF & EDDY, 2003).

Por estas razões, a remoção imediata de resíduos de águas residuais das suas fontes de geração, seguida de tratamento, reutilização ou dispersão no ambiente é necessária para proteger a saúde pública e o meio ambiente, (METCALF & EDDY, 2003).

Nos últimos anos, tem sido evidente a preocupação com questões ambientais, particularmente as relacionadas com a escassez da água e a sua qualidade, tornando-se imperativa a gestão deste recurso, assim como a sua reutilização e preservação. Nesse sentido, desenvolveram-se normas de qualidade e descarga de águas residuais no meio recetor, minimizando o impacte ambiental, o que resultou num aumento de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) nas diversas áreas, incluindo a área industrial, (Medeiros, 2004), (Santiago, 1998).

O setor industrial, representa uma atividade em que a utilização de água é muito significativa devido às diferenciadas utilizações, desde utilização direta no processo industrial ou incorporação aos produtos, sistemas de refrigeração e produção de vapor, limpeza de máquinas, equipamentos, tubagens, pisos, utilização sanitária, etc., originando elevadas quantidades de águas residuais, (Giordano, 2004).

Caso as águas residuais, domésticas ou industriais, não reúnam condições para serem descarregadas diretamente no meio recetor, é impreterível o seu tratamento. Especificamente, as águas residuais industriais, terão, na maioria dos casos, obrigatoriamente de ser sujeitas a um pré-tratamento, numa Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI), antes de serem encaminhadas para os coletores municipais de águas residuais, segundo a legislação definida, variável consoante a atividade, tendo como destino, a ETAR do município, (Jesus, 2014).

É de todo vantajoso, proceder à análise dos fluxos gerados numa indústria, com o propósito de quantificá-los, tomar conhecimento da sua gestão e a partir daí averiguar oportunidades de melhoria e valorização, sendo, portanto, necessário analisar separadamente cada fluxo identificado.

Assim, os **objetivos deste trabalho** consistem:

- no mapeamento e caracterização dos fluxos efluentes gerados na empresa e que afluem à ETARI, inferindo sobre o encaminhamento dos mesmos para o tratamento mais adequado;
- na avaliação do desempenho da ETARI que, com aproximadamente 30 anos de existência, tem apresentado dificuldades no tratamento do afluente. Pretende-se com este estudo identificação de possíveis melhorias de otimização do processo e infraestruturas de tratamento da ETARI de forma a garantir o cumprimento dos parâmetros para descarga do efluente tratado no coletor da ETAR municipal.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação apresenta-se estruturada em 7 capítulos.

O capítulo 1, faz uma introdução, assim como um enquadramento breve do tema e exposição dos objetivos e estrutura do trabalho.

O capítulo 2 é exclusivamente dedicado à revisão bibliográfica do tratamento de águas residuais, contendo aspetos importantes para a caracterização de águas residuais, assim como a descrição de várias etapas (operações e processos unitários) que podem constar do processo de tratamento de águas residuais.

No capítulo 3, apresenta-se, resumidamente, a empresa onde decorreu o estágio, as suas diferentes unidades produtivas e respetivos processos produtivos. Além disso, é apresentado o levantamento de fluxos, assim como a metodologia das amostragens realizadas, que permitiram a posterior caracterização e proposta de gestão dos fluxos identificados e caracterizados. No final do capítulo, é realizada ainda uma análise de custos relacionada com a proposta de gestão de fluxos apresentada.

No capítulo 4, procede-se a uma descrição detalhada do processo de tratamento da ETARI da Colep, bem como das estruturas envolvidas. Contém ainda a avaliação da eficiência do processo implementado na ETARI, quer da fase líquida quer da sólida, assim como uma análise de custos envolvidos no tratamento.

O capítulo 5 diz respeito às conclusões do trabalho desenvolvido, apresentando-se também algumas propostas de trabalho futuro.

No capítulo 6 são apresentadas as referências bibliográficas consultadas para a elaboração e redação do presente trabalho.

O capítulo 7, último, mas também com a sua importância, contém vários documentos ou tabelas com dados relevantes para o trabalho.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TIPOLOGIA DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.2 CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.3 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ÁGUAS RESIDUAIS

2.1 TIPOLOGIA DE ÁGUAS RESIDUAIS

As águas residuais (AR) podem ser catalogadas em três tipos, em conformidade com as definições dos devidos diplomas legais, concretamente o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, (DL nº 236/98, 1998):

- Águas residuais domésticas (ARD) – as águas residuais de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de atividades domésticas;
- Águas residuais industriais (ARI) – as águas residuais provenientes de qualquer tipo de atividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais;
- Águas residuais urbanas (ARU) – as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e/ou com águas pluviais.

Poderão ainda considerar-se as águas pluviais como outro tipo de águas residuais, sendo estas constituídas somente pelas escorrências originadas pela precipitação.

2.2 CARATERIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

As AR podem caraterizar-se em termos físicos, químicos e biológicos. Não se pretende uma abordagem exaustiva de todos os componentes que poderão estar presentes nas AR, nem de todos os parâmetros que podem ser utilizados para as caracterizá-los, mas somente identificar os parâmetros mais importantes e utilizados na análise da eficiência do tratamento de AR.

As **características físicas** mais importantes das AR são o seu conteúdo total de sólidos, turbidez, odor, cor, temperatura, condutibilidade, densidade e peso específico, (METCALF & EDDY, 2003).

De todas as mencionadas, apresentam maior relevância, a temperatura e o teor de sólidos, uma vez que a temperatura tem impacto nas reações químicas e atividade biológica e ainda na concentração de gases dissolvidos, enquanto o teor de sólidos, tem influência na operação e dimensionamento das unidades de tratamento, (METCALF & EDDY, 2003), (ERSAR, 2016).

A solubilidade dos gases na água, diminui com o aumento da temperatura, consequentemente diminuindo a concentração de oxigénio dissolvido, e provocando o decréscimo da eficiência dos processos aeróbios do tratamento de AR, (ERSAR, 2016)

Os **constituintes químicos** das AR são classificados, normalmente, como matéria inorgânica e orgânica, (METCALF & EDDY, 2003).

Constituintes químicos inorgânicos de interesse incluem metais pesados, nutrientes (como o nitrogénio e fósforo), pH, alcalinidade, cloretos, enxofre e outros poluentes inorgânicos. Gases como dióxido de carbono, nitrogénio, oxigénio, sulfureto de hidrogénio e metano também podem estar presentes numa AR, (METCALF & EDDY, 2003).

De todos os parâmetros mencionados, têm especial importância o pH e a concentração de oxigénio. O pH é um parâmetro com muita importância, dado influenciar muitas reações relevantes no tratamento de AR, nomeadamente as reações químicas e biológicas, (ERSAR, 2016).

A concentração de oxigénio dissolvido reflete o nível de poluição da água. Uma água sem poluição, possui concentração elevada de oxigénio dissolvido, contrariamente a uma água poluída, como as AR sem tratamento, que quase não possuem oxigénio dissolvido, pois todo o oxigénio que se dissolve é consumido na degradação da matéria orgânica existente na AR. A solubilidade do oxigénio (gás) na água tem dependência da temperatura, tal como referido anteriormente, mas também da pressão atmosférica, da salinidade da água e dos poluentes existentes, aumentando quando a temperatura e a salinidade diminuem, (ERSAR, 2016).

A matéria orgânica pode incluir hidratos de carbono, óleos e gorduras, tensoativos, proteínas, pesticidas e outros produtos químicos agrícolas, compostos orgânicos voláteis e outros produtos químicos tóxicos (domésticos e industriais). (Lin, 2007)

A matéria orgânica é, na sua grande maioria, passível de sofrer biodegradação, cujo processo consiste na conversão dos compostos orgânicos em compostos inorgânicos ou minerais, através da ação de microrganismos. Este processo pode ser aeróbio, anóxico ou anaeróbio, (ERSAR, 2016).

Ao longo dos anos, vários parâmetros e métodos diferentes foram desenvolvidos para quantificar a matéria orgânica em AR, (METCALF & EDDY, 2003).

O parâmetro mais amplamente utilizado nesta quantificação, é a Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO), que envolve a medição do oxigénio dissolvido usado por microrganismos, na oxidação bioquímica de matéria orgânica, normalmente, ao fim de 5 dias, CBO_5 , (METCALF & EDDY, 2003).

A Carência Química de Oxigénio (CQO), é uma medida do oxigénio dissolvido consumido, na oxidação química da matéria orgânica pelos microrganismos, na presença de um oxidante químico forte como o dicromato de potássio, (METCALF & EDDY, 2003).

Para uma mesma AR, os valores de CQO são tipicamente superiores aos de CBO_5 , dado que o dicromato de potássio oxida quimicamente toda a matéria orgânica biodegradável e não degradável, (ERSAR, 2016).

Após o estabelecimento da relação entre o CBO_5 e CQO, a análise de CQO é útil para o controlo e monitorização de processos de tratamento de AR, já que leva apenas 3 a 4 horas, em vez dos 5 dias da análise de CBO, para a obtenção de dados, (Lin, 2007).

O processo de tratamento mais acertado para uma AR é influenciado pela quantificação da biodegradabilidade da matéria orgânica (Sperling, 2007), que pode ser avaliada expeditamente pela razão CBO_5/CQO . Dependendo do valor da razão referida, é possível inferir sobre a biodegradabilidade de AR, (ERSAR, 2016):

- CBO/CQO maior que 0,5 (elevada), alta fração biodegradável, sugerindo aplicação adequada de tratamento biológico;
- CBO/CQO entre 0,3 a 0,5 (intermédia), alta fração inerte ou não biodegradável, indicando a necessidade de estudos de determinação de viabilidade de aplicação de tratamento biológico;
- CBO/CQO menor que 0,3 (baixa), alta fração não biodegradável, indicando possível aplicação de tratamento físico-químico.

Óleos e gorduras apresentam biodegradabilidade geralmente baixa, e a sua presença em quantidade elevada vulnerabiliza os órgãos da ETAR, na medida em que poderá provocar entupimento de canalizações ou interferir com a atividade dos microrganismos do tratamento biológico, exigindo, portanto, a utilização de operações específicas como a flotação assim como de determinados reagentes químicos. Podem ainda ser a origem de escumas, ou contribuir para a formação de lamas, (ERSAR, 2016).

As **substâncias tensioativas**, compostos orgânicos sintéticos, são responsáveis pela formação de espumas superficiais densas, para além de dificultarem a dissolução do oxigénio na AR e contrariarem a sedimentação em tratamentos de lamas ativadas, (ERSAR, 2016).

O **efeito de espuma**, mais que nas unidades de tratamento de AR, torna-se desagradável e prejudicial nos cursos de água e nos serviços de abastecimento público. Normalmente, os tratamentos convencionais têm pouca eficiência na remoção de detergentes duros. No entanto, pode esperar-se uma remoção de perto de metade dessas substâncias tensioativas nas unidades de tratamento por lamas ativadas. A formação pode ser tornada mais eficiente quando se provoca deliberadamente a formação de espuma, que é então removida e destruída ou recuperada, (Imhoff, et al., 2002).

A **formação de espuma** abundante nos tanques de arejamento de unidades de tratamento biológicas pode ser combatida principalmente por chuveiros de água, (Imhoff, et al., 2002).

As **características biológicas** das águas residuais são de fundamental importância no controlo de doenças causadas por organismos patogénicos de origem humana bem como pela importância da função desempenhada por bactérias e outros microrganismos na decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como em unidades de tratamento de AR, (METCALF & EDDY, 2003).

Os dois parâmetros primordiais e fundamentais para o correto dimensionamento e funcionamento de uma unidade de tratamento, ETAR, são o caudal afluente e a quantidade de carga poluente, (APA, 2008).

2.3 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

O tratamento de águas residuais (AR) data dos primeiros anos do século XX, podendo considerar-se relativamente recente dado ter pouco mais de 100 anos, sendo a estação de tratamento de águas de residuais (ETAR) de Stahnsford, na Alemanha, um exemplo das primeiras a entrar em operação. Müller 1907 citado por (Wiesmann, et al., 2007)

Em Portugal, terá sido em Braga, a primeira ETAR a operar, iniciando funcionamento em 1937, (ERSAR, 2016).

O tratamento das AR brutas afluentes a uma ETAR origina, para além do pretendido efluente líquido tratado, resíduos sólidos como as lamas e gradados, ou resíduos gasosos como o biogás, sendo necessário tratamento que promova a estabilização das suas características danosas quer ao ambiente quer à saúde pública, prévio à sua

deposição em destino final ou eventual aproveitamento numa utilização representativa de benefício social e ambiental. Portanto, o tratamento de AR engloba o tratamento de uma fase líquida, o tratamento da fase sólida separada da anterior fase líquida e, ainda, o tratamento de uma fase gasosa, constituída por gases originados no tratamento da fase sólida ou de algumas ETAR com odores intensos e perigosos, (ERSAR, 2016).

As AR que chegam às ETAR podem ter composições distintas, o que implica a aplicação de tratamentos constituídos por etapas diferentes, adequadas ao tipo de AR a tratar. Cada etapa poderá ser uma operação unitária, se assentar em princípios físicos, ou um processo unitário, caso se baseie em princípios químicos ou biológicos, (Alves, 2007).

O cenário de tratamento mais frequente é o de mistura de ARD e ARI, o que exige a adaptação do sistema de tratamento às características das AR afluentes, principalmente das ARI, uma vez que estas apresentam maior variabilidade de composição, relacionada com o tipo de indústria proveniente, (APA, 2008).

Em função dos requisitos impostos para a qualidade do efluente da ETAR (consoante a sensibilidade do meio recetor ou a reutilização do efluente), o conjunto de etapas de tratamento varia de complexidade, sendo possível distinguirem-se 5 níveis de tratamento de AR, denominados por: tratamento preliminar; tratamento primário; tratamento secundário; tratamento terciário; tratamento avançado. Os diferentes níveis de tratamento bem como produtos resultantes e destino final, encontram-se esquematizados na Figura 1, (ERSAR, 2016) enquanto a Tabela 1, apresenta uma descrição de cada nível de tratamento.

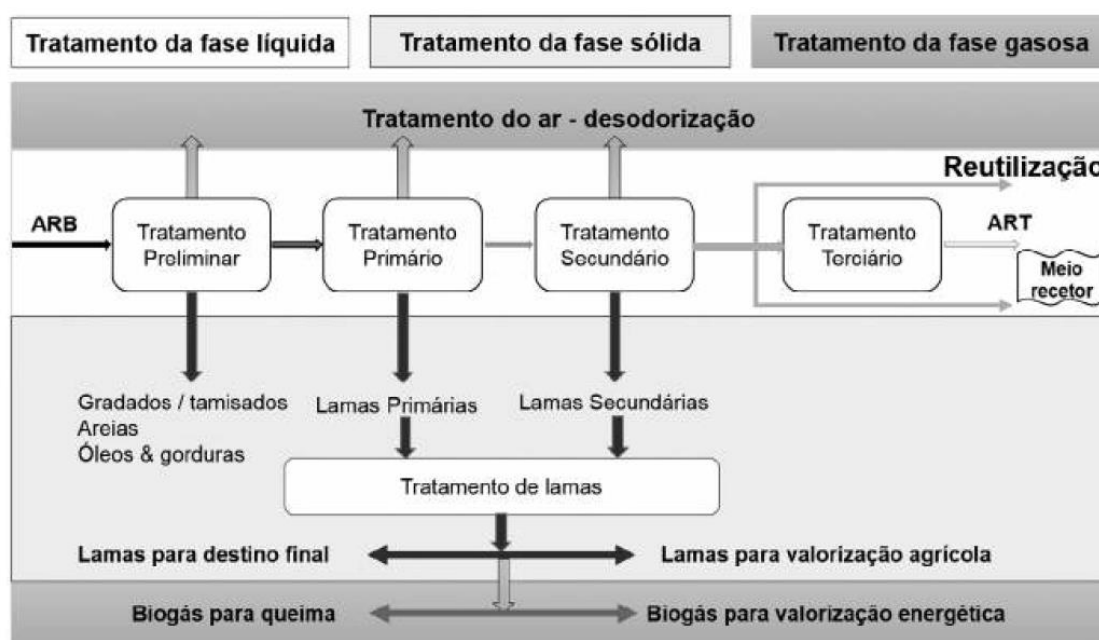


Figura 1 – Esquema do tratamento das diferentes fases das AR, (ERSAR, 2016).

Tabela 1 – Diferentes níveis de tratamento, (METCALF & EDDY, 2003).

Nível de tratamento	Descrição
Preliminar	Remoção de constituintes de águas residuais, tais como panos, bastões, objetos/resíduos flutuadores ou gorduras, que podem causar problemas de manutenção ou operacionais nas estruturas ou processos de tratamento.
Primário	Remoção de uma parte dos sólidos suspensos e matéria orgânica do efluente.
Primário Avançado	Remoção aprimorada de sólidos suspensos e matéria orgânica das águas residuais. Normalmente realizado por adição química ou filtração.
Secundário	Remoção de matéria orgânica biodegradável (em solução ou suspensão) e sólidos suspensos. A desinfecção também é tipicamente incluída na definição de tratamento secundário convencional.
Secundário com remoção de nutrientes	Remoção de orgânicos biodegradáveis, sólidos suspensos e nutrientes de remoção de nutrientes (azoto, fósforo ou ambos, azoto e fósforo).
Terciário	Remoção de sólidos residuais em suspensão (após tratamento secundário), geralmente por filtração de meio granular ou microscópios. A desinfecção é também tipicamente uma parte do tratamento terciário. A remoção de nutrientes é frequentemente incluído nesta definição.
Avançado	Remoção de materiais dissolvidos e suspensos remanescentes após o tratamento biológico normal quando necessário para várias aplicações de reutilização de água.

O tratamento preliminar é, muitas vezes, confundido com o pré-tratamento, sendo este último termo reservado para o tratamento de ARI realizado nas indústrias, prévio à descarga na rede de saneamento de ARU (coletor municipal), (ERSAR, 2016).

As indústrias localizadas em aglomerado urbano não podem efetuar descargas livres no coletor municipal, exceto se as AR apresentarem biodegradabilidade equiparável à ARD. Sempre que as ARI não se assemelhem às ARD, deverão sofrer um pré-tratamento antes de serem encaminhadas para descarga em coletor municipal, garantindo que, (ERSAR, 2016):

- A saúde das pessoas a trabalhar nos sistemas coletores e nas estações de tratamento não é colocada em risco;

- As estruturas e equipamentos da ETAR não sejam danificados, assim como o seu funcionamento e tratamento não seja dificultado;
- As lamas possam ser depositadas de forma segura e ecologicamente admissível.

A ligação de um coletor industrial a um coletor municipal, necessita de uma autorização, que dependerá do tipo de ARI. O estabelecimento de regulamentação para descarga de AR em coletor municipal é da competência da entidade gestora da ETAR, (ERSAR, 2016).

A composição das AR industriais varia de acordo com a função e atividade da indústria em particular, podendo ainda variar em determinados períodos temporais. Devido a esta variabilidade, é frequentemente complexo definir condições típicas de operação para atividades industriais, (METCALF & EDDY, 2003).

De acordo com (Imhoff, et al., 2002), existem diferentes particularidades associadas às águas residuais produzidas em cada tipo de indústria. No caso da indústria química, o problema é de difícil solução, devido à variabilidade da produção. Devem separar-se as águas menos contaminadas das mais concentradas em poluentes, devendo estas últimas ser pré-tratadas quando for possível recuperar subprodutos ou quando forem tóxicas. Aplicam-se principalmente processos de tratamento físico-químicos e a carga residual é frequentemente tratada por processos biológicos. Podem ser necessários tanques de homogeneização, ajuste de pH e adição de nutrientes. Quando ocorrer evaporação de solventes ou libertação de maus odores, é vantajoso empregarem-se estruturas cobertas.

Os constituintes de preocupação encontrados nas AR são removidos por métodos físicos, químicos e biológicos. Os métodos individuais geralmente são classificados como operações unitárias físicas, processos unitários químicos e processos unitários biológicos. Os métodos de tratamento nos quais a aplicação de forças físicas predomina são conhecidos como operações unitárias físicas, dos quais são exemplos a gradagem, mistura, sedimentação e filtração. Aqueles em que a remoção ou conversão de constituintes é realizada pela adição de produtos químicos ou por outras reações químicas são conhecidos como processos unitários químicos, nomeadamente a desinfecção, oxidação e precipitação. Caso a remoção de constituintes seja causada pela atividade biológica, são denominados processos unitários biológicos, usados principalmente para remover os constituintes orgânicos biodegradáveis e nutrientes em AR, sendo o processo de lamas ativadas um exemplo, (METCALF & EDDY, 2003).

Operações e processos unitários ocorrem numa ampla variedade de combinações em diagramas de fluxo de tratamento. De observações práticas, as taxas nas quais as reações e conversões físicas, químicas e biológicas ocorrem são importantes, pois influenciarão o dimensionamento das unidades de tratamento. A taxa a que as reações e conversões ocorrem, e o grau da sua conclusão, é geralmente uma função dos constituintes envolvidos, da temperatura e do tipo de reator (isto é, recipiente ou tanque no qual as reações ocorrem). Portanto, tanto os efeitos da temperatura quanto o tipo de reator são importantes no processo de seleção de processos de tratamento, (METCALF & EDDY, 2003).

A apresentação de cada operação ou processo de tratamento não segue a ordem utilizada na unidade de tratamento de AR, dada a possibilidade da sua inserção em mais do que um nível de tratamento, como é o caso da decantação, que pode ser utilizada nos tratamentos primário, secundário e/ou terciário, (ERSAR, 2016).

A Tabela 2, na página seguinte, apresenta as operações e processos passíveis de ser utilizados em cada nível de tratamento, excluindo o tratamento preliminar, uma vez que este apenas tem como finalidade a remoção de sólidos grosseiros, (ERSAR, 2016).

Tabela 2 – Operações e processos de tratamento por nível de tratamento, adaptado de (ERSAR, 2016).

Tratamento	Operações e processos de tratamento	Classe de constituintes					
		Sólidos em suspensão	Matéria coloidal	Matéria orgânica particulada	Matéria orgânica dissolvida	Compostos vestigiais	Sólidos dissolvidos totais
Primário	Coagulação	✓	✓	✓	✓		✓
	Decantação	✓		✓			
	Flotação	✓		✓			
Secundário	Lamas ativadas	✓		✓	✓		
	Leitos percoladores	✓		✓	✓		
	Discos biológicos	✓		✓	✓		
	Reator de membranas	✓		✓	✓		
	Lagoas de estabilização	✓		✓	✓		
	Leitos de macrófitas	✓		✓	✓		
Terciário	Lamas ativadas				✓		
	Filtros biológicos	✓			✓		
	Reator de membranas	✓			✓	✓	
	Lagoas de macrófitas	✓			✓	✓	
Avançado	Desinfecção						
	Microfiltração	✓	✓	✓			
	Ultrafiltração	✓	✓	✓			
	Flotação	✓	✓	✓			
	Nanofiltração			✓	✓	✓	✓
	Osmose inversa				✓	✓	✓
	Adsorção com carvão ativado				✓	✓	
	Permuta iônica					✓	✓
	Desinfecção				✓		

2.3.1 GRADAGEM E TAMISAÇÃO

A **gradagem** consiste na remoção de sólidos em suspensão e flutuantes de maiores dimensões, como panos, plásticos, protegendo equipamentos a jusante, nomeadamente, bombas, tubagens, válvulas, evitando a interferência na eficiência dos processos de tratamento a jusante. Geralmente é a primeira etapa de tratamento da unidade de AR, incluindo-se no tratamento preliminar, (ERSAR, 2016).

Nesta operação são removidos os gradados, isto é, resíduos como pedras, folhas, plásticos e parte da matéria orgânica. Particularmente em climas frios, óleos e gorduras em abundância podem resultar em problemas de colmatação no equipamento, (METCALF & EDDY, 2003).

A **tamisação** visa remover sólidos de menor dimensão, podendo ser incluída em diferentes níveis de tratamento de AR, (METCALF & EDDY, 2003).

Os tamisados – resíduos removidos na operação – podem ser sólidos de pequena dimensão ou em suspensão e matéria orgânica, dependendo do nível de tratamento de onde resultam, (METCALF & EDDY, 2003).

2.3.2 EQUALIZAÇÃO

A **equalização** tem como finalidade atenuar as variações de caudal assim como de carga poluente, através da retenção das AR em tanques ou bacias, durante um período de tempo normalmente curto. Esta operação permite a otimização da eficiência das operações e processos de tratamento a jusante da unidade de tratamento de AR, possibilitando reduzir a dimensão da unidade e proporcionando as vantagens que se enumeram, (ERSAR, 2016):

- atenuação das variações do caudal afluente às estruturas de tratamento físico-químico ou biológico, principalmente em períodos de chuva e/ou de paragem e arranque de unidades industriais;
- amortecimento de oscilações da carga afluente e, ainda, diluição de eventuais substâncias de difícil tratamento;
- neutralização de variações de pH, pela mistura de diferentes AR, permitindo minimizar o doseamento de reagentes;

- em unidades de tratamento sobrecarregadas com elevados caudais, o que resulta em tempos de retenção nas diferentes estruturas de tratamento, permite recuperação de eficiência.

Os custos relativos à integração da operação de equalização na unidade de tratamento são geralmente baixo face aos benefícios conseguidos. Contudo, esta não é uma operação indispensável em qualquer unidade de tratamento, assumindo particular utilidade naquelas que registam elevada variabilidade de caudal afluente, resultante da entrada de água pluvial na rede e/ou de variações de carga poluente, relacionadas com ARI oriundas de atividade industrial, (ERSAR, 2016).

A equalização é conseguida através de dois métodos: o armazenamento das AR por um período determinado ou a homogeneização por agitação (mecânica ou pneumática), (ERSAR, 2016).

Os tanques de equalização são, normalmente, providos de equipamentos de agitação e arejamento, de forma a garantir a homogeneização da carga poluente, evitando também a sedimentação de sólidos suspensos e o decorrente desenvolvimento de condições anaeróbias, que originam gases nocivos de odor intenso, (ERSAR, 2016).

Estas estruturas podem ser inseridas em série ou em paralelo na unidade de tratamento de AR. No caso de estarem ligadas em paralelo, designam-se por tanque de retenção de excessos, uma vez que, apenas o caudal superior a um valor estabelecido aflui ao tanque. Este tipo de tanque não tem como finalidade a neutralização do pH, mas apenas a homogeneização do caudal e em parte da CBO₅, (ERSAR, 2016).

Um tanque de equalização com nível constante é aquele no qual qualquer variação de caudal afluente repercute no caudal efluente do tanque, sendo aplicável quando se pretende homogeneizar a carga poluente ou neutralizar o pH, e implicando a utilização de outro tanque de equalização, caso se verifiquem grandes variações no caudal afluente, (ERSAR, 2016).

Por outro lado, um tanque de equalização com nível variável possibilita a passagem de efluente de caudal constante, permitindo homogeneização de caudal e carga poluente, (ERSAR, 2016).

A sedimentação dos sólidos suspensos e a formação de condições anaeróbias nestas estruturas são impedidas através de, (ERSAR, 2016):

- equipamentos de arejamento, que podem ser arejadores superficiais de pás rotativas e/ou arejadores de ar difuso de bolha média ou grossa, que também garantem a mistura do afluente;
- controladores de nível, para proteção do equipamento de arejamento e/ou mistura, evitando que funcione a seco;
- raspadores de superfície e de fundo, removendo, respetivamente, escumas e sedimentos.

Se se verificar que a carga poluente das AR é acentuada, podem instalar-se sondas de medição de oxigénio dissolvido (OD), o que permite a adaptação do nível de arejamento à preservação de condições aeróbias no meio, (ERSAR, 2016):

A limpeza do fundo do tanque é facilitada caso este possua inclinação no sentido de jusante, (ERSAR, 2016).

O arejamento é assegurado ou por turbinas de arejamento superficial ou arejadores de ar difuso, evitando o desenvolvimento de condições sépticas nas AR e a consequente libertação de odores, podendo ser dispensado no caso de o tempo de retenção ser inferior a 2h e se a utilização do tanque de equalização for após o tratamento primário. O dimensionamento do equipamento deve ter como base os seguintes critérios, (METCALF & EDDY, 2003):

- fornecimento de ar a taxas entre 0,01 a 0,015 m³/(min.m³) para a manutenção de condições aeróbias;
- variação da potência de agitação para homogeneização de ARU com teor de sólidos suspensos de 210 mg/L entre 0,004 a 0,008 kW/m³.

A capacidade de transferência de oxigénio dos arejadores mecânicos varia de 4 a 6 kg O₂/kW em água limpa e considerando condições padrão, enquanto que em AR, as condições de transferência variam de 1,2 a 2,4 kg O₂/kW. Não obstante, devem considerar-se os valores estabelecidos pelo fornecedor do equipamento de arejamento, (METCALF & EDDY, 2003).

Na Tabela 3, apresentam-se os problemas mais frequentes na operação de tanques de equalização, assim como algumas soluções para a resolução dos mesmos, (ERSAR, 2016).

Tabela 3 – Problemas mais frequentes em tanques de equalização e respetivas soluções, adaptado de (Spellman, 2003).

Problema	Causa possível	Solução
Odores desagradáveis	Formação de condições desagradáveis	Aumentar o arejamento.
Excesso de sedimentos no tanque de equalização	Acumulação de detritos	Aumentar a agitação.
Fornecimento insuficiente de OD em sistemas de arejamento por ar difuso	Colmatação por formação de biofilme	Aumentar o caudal de fornecimento de oxigénio para arejamento.

2.3.3 MISTURA

A operação unitária de mistura consiste na dispersão repentina e uniforme de uma ou várias fases, separadas inicialmente noutra fase, resultando num produto homogéneo e com gradientes de concentração e temperatura baixos. É aplicável a operações e processos unitários de tratamento de AR, tendo como objetivos (ERSAR, 2016):

- A manutenção de partículas em suspensão, por exemplo, em unidades de tratamento biológico de biomassa suspensa;
- A redução de gradientes de concentração e temperatura, por exemplo, na equalização;
- A incorporação de reagentes com a água a tratar, por exemplo no tratamento físico-químico ou na desinfecção.

A mistura de fases é conseguida pela agitação das mesmas, utilizando energia hidráulica, mecânica ou pneumática, (ERSAR, 2016).

Alguma literatura, classifica a operação de mistura de acordo com a agitação, em rápida ou lenta, quantificada pelo gradiente de velocidade. Essa classificação não é considerada neste trabalho, dado a mistura lenta (floculação) não ter o objetivo de uniformizar a mistura, mas sim a agregação de flocos, (ERSAR, 2016).

Contudo, diferencia-se mistura rápida e mistura contínua, conforme o tempo necessário para realizar a operação seja inferior a 30 segundos ou a mesma seja realizada de forma contínua, (ERSAR, 2016).

A **mistura hidráulica** obtém-se pela agitação provocada pelo escoamento turbulento da água, devido a velocidade elevada em condutas, por exemplo. A eficiência deste tipo de mistura depende do caudal, aumentando quando este aumenta, sendo por isso pouco adequada a baixos caudais, uma vez que pode resultar em mistura incompleta e ineficiente. As estruturas de mistura hidráulica introduzem perda de carga elevada no escoamento, (ERSAR, 2016).

A **mistura mecânica** é obtida pela turbulência originada por agitadores mecânicos instalados num tanque, canal ou tubagem. Comparativamente às estruturas de misturas de mistura hidráulica, apresentam menor perda de carga e a sua eficiência não é afetada pelo caudal, (ERSAR, 2016).

Na **mistura pneumática**, a equalização das fases é conseguida pela injeção de um gás na água (Ar comprimido, biogás ou oxigénio) possibilitando a combinação de objetivos do tratamento de AR. A título de exemplo, a injeção de ar ou oxigénio em reatores biológicos de biomassa suspensa assegura dois objetivos: garante o tratamento biológico através da dissolução do gás no líquido ao mesmo tempo que mantém a biomassa em suspensão, pela agitação originada pelo fornecimento do gás comprimido, (ERSAR, 2016).

2.3.4 SEDIMENTAÇÃO/DECANTAÇÃO

A separação por gravidade de sólidos suspensos em AR tem como finalidade a obtenção de um efluente clarificado, pela remoção das partículas através de sedimentação, caso a massa volúmica das partículas seja superior à da AR, ou flotação, caso ocorra o contrário, (ERSAR, 2016).

Consideram-se quatro tipos de sedimentação, cujas características são evidenciadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Tipos de sedimentação, (Alves, 2007), (ERSAR, 2016).

Tipo de sedimentação	Descrição
Tipo I: Sedimentação de partículas discretas	Sedimentação de partículas que não têm tendência a agregar e conservam as suas características físicas iniciais (forma, dimensão e massa volúmica). Velocidade de sedimentação constante e independente da concentração de partículas.
Tipo II: Sedimentação de partículas floculantes	Sedimentação de partículas cujas propriedades físicas se alteram devido à agregação entre elas, originando flocos. Variação da velocidade de sedimentação.
Tipo III: Sedimentação em manto	Sedimentação de partículas floculantes, que aglomeram como um todo (o designado “manto de lamas”), sendo possível distinguir uma separação nítida entre água e lamas.
Tipo IV: Sedimentação em compressão	Sedimentação de partículas que se consolidam muito lentamente no fundo tanques, ocorrendo por compressão de partículas pelo peso de novas partículas.

A Figura 2 representa as quatro zonas constituintes de um tanque de sedimentação retangular, (Alves, 2007):

- Zona de entrada – onde ocorre a uniformização do escoamento;
- Zona de sedimentação – onde as partículas sedimentam a velocidade constante;
- Zona de saída – efluente recolhido, arrastando consigo todas as partículas que não alcancem a zona de lamas, não sendo removidas das AR;
- Zona de lamas – zona em que se acumulam as partículas sedimentadas no interior do tanque e, portanto, removidas das AR.

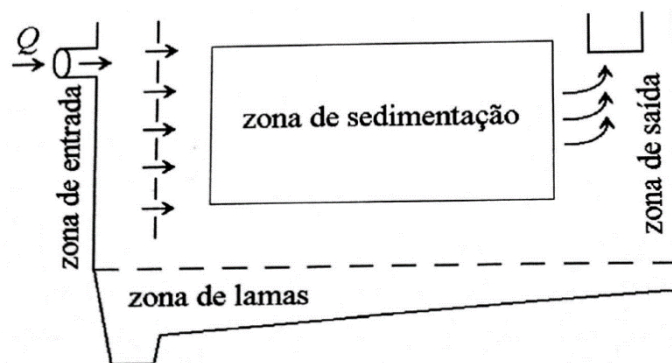


Figura 2 – Diferentes zonas de um tanque de sedimentação, (Alves, 2007).

O tempo de retenção das AR no tanque de sedimentação é importante para assegurar que ocorre a separação entre as partículas e a AR, dado ser necessário garantir que a partícula atinge o fundo do tanque na sua queda gravítica, (ERSAR, 2016).

Trata-se de uma operação comum no tratamento de AR, podendo ser aplicada em vários níveis de tratamento, nomeadamente na desarenação, flotação, decantação e espessamento de lamas, (ERSAR, 2016).

A eficiência da decantação pode ser aumentada se esta operação for precedida de coagulação e floculação (pela adição de reagentes), resultando no aumento de tamanho e massa volúmica das partículas suspensas, permitindo a sua remoção das AR, (ERSAR, 2016).

2.3.5 DESARENAÇÃO

A desarenação consiste na remoção de partículas sólidas, essencialmente de caráter inorgânico, tais como, areia, partículas metálicas, entre outros. Tem como função a proteção dos equipamentos a jusante (bombas, tubagens, arejadores, válvulas e difusores) do desgaste abrasivo, assim como, de evitar a deposição de areias nas estruturas de tratamento a jusante (decantadores, arejadores e digestores), (ERSAR, 2016).

Esta operação pertence ao tratamento preliminar, estando localizada normalmente a jusante da gradagem, (ERSAR, 2016).

2.3.6 FLOTAÇÃO

A operação unitária de flotação tem como finalidade separar partículas sólidas ou líquidas suspensas na AR, cuja ascensão à superfície do líquido, formam uma camada sobrenadante (escuma ou lama), removida por raspagem, (ERSAR, 2016).

É indicada na separação de partículas como óleos e gorduras, no tratamento preliminar; para separar flocos biológicos a jusante do reator biológico, no tratamento secundário, e ainda, no espessamento de lamas, no tratamento da fase sólida, (ERSAR, 2016).

A ascensão das partículas pode ser mais eficiente pela injeção de bolhas de ar, fazendo flutuar não apenas as partículas menos densas que a AR como também algumas partículas mais densas, que formam aglomerados com as bolhas de ar, menos densos que a AR. Esta é a vantagem da flotação relativamente à decantação, em alguns casos: consegue num pequeno período de tempo, separar partículas com velocidade de sedimentação muito reduzida, seja pela sua pequena dimensão ou pela sua densidade semelhante à da água. No flotador, a incorporação de bolhas de ar pode realizar-se por dois métodos, (METCALF & EDDY, 2003):

- **Flotação de ar dissolvido (DAF)** - Dissolução de ar comprimido na AR, que, sendo libertado à pressão atmosférica, origina bolhas, que ascendem à superfície do líquido, levando consigo partículas suspensas. Em sistemas de DAF, o ar é dissolvido na AR sob uma pressão de várias atmosferas, seguido pela libertação da pressão para o nível atmosférico. Todo o fluxo é mantido num tanque de retenção sob pressão por vários minutos para permitir que o ar se dissolva. É então admitido através de uma válvula redutora de pressão para o tanque de flotação, onde o ar sai da solução em bolhas muito finas;
- **Flotação por dispersão de ar** - Dissolução de ar à pressão atmosférica. Em sistemas de flotação por ar disperso, formam-se bolhas de ar, introduzidas diretamente na fase líquida através de um impulsor giratório. O impulsor rotativo atua como uma bomba, forçando o fluido através das aberturas do dispersor e criando um vácuo no tubo vertical. O vácuo puxa o ar (ou gás) para o tubo vertical e mistura-o completamente com o líquido. À medida que a mistura de gás / líquido passa pelo dispersor, é criada uma força de mistura que faz com que o gás forme bolhas muito finas. O líquido se move através de uma série de células antes de sair da unidade. Partículas de óleo e sólidos suspensos ligam-se às bolhas à medida que sobem à superfície. O óleo e os sólidos suspensos acumulam-se em espuma densa na superfície, sendo removidos.

As diferentes características das bolhas originadas na flotação apresentam-se na Tabela 5, de acordo com (Ramirez, 1979).

Tabela 5 – Características das bolhas de ar formadas em função do tipo de flotação, adaptado de (Ramirez, 1979).

Caraterísticas das bolhas de ar	Unidade	Tipo de flotação	
		Dispersão de ar	DAF
Diâmetro médio (a P=6 Pa)	µm	170	75
Velocidade de ascensão	cm/s	1,5	0,1
Número de bolhas	bolhas/cm ³	2,0 x 10 ⁶	3,6 x 10 ⁶
Área específica	cm ² /cm ³	293	800

O primeiro método, DAF, é mais frequentemente utilizado em tratamento de AR do que o segundo, que embora necessite de mais energia, (METCALF & EDDY, 2003), é empregue com frequência no tratamento de ARI com emulsões de óleos na sua composição, (ERSAR, 2016).

A adição de coagulantes pode melhorar a eficiência da flotação, na medida em que provocam a agregação de partículas, tornando a sua estrutura propícia a prender-se às bolhas de ar, efeito que pode ser reforçado pela adição de floculantes, (ERSAR, 2016).

As escumas resultantes da operação de flotação são retiradas do flotador e encaminhadas para a linha de tratamento da fase sólida, (ERSAR, 2016).

2.3.7 AREJAMENTO

A operação de arejamento consiste na introdução de oxigénio molecular (O₂) em fase gasosa (atmosfera ou oxigénio puro) numa fase líquida (água residual), mantendo um determinado teor de oxigénio dissolvido e os sólidos em suspensão, por agitação da fase líquida, (ERSAR, 2016).

É utilizado em diferentes processos e operações unitárias, por exemplo, equalização, desarenação, remoção de óleos e gorduras e flotação, (ERSAR, 2016).

O arejamento pode ser efetuado introduzindo ar ou O₂ puro no líquido (arejamento por ar difuso ou oxigénio, ou ainda, provocando a agitação do líquido, o que provoca turbulência, facilitando o contato com o ar da atmosfera (arejamento mecânico), (ERSAR, 2016).

O arejamento é explicado por dois mecanismos:

- transferência de massa – de uma fase gasosa (ar ou O₂ comprimido) para uma fase líquida (AR);
- homogeneização do líquido – promove agitação adequada e teor de OD suficiente para evitar a ocorrência de condições anaeróbias.

O sistema de arejamento selecionado depende de da operação/processo de tratamento, do tipo e geometria do tanque em que será instalado e, ainda, do custo de instalação e operação. Os vários tipos de arejamento utilizados e as suas aplicações são descritos na Tabela 6, (METCALF & EDDY, 2003).

Tabela 6 – Tipos de arejamento e aplicações, adaptado de (METCALF & EDDY, 2003).

Classificação	Descrição	Aplicação
Submersos		
Ar difuso	Bolha fina (difusor poroso ou de poros finos)	Produção de bolhas por membranas cerâmicas, plásticas ou flexíveis (campânulas, tubos, pratos, discos ou configuração em painel).
	Bolha grossa (difusor não poroso)	Todos os tipos de sistemas de lamas ativadas.
		Todos os tipos de sistemas de lamas ativadas, desarenadores com arejamento e digestão aeróbia.
	Turbina associada a difusor de ar comprimido	Turbina de velocidade baixa que mistura ar difuso.
		Todos os tipos de sistemas de lamas ativadas e digestão aeróbia.
	Bocal de jato	Injeção de ar comprimido na fase líquida, à medida que é bombeado sob pressão através de dispositivo a jato.
		Todos os tipos de processos de lamas ativadas, tanques de equalização e tanques de arejamento profundos.
Superficiais		
	Turbina arejadora de baixa velocidade	Turbina com grande diâmetro, usada para incrementar o contato entre a atmosfera e as gotas da fase líquida.
		Sistemas de lamas ativadas convencionais, lagoas arejadas e digestão aeróbia.
	Arejador flutuante de alta velocidade	Hélice de pequeno diâmetro, usada para incrementar o contato entre a atmosfera e as gotas da fase líquida.
		Lagoas arejadas e digestão aeróbia.
	Rotor de escova ou discos	Lâminas ou discos dispostos num veio horizontal, rodados parcialmente mergulhados na fase líquida.
		Valas de oxidação e lagoas arejadas.

2.3.8 FILTRAÇÃO

A filtração trata-se de uma operação unitária com o objetivo de remover sólidos em suspensão, abrangendo alguns microrganismos (vírus, ovos de parasitas ou bactérias).

Pode ter diferentes aplicações em unidades de tratamento de águas, designadamente, na remoção de precipitados ou como operação de afinação e remoção de poluentes específicos. Pode ainda ser utilizada na desidratação e desodorização de lamas, (ERSAR, 2016).

Esta operação consiste na passagem da água a tratar pelo meio filtrante, através de ação gravítica ou pressurização, provocando a retenção das partículas de maior dimensão que os espaços vazios do meio filtrante. A retenção mecânica das partículas no meio filtrante é o mecanismo físico mais comum, no entanto, existem outros, tais como, sedimentação, floculação, atração/adesão, adsorção ou reações químicas e processos biológicos, (METCALF & EDDY, 2003).

A ocorrência dos diferentes mecanismos é determinada pelas características das partículas a serem removidas através da filtração, essencialmente do seu diâmetro e granulometria, do meio filtrante e das condições de filtração, (Ondeo Degrémont, 2002).

A eficiência da filtração depende não apenas das características das partículas a remover (concentração, natureza – discreta ou floculenta), como também das características do filtro (meio filtrante, geometria do filtro, sistema de recolha da água filtrada) e do caudal de água a filtrar (condicionante da velocidade da operação), (ERSAR, 2016).

A coesão dos flocos químicos ou biológicos das partículas floculentas afeta a eficiência da filtração na medida em que, se a coesão for fraca, uma velocidade elevada de filtração resultará na fragmentação dos flocos e consequentemente, aumenta a turvação da água à saída do filtro, (ERSAR, 2016).

A retenção das partículas resulta, de forma progressiva, na colmatação do meio filtrante, refletindo-se na diminuição da eficiência da operação, facilmente reversível pela lavagem do meio filtrante, usualmente efetuada em contracorrente. (ERSAR, 2016)

A tipologia dos filtros utilizados no tratamento de AR é esquematizada na Figura 3, (ERSAR, 2016).

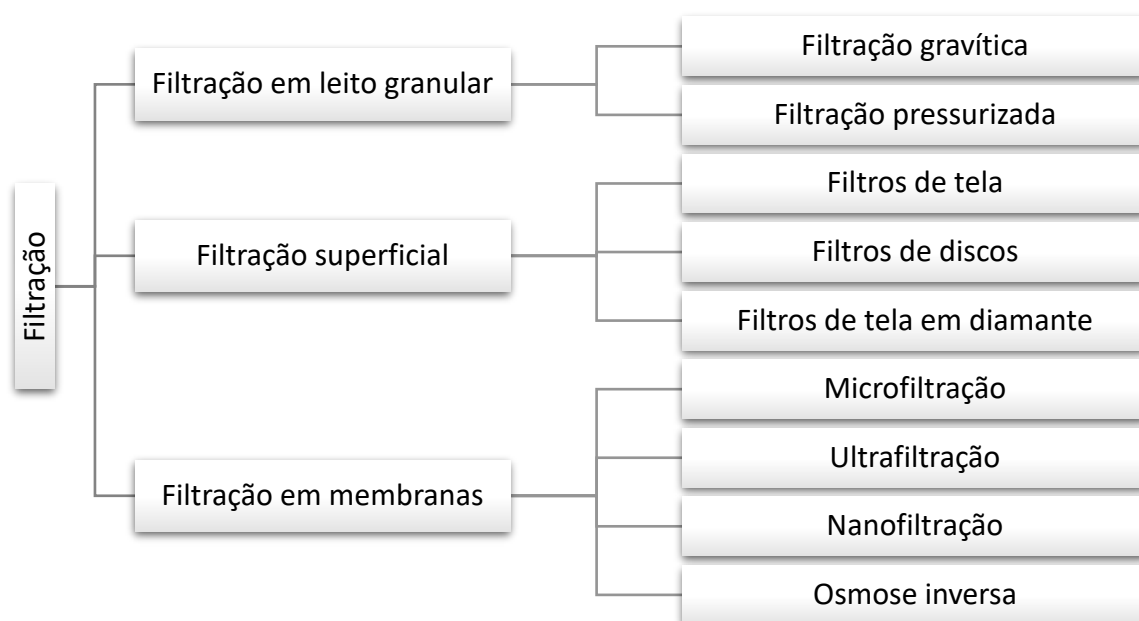


Figura 3 – Tipologia dos filtros, adaptado de (ERSAR, 2016).

A filtração em leito granular e a superficial são as mais usuais, embora a filtração em membranas seja cada vez mais utilizada para remover sólidos suspensos finos e coloidais, (ERSAR, 2016).

Comparativamente aos filtros de leito granular, os filtros superficiais apresentam algumas vantagens, nomeadamente, são mais compactos, têm melhor relação eficiência/custo de operação e manutenção, dado necessitarem de menor frequência de lavagem, consumindo menos água e energia, (METCALF & EDDY, 2003).

2.3.9 COAGULAÇÃO

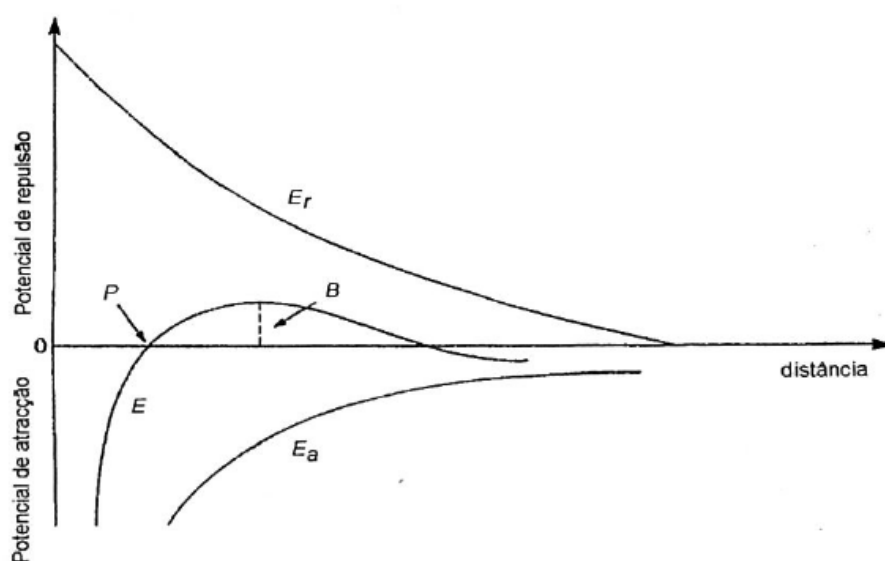
O processo de coagulação química consiste na desestabilização de partículas coloidais, em suspensão na AR, permitindo a sua floculação em seguida e posterior remoção por decantação, flotação ou filtração.

Este processo pode ser utilizado para aumento da eficiência de remoção de sólidos suspensos na sedimentação, bem como na desidratação de lamas, (ERSAR, 2016).

As partículas coloidais em suspensão podem ser naturais ou artificiais, orgânicas ou inorgânicas, sendo caracterizadas pelas suas reduzidas dimensões, na ordem dos 0,01

a 1 μm (Alves, 2007) e (METCALF & EDDY, 2003). Dado originarem suspensões estáveis, a sua remoção gravítica é praticamente impossível, (ERSAR, 2016).

As partículas coloidais tendencialmente desenvolvem uma carga elétrica superficial, normalmente negativa, o que significa que as forças de repulsão eletrostática, E_r , são superiores às forças de atração – forças de *van der Waals*, E_a , e, portanto, as partículas mantêm-se estáveis em suspensão na água, não havendo propensão para se aglomerarem. As forças de repulsão são predominantes na aproximação das partículas até que a distância crítica, P , seja ultrapassada, isto é, a barreira de energia que impossibilita a aproximação é vencida, prevalecendo as forças atrativas, conforme representa a Figura 4, (ERSAR, 2016).



E_r - forças electrostáticas devidas à carga negativa dos colóides;

E_a - forças de Van der Waals;

E - balanço de forças;

B - energia mínima para agregação das partículas;

P - distância crítica de separação entre duas partículas que deve ser vencida para que haja atracção.

Figura 4 – Variação da energia de interação entre as partículas com a distância, (Alves, 2007).

As partículas coloidais são removidas da água através de uma série operações/operações unitárias consecutivas, iniciadas com coagulação química, processo que consiste na desestabilização das partículas em suspensão, pela adição de um agente coagulante, procedido da floculação, que não é mais do que a aglomeração em flocos das partículas coloidais desestabilizadas. A sequência termina com a separação dos flocos através de decantação, flotação ou filtração, dependendo das dimensões e densidades dos flocos formados, (ERSAR, 2016).

Na superfície das partículas coloidais, desenvolve-se carga elétrica negativa, em geral negativa, concebendo-se um núcleo envolto de uma dupla camada de iões, dado haver atração eletrostática e de *van der Waals* de iões de carga contrária presentes em solução, originando a camada fixa, ao redor da qual há formação de uma camada difusa de iões, conforme representa a Figura 5, (Alves, 2007).

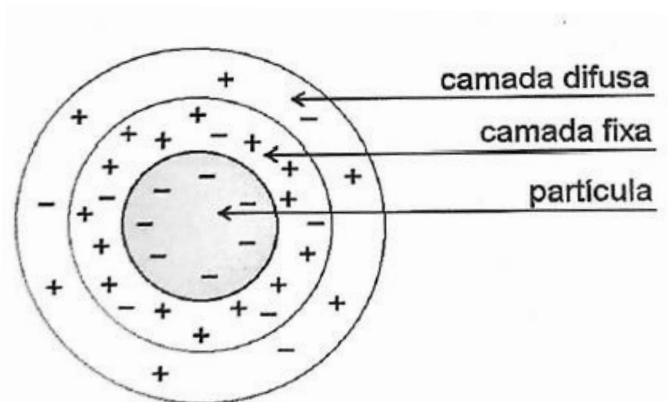


Figura 5 – Modelo da dupla camada de uma partícula coloidal, (Alves, 2007).

Aquando da adição de um agente coagulante, diminuindo a repulsão entre partículas relacionada com a carga elétrica, pode considerar-se a ocorrência de quatro mecanismos distintos, que podem ocorrer simultaneamente, (Alves, 2007), (Howe, et al., 2012):

- Neutralização da carga superficial das partículas coloidais, diminuindo as forças repulsivas entre as mesmas;
- Compressão da dupla camada, através da diminuição de espessura da camada difusa uma vez que a adição de mais iões à solução diminui as forças de repulsão;
- Aprisionamento das partículas num precipitado, pela incorporação das partículas coloidais nos flocos formados ou durante a rápida deposição dos precipitados;
- Adsorção e formação de pontes entre as partículas, que ocorre quando são utilizados polímeros de cadeia linear longa ou fortemente ramificada, dotada de vários locais ativos que podem interagir com as partículas coloidais, conforme ilustra a Figura 6.

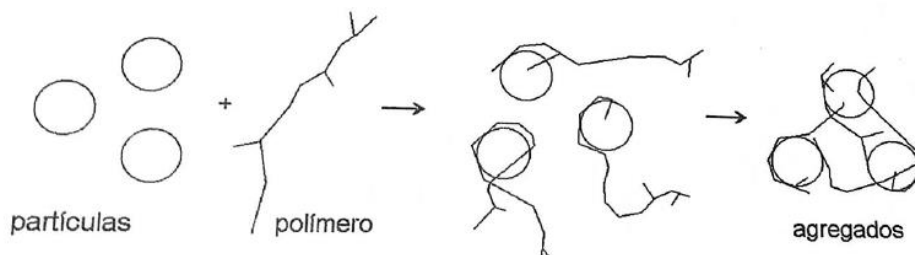


Figura 6 – Formação de agregados polímero-partículas por pontes, (Alves, 2007).

A coagulação é influenciada pela força iônica da solução (AR) assim como pela afinidade da partícula coloidal com a AR. Para além disso, é condicionada também pela temperatura e pH da AR, concentração de sólidos suspensos coloidais, tipo e quantidade de coagulante adicionado, assim como pela velocidade de agitação dos reagentes e tempo de mistura dos mesmos, (ERSAR, 2016):

- O **pH** da AR a tratar pelo processo de coagulação química pode ser considerado o fator de maior importância deste processo, dado que fora da zona ótima de pH do coagulante, a eficiência do processo é diminuída, resultando em desperdício de reagente e efluente de qualidade inferior;
- A **temperatura** baixa desfavorece o processo de coagulação química, não só devido ao facto de as reações ocorrerem a velocidades mais lentas, mas também devido ao aumento da viscosidade da AR, o que dificulta tanto a dispersão uniforme do coagulante quanto a capacidade de sedimentação dos flocos formados;
- A **concentração de sólidos suspensos** elevada, em geral, requer maior dose de coagulante adicionada. Porém, esta relação não é proporcional de forma linear, sendo necessário determiná-la em ensaios de laboratório;
- O **tipo e dose de coagulante** adicionados, deve ser determinado com recurso a ensaios de laboratório, designados ensaios de *jar-test* (Figura 7), nos quais se observa visual ou instrumentalmente, numa série de copos contendo iguais volumes de AR, em qual deles a separação das partículas coloidais foi mais eficiente, fazendo-se variar o tipo e dose de coagulante, pH e velocidade de agitação;

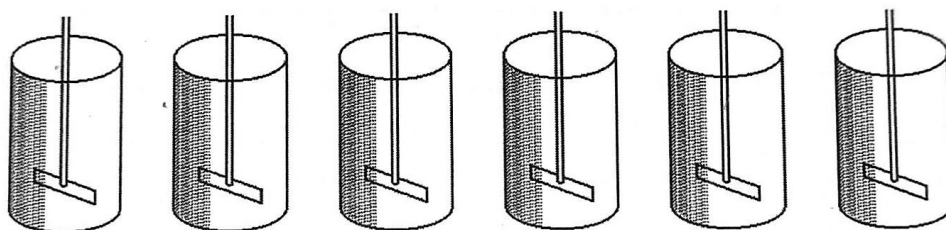


Figura 7 – Representação esquemática de um *jar-test*, (Alves, 2007).

- A **mistura rápida do coagulante na AR** é essencial para que o processo de coagulação química seja eficiente na medida em que resulta numa dispersão homogênea, implicando a utilização de dosagens menores de coagulante.

Segundo (Vesilind, 2003), o processo de coagulação química pode aumentar a eficiência da remoção de CQO entre 30 a 60%.

Os coagulantes são compostos de natureza orgânica, de que são exemplos os polieletrólitos, ou inorgânica, como os sais metálicos de alumínio e ferro. Estes compostos não deverão ser tóxicos para o ser humano nem para o ambiente, assim como não danificarem as instalações por formação de incrustações ou corrosão, (ERSAR, 2016).

2.3.10 FLOCULAÇÃO

A floculação destina-se a favorecer a agregação em flocos das partículas coloidais desestabilizadas anteriormente pelo processo de coagulação. A agregação dos flocos deve-se à colisão entre as partículas coloidais desestabilizadas, originada pela agitação suave da AR, através de energia hidráulica, mecânica ou pneumática, analogamente à operação de mistura, porém mais moderada, no sentido de evitar-se a desagregação indesejada dos flocos. Por esta razão a floculação era designada por “mistura lenta”, denominação caída em desuso, dada a finalidade da operação ser a agregação de partículas em flocos e não a homogeneização de fases, (ERSAR, 2016).

A adição de agentes floculantes melhora a eficiência da operação de floculação uma vez que tornam o floco mais volumoso, pesado e consistente, melhorando a qualidade deste. Os floculantes podem ser de origem natural, como a sílica ou o carvão ativado em pó por exemplo, ou de origem sintética, como os polieletrólitos. Estes últimos têm como vantagem a minimização de lamas produzidas e os custos em reagentes, (ERSAR, 2016).

Os tanques de floculação, ou floculadores, são equipados com agitador mecânico, insuflação de ar ou com agitação hidráulica originada pelo escoamento em canal com chicanas. Os floculadores podem ser de planta quadrada, retangular ou cilíndricos, (ERSAR, 2016).

O agitador mecânico de floculadores mecânicos pode ser constituído por hélices, turbinas ou roda de pás fixadas a um eixo que roda na vertical ou horizontal (Figura 8), (ERSAR, 2016).

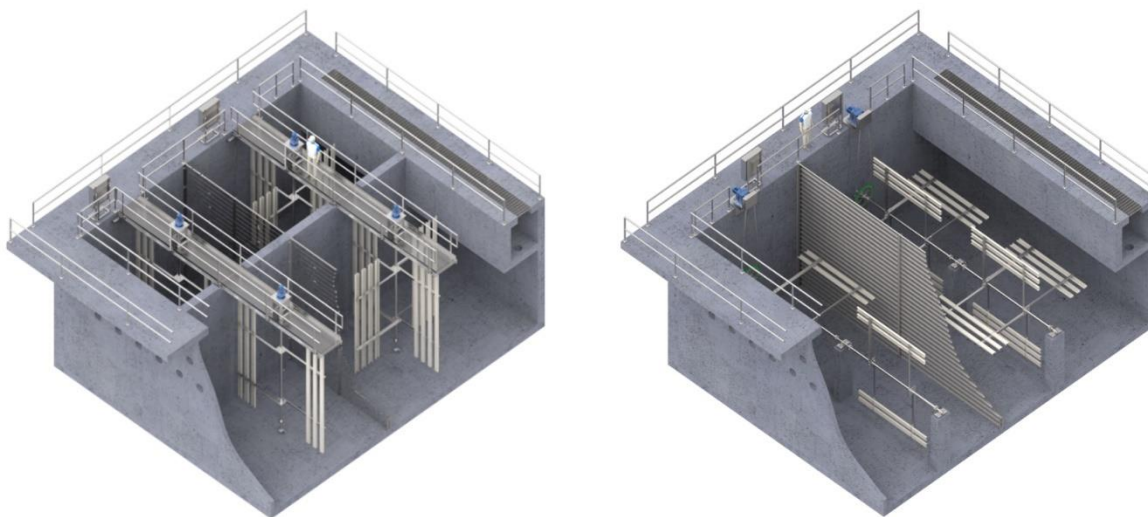


Figura 8 – Floculador mecânico com roda de pás: vertical, à esquerda e horizontal, à direita, (JMS, 2019).

Os floculadores de balanceiro, possuem agitador constituído por pás horizontais cuja movimentação ocorre em vai e vem, para baixo e para cima, conforme Figura 9, (ERSAR, 2016).

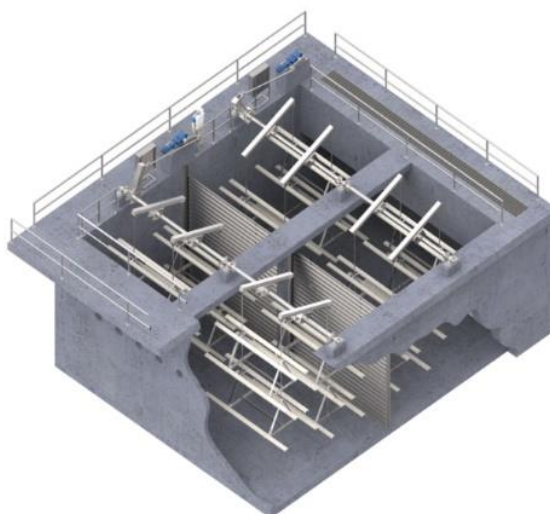


Figura 9 – Floculador de balanceiro, (JMS, 2019).

2.3.11 PRECIPITAÇÃO QUÍMICA

A precipitação química consiste num processo de tratamento de AR no qual são removidos poluentes dissolvidos e/ou suspensos, sendo convertidos em precipitados, insolúveis, passíveis de serem separados por decantação ou filtração, (ERSAR, 2016).

Trata-se de um processo utilizado essencialmente na remoção de fósforo, no caso do tratamento de ARU, ou de metais pesados, no caso do tratamento de ARI, (ERSAR, 2016).

2.3.12 DESINFEÇÃO

A desinfeção consiste num processo unitário cuja finalidade é a redução de microrganismos patogénicos existentes nas AR, através da sua eliminação total ou pela sua redução até níveis compatíveis com a proteção da saúde pública, previamente à sua descarga em meio recetor ou à sua reutilização, (ERSAR, 2016).

De salientar que o termo desinfeção difere do de esterilização, que, por sua vez, traduz a eliminação total de todos os organismos vivos existentes no meio, (ERSAR, 2016).

O processo de desinfeção de AR é conseguido pela ação de agentes físicos, nomeadamente a temperatura e as radiações UV e γ , agentes químicos, tais como os compostos clorados e o ozono; ou por métodos biológicos, (EC, 2006).

MAPEAMENTO E CARATERIZAÇÃO DE FLUXOS

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.2 DIFERENTES UNIDADES FABRIS E PROCESSOS PRODUTIVOS

3.3 LEVANTAMENTO FLUXOS AFLUENTES À ETARI

3.4 METODOLOGIA DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS

3.5 CARATERIZAÇÃO E PROPOSTA DE GESTÃO DOS FLUXOS CARATERIZADOS

3.6 ANÁLISE DE POSSIBILIDADE DE TRATAMENTO NA ETARI

3.7 ANÁLISE DE VOLUMES E CUSTOS COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA

3 MAPEAMENTO E CARATERIZAÇÃO DE FLUXOS

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Colep, uma empresa pertencente ao grupo RAR, é líder global nos segmentos de cuidados pessoais, cosméticos e cuidados do lar. Na Europa, além de ocupar uma posição de liderança na prestação de fabrico por contratação - desenvolvimento, formulação e enchimento de produtos - para esses segmentos, a empresa produz também embalagens metálicas e plásticas. No mercado ibérico, é líder na produção de embalagens industriais e alimentares, assim como assume posição de destaque na indústria de aerossóis de folha de flandres, (Grupo RAR, 2018).

Desde 2010, a Colep também lidera o mercado brasileiro na prestação de fabrico por contratação nos segmentos de cuidados pessoais e de cuidados do lar, operando através das empresas Colep Itatiba e Colep Louveira, (Grupo RAR, 2018).

Em 2013, a empresa expandiu sua atividade para a América do Norte através da aquisição de uma fábrica de cuidados pessoais em Querétaro, no México. Ao mesmo tempo, a empresa também se estabeleceu no Médio Oriente, por meio de uma aliança com o *Albatha Group*, um conglomerado dos Emirados Árabes Unidos que dedicado essencialmente ao fabrico de produtos sob a forma de aerossol, (Grupo RAR, 2018).

Também em 2013, a Colep estabeleceu uma aliança estratégica com a *One Asia Network*, uma associação da *Daizo Corporation of Japan* e da *Pax Australia*. Esta aliança, denominada ACOA - Aliança da Colep e One Asia, compartilha as melhores práticas, e conhecimento técnico/científico de inovação, bem como experiência em fabrico e cadeia comercial, permitindo à Colep oferecer aos seus clientes uma plataforma mundial para a implementação dos seus projetos e o fabrico dos seus produtos, (Grupo RAR, 2018).

Com uma faturação de 411 milhões de euros (dados relativos a 2017), atualmente, a Colep emprega 2 939 pessoas, estando estabelecida em três continentes, com duas fábricas no Brasil, uma no México, sete na Europa e uma no Oriente Médio. Juntamente com a *One Asia*

Network, a empresa faz parte de uma rede global que inclui dezassete unidades fabris na Alemanha, Polónia, Portugal, Espanha, Brasil, México, Emirados Árabes Unidos, Japão, China, Tailândia e Austrália, tal como pode ver-se na Figura 10. Essa pegada global permite que a



Figura 10 - Presença global da Colep (Colep, 2018).

empresa e seus parceiros ofereçam aos clientes uma rede de fornecimento global, (Colep, 2018).

A visão da empresa é ser líder na criação de valor, providenciando aos seus clientes soluções de produtos, produção e embalagem, através de inovação, tecnologia e práticas sustentáveis, (Colep, 2018).

3.2 DIFERENTES UNIDADES FABRIS E PROCESSOS PRODUTIVOS

Na Figura 11, apresenta-se uma planta da Colep de Vale de Cambra. Trata-se de uma fábrica de dimensão considerável, composta, por diferentes unidades produtivas:

- Unidade de embalagens metálicas, onde se insere a litografia;
- Unidade de embalagens plásticas;
- Unidade de enchimento de aerossóis e líquidos;
- Áreas comuns.

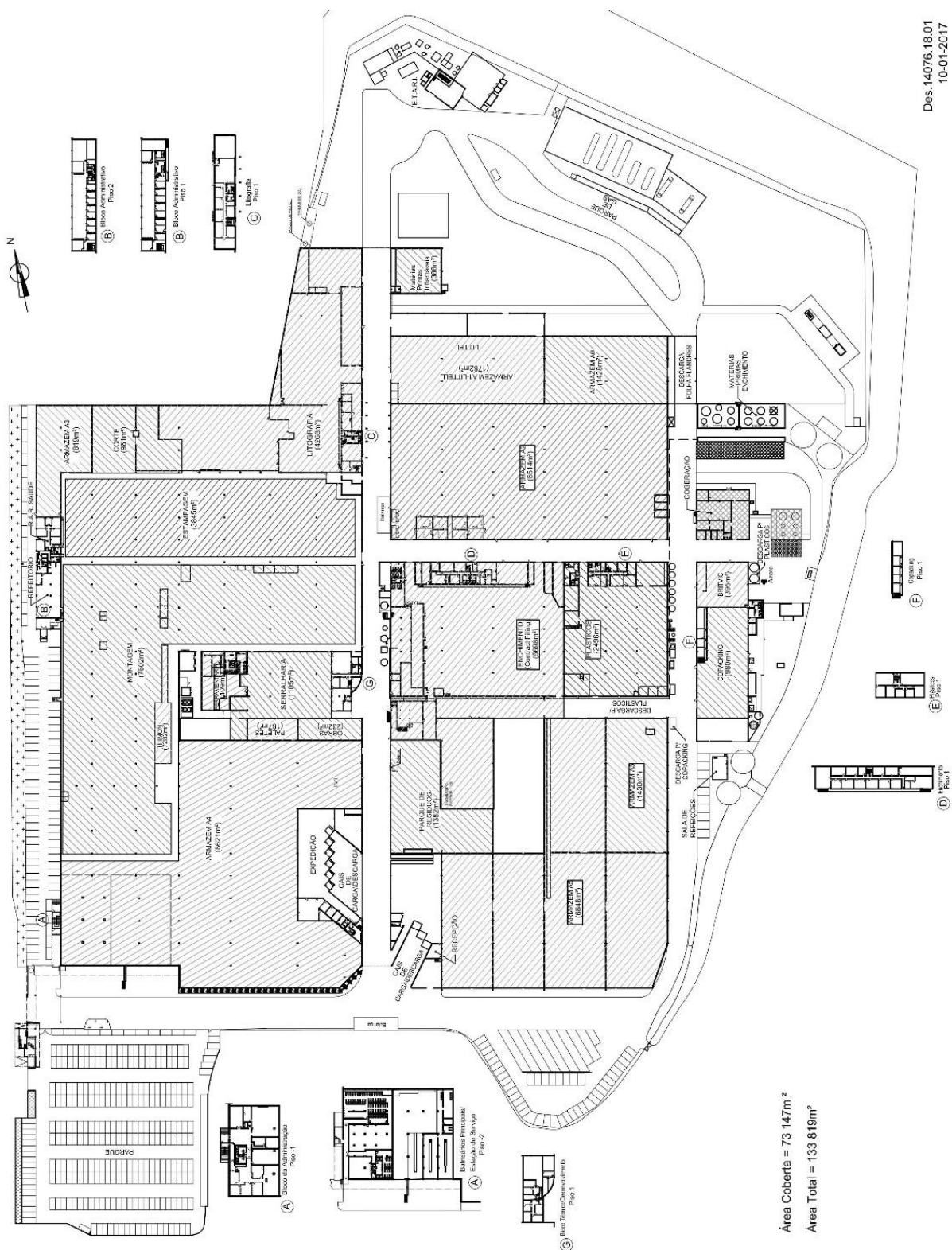


Figura 11 - Planta geral da Colep.

De seguida apresentam-se os processos produtivos das três unidades referidas anteriormente.

3.2.1 UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS

A unidade de embalagens metálicas, encontra-se destacada na Figura 12, assim como as diferentes áreas que a constituem, a partir da planta geral da Colep, da Figura 11.

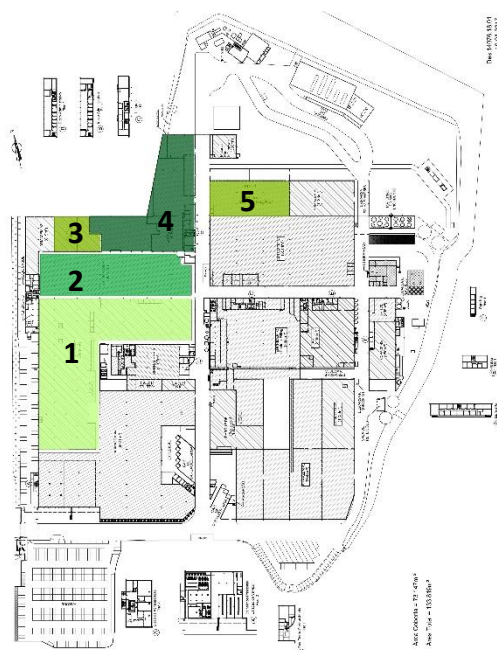


Figura 12 - Unidade de embalagens metálicas e diferentes áreas que a constituem evidenciadas na planta da Colep.

Legenda da Figura 12:

1 - Área da montagem; 2 - Área da estampagem; 3 - Corte secundário; 4 - Litografia; 5 - Corte primário.

O processo produtivo da unidade de embalagens metálicas inicia-se com a receção da matéria-prima, folha de flandres em bobines, e termina com o produto final já montado, seguindo o fluxo da Figura 13.

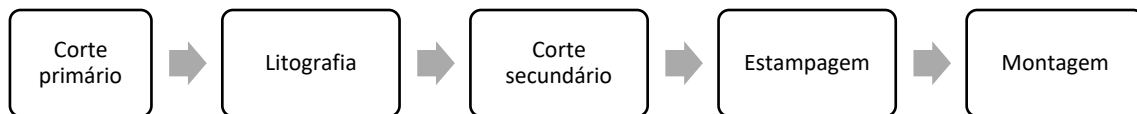


Figura 13 – Fluxo produtivo da unidade de embalagens plásticas

Existem dois segmentos de produto: o de aerossóis, e o geral, que engloba produtos industriais e alimentares. Qualquer um dos segmentos é constituído por, pelo menos, três componentes – fundo, corpo e cúpula/tampo, (Lopo, 2014).

As bobines, com diferentes características, são encaminhadas ao **corte primário** (número 5 na Figura 12), passando na *Littel*, onde se dá o desfibramento da folha, removendo eventuais pontos de tensão antes do corte, cujo formato pode ser em folhas retas ou *scroll*, como ilustra a Figura 14, visando a otimização do aproveitamento da folha e diminuição de desperdícios. Em função do produto final, os conjuntos de folha cortada, podem necessitar de uma proteção com um verniz primário ou interior, nas envernizadoras, antes da impressão, (Lucas, 2008).

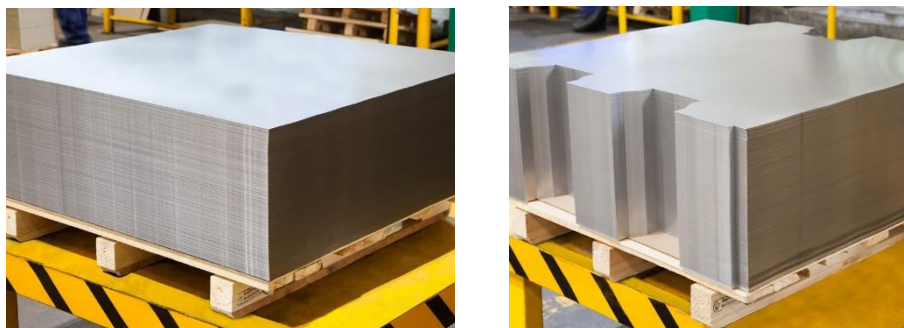


Figura 14 – Formatos de corte das bobines de folha de flandres: à esquerda, corte reto e à direita, corte em *scroll*, (HOLASA, 2019).

A impressão ocorre na **litografia** (número 4 na Figura 12) que, apesar de pertencer à unidade de embalagens metálicas, funciona de forma independente. O seu princípio de funcionamento é sistema *offset*, baseado na repulsão entre água e a tinta (hidrofóbica), a passagem no CTP, *Computer to Plate*, semelhante a uma impressora a laser, permite a gravação da impressão que cada cor terá de realizar nas folhas, para que o resultado final seja o pretendido pelo cliente, (Lucas, 2008).

A litografia, pode ser de dois tipos: convencional ou UV (ultravioleta), sendo o processo de secagem das chapas o que difere em ambos os métodos – na convencional, a secagem ocorre num forno de 30 metros, durante cerca de 10 minutos a 180°C, enquanto que a secagem com lâmpadas UV necessita de menor ocupação de espaço e é praticamente instantânea. A etapa de aplicação de verniz de acabamento é opcional, em função do produto final, tal como acontece antes da impressão, (Lucas, 2008).

Desta forma, as folhas estão prontas para o **corte secundário** (número 3 na Figura 12), originando um dos três componentes da embalagem.

Nas linhas de **estampagem** (número 2 da Figura 12), produzem-se fundos e tampos/cúpulas em prensas de alta velocidade.

Por fim, as **linhas de montagem** (número 1 da Figura 12), soldam os corpos antes de cravarem os fundos e as cúpulas/tampos, concebendo as embalagens metálicas, que são testadas com ar comprimido para despistar eventuais fugas de ar.

3.2.2 UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS

A unidade de embalagens metálicas, encontra-se evidenciada na Figura 15, assim como as diferentes áreas que a constituem, a partir da planta geral da Colep, da Figura 11.

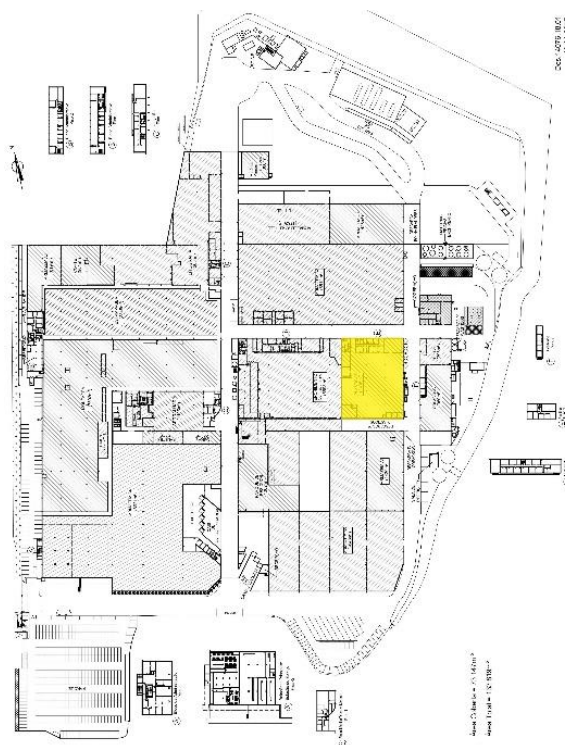


Figura 15 – Unidade de embalagens plásticas evidenciada na planta da Colep.

O fabrico de embalagens plásticas, encontra-se dividido em dois tipos de processos de moldagem do plástico: moldagem por injeção e moldagem por insuflação (extrusão-sopro).

Na moldagem por injeção, o aquecimento das matérias primas é feito através de resistências elétricas, seguindo-se a injeção num molde e, por fim, o arrefecimento da embalagem, (Sousa, 2018).

Na moldagem por insuflação, as matérias primas são aquecidas por intermédio de resistências elétricas, ocorre a extrusão formando um tubo oco, seguidamente fechado num molde de metal arrefecido, que com a insuflação de ar, adquire a forma do molde. Após arrefecimento, o molde é aberto e a embalagem plástica removida do molde, (Sousa, 2018).

3.2.3 UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS

A unidade de enchimento de aerossóis e líquidos, encontra-se em destaque na Figura 16, tal como as diferentes áreas que a constituem, a partir da planta geral da Colep, da Figura 11.

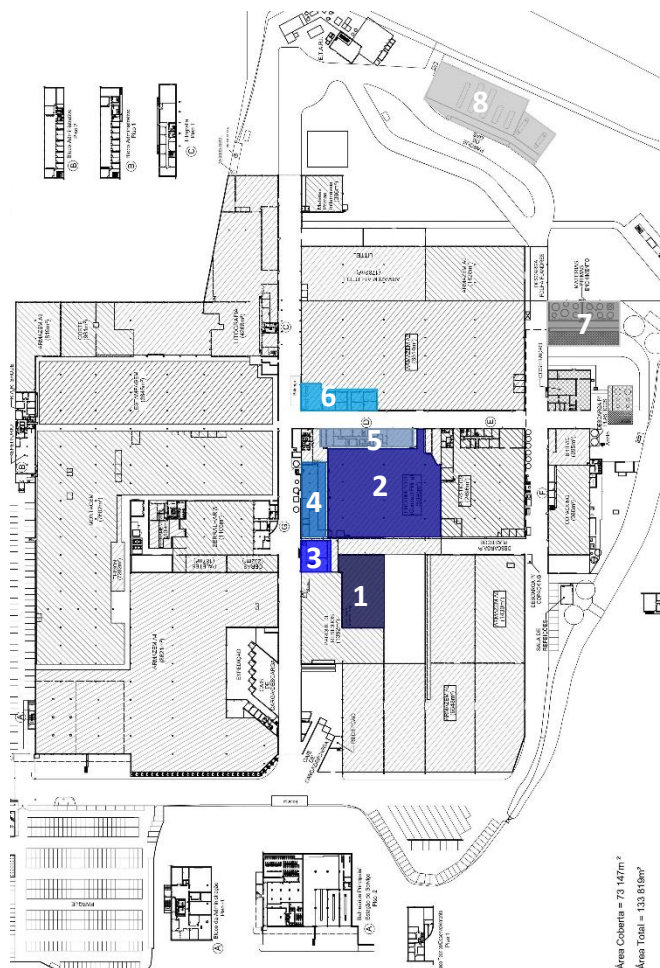


Figura 16 – Unidade de enchimento de aerossóis e líquidos em destaque na planta da Colep.

Legenda da Figura 16:

1 - Área Não Cosmética; 2 - Área Cosmética; 3 - Formulação aquosa (nova); 4 - Formulação mista (antiga); 5 - Edifício administrativo; 6 - Pré-pesagem; 7 - Parque de solventes do enchimento; 8 - Parque de gases do enchimento.

Esta unidade engloba o processo que tem início na preparação das matérias primas para a formulação, cujo produto tem como destino latas ou frascos, nas linhas de enchimento, estando o fluxo processual esquematizado na Figura 17.

Na **pré-pesagem** (número 6 da Figura 16), preparam-se as matérias-primas que irão ser utilizadas na formulação dos produtos ativos.

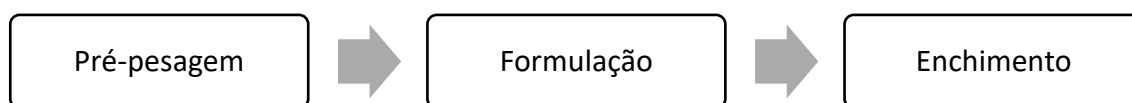


Figura 17 – Fluxo processual da unidade de enchimento.

Os produtos formulados podem ser de várias categorias, que se agrupam em duas grandes áreas: a **área cosmética** (número 2 da Figura 16), e a **área não cosmética** (número 1 da Figura 16).

Na Tabela 7, apresentam-se as categorias de produtos correspondentes a cada área.

Tabela 7 – Diferentes categorias de produtos e áreas a que pertencem.

Área Cosmética	Área Não Cosmética
Cremes e loções corporais	Ambientadores
Espumas de cabelo	Inseticidas
Espumas de banho	Cuidado e limpeza do lar
Espumas e géis de barbear	Cuidado e proteção de calçado

A **formulação** divide-se em duas áreas: a **formulação aquosa** (cosmética), correspondente ao número 3 da Figura 16, que, como o nome indica, apenas formula produtos cuja base é água; e a **formulação mista** (aquosa e não aquosa, cosmética e não cosmética), indicada pelo número 4 da Figura 16, apta para formular produtos à base de água ou outro solvente – álcool, parafina, óleo, etc.

Na globalidade, existem cerca de 50 tanques na formulação, entre tanques de produção, tanques de armazenamento e tanques móveis.

Regra geral, os produtos são formulados nos tanques de produção e, após aprovação do laboratório de controlo de qualidade, transferidos para tanques de armazenamento ou móveis.

As **linhas de enchimento**, correspondentes às áreas indicadas pelos números 1 e 2 da Figura 16, são dedicadas por área e por categoria de produto, como apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Linhas de enchimento e respetiva dedicação por área e categoria de produto.

Área	Linha	Categoria(s) de produto(s)
Cosmética	A1	Cremes/Loções corporais; Espuma de banho; Espumas/géis de barbear
	A2	Antitranspirantes; Desodorizantes
	A3	Espumas de barbear; Espumas de cabelo; Lacas de cabelo
	A4	Espumas de barbear; Espumas de cabelo; Lacas de cabelo
	A5	Antitranspirantes; Desodorizantes
Não Cosmética	A6	Ambientadores; Inseticidas; Cuidado e proteção de calçado
	L1	Cuidado e limpeza do lar; Cuidado e proteção de calçado

Os aerossóis cheios são sujeitos a um controlo de qualidade, quer nas linhas de enchimento quer no laboratório, de forma a assegurar a sua conformidade funcional e em vários parâmetros.

3.2.4 ÁREAS COMUNS

Pertencem às áreas comuns: a **estação de serviço**, local de armazenamento e manutenção de empilhadores, por exemplo, as **centrais de compressores I e II**, a **serralharia**, os **armazéns** e a **ETARI**. As áreas comuns encontram-se destacadas na Figura 18, originada a partir da Figura 11.

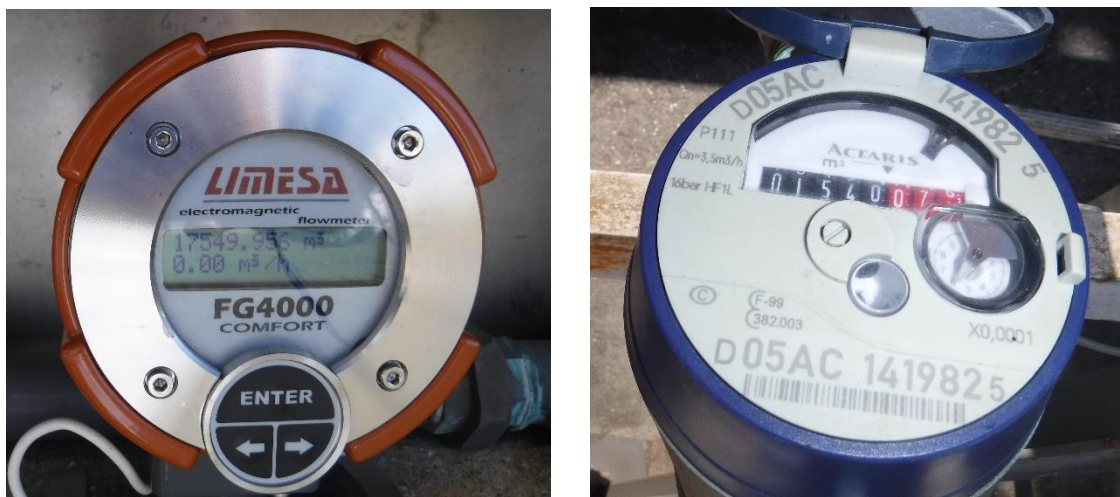


Figura 19 – Exemplos de contadores de água instalados pela Colep.

A distribuição ilustrada na Figura 20 foi obtida pela determinação do valor médio mensal, considerando os 12 meses do ano de 2018.

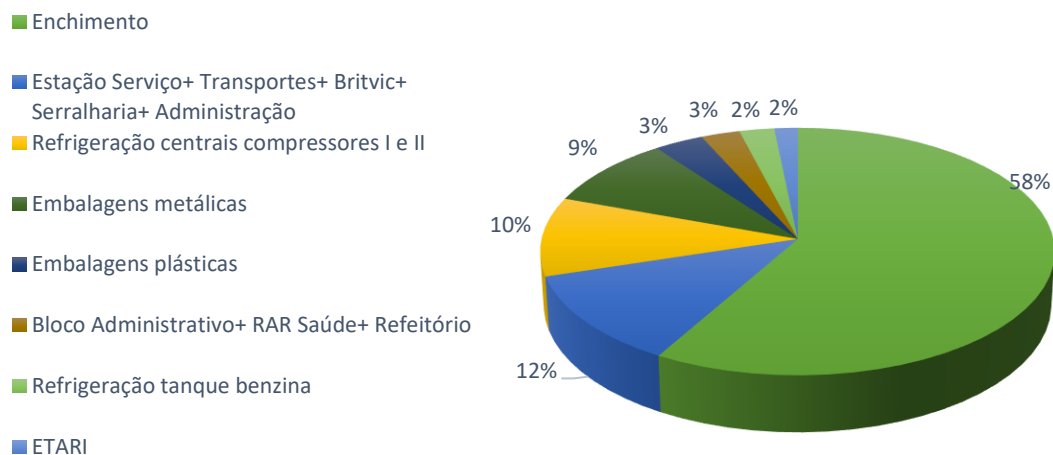


Figura 20 – Distribuição do consumo de água da Colep.

Da observação da Figura 20, pode constatar-se que a unidade de enchimento é a maior consumidora de água, enquanto as restantes unidades produtivas possuem consumos residuais por comparação.

O diagrama de fluxos da Figura 21, obteve-se pela determinação do valor médio diário correspondente, isto é, pelo quociente do valor mensal por 22 dias úteis de trabalho, isto para os fluxos que possuem contador de água associado.

Dado o consumo de água não ser constante ao longo de todo o ano, devido a épocas altas ou baixas de produção, ou eventualmente outros problemas que tenham surgido ao longo do ano, apresenta-se no mesmo diagrama o desvio padrão relativo a cada valor médio determinado.

Para além do diagrama de fluxos global da Figura 21, elaborou-se um diagrama de fluxos apenas para o enchimento, apresentado conforme Figura 22, dado ser a unidade com maior consumo de água. Pela mesma razão referida para a Figura 21, apresentam-se para o diagrama da unidade de enchimento de aerossóis e líquidos (Figura 22), os desvios padrão associados.

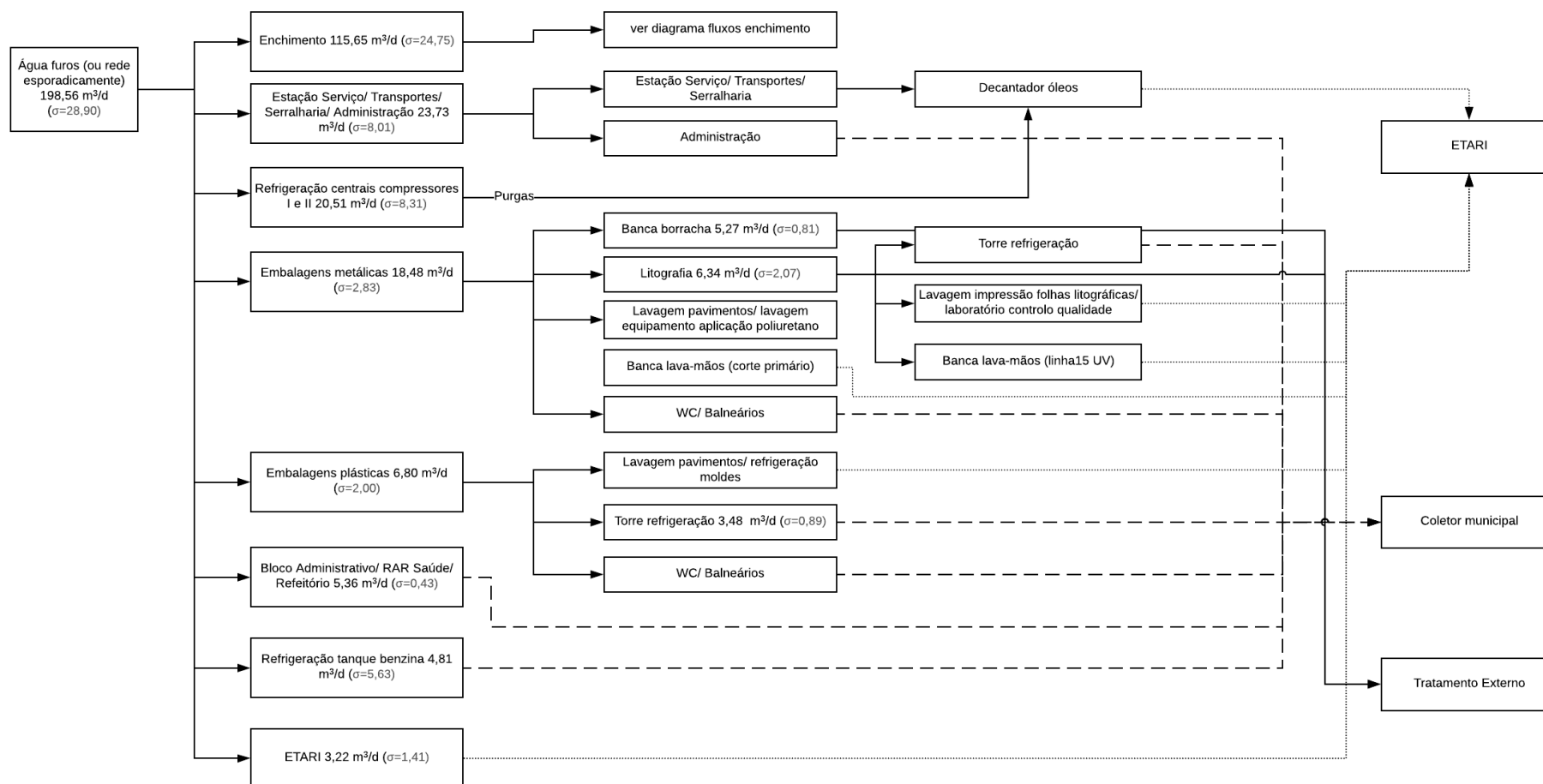


Figura 21 – Diagrama de fluxos de água global da Colep.

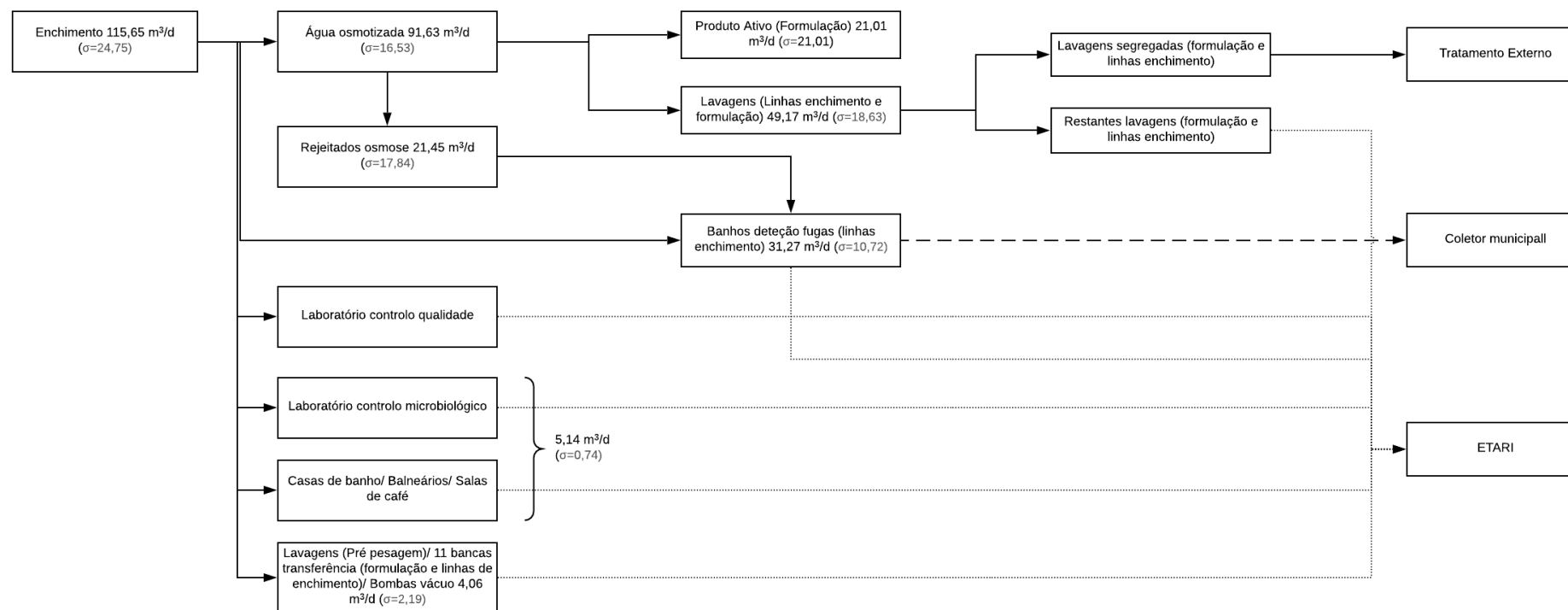


Figura 22 – Diagrama de fluxos de água da unidade de enchimento de aerossóis e líquidos.

Relativamente ao diagrama de fluxos do enchimento, Figura 22, importa ressaltar que, diariamente:

- afluem aproximadamente 50 m³ à ETARI, pela Tabela 36 da secção 4.4;
- cerca de 3 m³ são enviados para tratamento em entidade externa (valor estimado pelos registos de resíduos enviados para gestor de resíduos);
- restante volume é enviado diretamente para coletor municipal.

A análise de ambos os diagramas de fluxos, Figura 21 e Figura 22, permitiu a identificação dos fluxos afluentes à ETARI, que se listam de seguida.

3.3.1 UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS

- Lavagem de pavimentos e lavagem de equipamento de aplicação de poliuretano das áreas de estampagem e montagem;
- Lavagem de impressão de folhas litográficas e laboratório CQ da litografia;
- Banca lava-mãos da linha 15 UV da litografia;
- Banca lava-mãos do corte primário.

3.3.2 UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS

- Lavagem de pavimentos e água de refrigeração de moldes.

3.3.3 UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS

- Lavagem entre produtos ativos de base aquosa nas **linhas de enchimento**;

- Lavagem de tanques de produção e tanques de armazenamento na **formulação** e lavagem de tanques móveis na **pré-pesagem**;
- AR da descarga de aerossóis pelo **laboratório de controlo de qualidade**;
- Bacia de retenção de tanques de solventes (apenas em situação de ocorrência de derrame).

3.3.4 ÁREAS COMUNS

Os resíduos das áreas comuns, são encaminhados para o decantador de óleos e provêm de:

- Lavagem da estação de serviço;
- Purga de compressores de centrais I e II;
- Lavagem de tinas de retenção da Serralharia.

De salientar que não se realizaram amostragens de alguns fluxos pelos motivos que se apresentam de seguida:

- Banca lava-mãos da linha 15 UV e banca lava-mãos do corte primário, uma vez que as águas residuais de ambas as bancas lava-mãos podem ser equiparadas a utilização sanitária e o volume de água envolvido é residual;
- Bacia de retenção de tanques de solventes, dado ser uma situação pontual;
- Decantador de óleos, já que faz parte das águas residuais analisadas periodicamente por laboratório externo, tendo sido possível a sua caracterização imediata, de acordo com as Tabelas Tabela 33 e Tabela 34 do ANEXO A: RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS AO DECANTADOR DE ÓLEOS POR LABORATÓRIO ACREDITADO EXTERNO.

Realizado o levantamento de fluxos, estudou-se a melhor abordagem para a amostragem e posterior caracterização de cada um, em termos quantitativos (volume) e qualitativos (CQO), conforme retratado na secção 3.4.

Importa referir, que o parâmetro CQO foi considerado como parâmetro chave de caraterização, uma vez que reflete a concentração dos compostos que contribuem para a carga poluente das águas residuais.

Os métodos utilizados na determinação de CQO podem consultar-se no ANEXO B: PROCEDIMENTO UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DE CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO.

Esta caraterização, permitiu ponderar acerca da gestão dos fluxos identificados, baseada em critérios de decisão definidos, como apresentado na secção 3.5.

3.4 METODOLOGIA DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS

Após o levantamento de todos os fluxos afluentes à ETAR, estudou-se qual seria a melhor abordagem para a amostragem e posterior caraterização de cada um, que se descrevem seguidamente.

Como se constata na secção 3.3, existem diferentes origens de fluxos nesta unidade, pelo que a metodologia de amostragem também diferiu em cada situação.

3.4.1 UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS

No caso da **lavagem de pavimentos e lavagem de equipamento de aplicação de poliuretano**, recolheram-se as águas residuais originadas pela colocação de um contentor próximo à linha de produção, tendo a amostragem sido realizada quando o contentor ficou cheio.

Por sua vez, os resíduos de **lavagem de impressão de folhas litográficas e laboratório de controlo de qualidade**, são encaminhados para uma caixa de retenção, tendo-se procedido a medição da capacidade da mesma e variação de altura ao longo de um dia, inferindo sobre o volume originado diariamente.

3.4.2 UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS

Finalmente, para a **lavagem de pavimentos e água de refrigeração de moldes**, procedeu-se da mesma forma que para a lavagem de pavimentos e lavagem de equipamento de aplicação de poliuretano, da unidade de embalagens metálicas.

3.4.3 UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS

No que respeita às **linhas de enchimento**, o procedimento de lavagem entre ordens de produção varia por categoria de produto e linha, conforme a Tabela 9 da página seguinte.

Salienta-se que, apenas serão abordados procedimentos de lavagem de produtos aquosos, das linhas A1, A3 e A4, uma vez que a segregação para tratamento externo dos produtos não aquosos já estava implementada, existindo apenas alguns incumprimentos neste sentido.

A metodologia de quantificação e amostragem dos procedimentos de lavagens implementados, foram realizados pela recolha dos resíduos originados para isocontentor (IBC), e sempre que possível, medindo os volumes e retirando amostra em cada uma das etapas dos procedimentos.

Tabela 9 – Etapas do procedimento de lavagem entre ordens de produção por linha e categoria de produto.

Categoria de produto		Etapas do procedimento de lavagem
Linha(s) de enchimento	A1	1º CIP interno
		CIP externo
		2º CIP interno
		1º CIP
		2º CIP
		3º CIP
		4º CIP
		Escoamento da água da bomba de produto
		<i>Pigging</i>
		4 minutos água quente
	Espuma de banho	2 minutos água quente
		2 minutos água quente
		<i>Pigging</i>
	A3/A4	Purga e limpeza tanque linha
		2 minutos água quente
		2 minutos água quente
		2 minutos água fria

Dada a variância entre procedimentos de lavagem, importa referir que:

- No caso das **linhas A3 e A4**, não foi possível recolher as etapas do procedimento de limpeza todas separadamente, devido a questões logísticas e movimentações no chão de fábrica, tendo-se optado por validar a segregação que acontecia por parte de alguns supervisores, em que eram recolhidas para IBC algumas etapas até que se observasse a limpidez da água, nomeadamente, passagem do PIG, purga e limpeza do tanque de linha, 2 minutos de água quente e, em alguns casos, ainda mais 2 minutos de água quente. Decidiu-se, então, fragmentar o procedimento de limpeza destas duas linhas em 2 fases: a primeira, englobando passagem do PIG, purga e limpeza do tanque de linha, 2 minutos de água quente, e a segunda, composta pelas restantes etapas;
- Por outro lado, na **linha A1**, recolheram-se todas as etapas separadamente, à exceção das etapas de 3º e 4º CIP e escoamento da água bomba produto, que foram aglomeradas. A linha A1 também pode proceder ao enchimento, de espuma de banho, que embora esporádico, contém etapas de limpeza semelhantes às do procedimento para as linhas A3 e A4.

Relativamente à área de **formulação**, tal como acontece nas linhas de enchimento, existe uma variabilidade nos procedimentos de lavagens que se evidencia na Tabela 10.

Tabela 10 - Etapas do procedimento de lavagem entre produtos ativos por formulação e categoria de produto.

Área de formulação	Categoria de produto	Etapas do procedimento de lavagem
Aquosa (nova)	Espuma de cabelo (P&G e Coty); Creme/loção corporal; Gel de barbear	Purga
		Fase I CIP
		Fase II CIP
		Fase III CIP
		Fase IV CIP
Mista (antiga)	Espuma de cabelo (Unilever); Espuma de banho; Espuma de barbear	Purga
		Pré lavagem
		Vapor de água
		Quantidade de água fria estipulada pelo formulador (variável)

Em ambas as áreas de formulação, apenas foi possível proceder à recolha de amostras compostas, representativas de cada etapa do procedimento de lavagem, dada a inexistência de condições para a recolha dos resíduos para contentor.

No caso da formulação nova, o volume de água utilizado por lavagem, foi estimado em cerca de 1200L na totalidade, enquanto na formulação antiga, apesar da variação devida à possibilidade de definição pelo formulador, sabe-se que envolve em média 740L.

Salienta-se que a área da formulação foi a mais complicada em termos de amostragens, devido à falta de planeamento atempado e devidamente comunicado.

No que concerne ao **laboratório de controlo de qualidade**, as águas residuais mais relevantes são originadas pela descarga de aerossóis cheios (para teste de atuação do produto acabado), as quais foram totalmente recolhidas e caraterizadas por amostra composta representativa de todo o procedimento. Constatou-se uma variância grande, devida às diferentes misturas de categorias de produtos que poderiam ser descarregados em simultâneo.

3.5 CARATERIZAÇÃO E PROPOSTA DE GESTÃO DOS FLUXOS CARATERIZADOS

Com as amostragens descritas na secção anterior, 3.4, tornou-se possível caraterizar e gerir os fluxos, conforme critérios da Tabela 11.

Tabela 11 – Critérios para gestão de fluxos afluentes à ETARI

Critério	Tipo de tratamento
CQO $\geq$ 10 000 mg/L	Tratamento externo (Gestor de resíduos)
3000 mg/L > CQO > 10 000 mg/L	Tratamento interno (ETARI)
CQO $\leq$ 3000 mg/L	Sem necessidade de tratamento (Coletor municipal)

As caraterizações de fluxos apresentam-se por unidade produtiva. De forma a facilitar a análise de valores obtidos com a aplicação dos critérios referidos, utilizar-se-á o mesmo código de cores da Tabela 11.

3.5.1 UNIDADE DE EMBALAGENS METÁLICAS E UNIDADE DE EMBALAGENS PLÁSTICAS

Dado serem simples de analisar os resultados das caraterizações dos resíduos de ambas as unidades, aglomeraram-se na Tabela 12.

Tabela 12 – Caraterização fluxos originados na unidade de embalagens metálicas e unidade de embalagens plásticas.

		CQO médio (mg O ₂ /L)	Caudal médio (L/d) ^a
Embalagens Plásticas	Lavagem de pavimentos e água de refrigeração de moldes	16 025	4,38
Embalagens Metálicas	Lavagem de pavimentos e lavagem de equipamento de aplicação de poliuretano	15 870	28,57
	Lavagem de revelação de chapas litográficas e laboratório CQ	2 775	160

^a Caudal médio obtido dividindo o volume recolhido para contentor pelo número de dias de duração de cada ensaio.

Determinaram-se valores médios de CQO e volume diários, uma vez que foram realizados três ensaios no caso da lavagem de pavimentos e água de refrigeração de moldes e lavagem de pavimentos e lavagem de equipamento de aplicação de poliuretano, e quatro ensaios para a lavagem de revelação de chapas litográficas e laboratório CQ.

Pela observação da Tabela 12, e, considerando os critérios da Tabela 11, sugere-se que se mantenha o envio dos 3 resíduos para a ETAR, apesar de o último cumprir o critério para envio ao coletor, não há certeza se cumprirá com os outros parâmetros exigidos para esse envio.

Portanto, como oportunidade de melhoria, poderá ser avaliada a possibilidade de envio direto ao coletor municipal, após análise completa e periódica de todos os parâmetros necessários.

3.5.2 UNIDADE DE ENCHIMENTO DE AEROSSÓIS E LÍQUIDOS

Começando pelos resíduos resultantes dos procedimentos de lavagem entre ordens de produção, nas **linhas de enchimento**, surge a caracterização da Tabela 13, apresentada na página seguinte.

Tabela 13 – Caraterização das etapas dos procedimentos de limpeza das linhas de enchimento.

	Categoria de produto	Etapas do procedimento de lavagem	CQO (mg O ₂ /L)	Volume (L) ^b	Volume (%) ^c
Linha(s) de enchimento	A1	1º CIP interno	29 482	1190	61%
		CIP externo	22 930	130	
		2º CIP interno	7 108	830	39%
		1º CIP	37 220	500	19%
		2º CIP	3 856	640	81%
		3º e 4º CIP, Escoamento da água da bomba de produto	3 215	530	
	A3/A4	<i>Pigging</i> , purga e limpeza tanque linha, 2 minutos água quente	23 748	290	28%
		2 minutos água quente, 2 minutos água fria	1 192	750	72%
		<i>Pigging</i> , purga e limpeza tanque linha, 2 minutos água quente	46 375	290	28%
		2 minutos água quente, 2 minutos água fria	945	750	72%
		<i>Pigging</i> , purga e limpeza tanque linha, 2 minutos água quente	---	290	28%
		2 minutos água quente, 2 minutos água fria	---	750	72%

Inicialmente, para a linha A1, todos os resíduos de lavagem eram recolhidos para um tanque de armazenamento antes de serem enviados para tratamento externo.

^b Volume referente à etapa de lavagem indicada na coluna para o efeito à esquerda.

^c Percentagem volúmica da etapa de lavagem relativamente ao volume total gasto no procedimento de lavagem.

^d Não foi possível realizar amostragem de espuma de barbear, dado ser produzida esporadicamente. No entanto, para gestão do resíduo produzido, assumir-se-á comportamento semelhante às espumas de cabelo e espumas de banho.

Com a caraterização realizada e pela observação dos resultados da Tabela 13, constata-se que:

- Para a linha A1, existem etapas do procedimento de limpeza, assinaladas a amarelo, que podem ser tratadas internamente, na ETARI, nomeadamente, o 2º CIP interno do gel de barbear, e as etapas a partir do 2º CIP do creme/loção corporal. Desta forma, ter-se-ia uma redução de volume de resíduos de lavagem enviados para tratamento em entidade externa, menos 39% no caso do gel de barbear e menos 81% para creme/loção corporal, assim como de custos associados ao tratamento externo;
- Para as linhas A3 e A4, deverão enviar-se para tratamento externo as etapas de *pigging*, purga e limpeza de tanque de linha e 2 minutos de água quente, enquanto que as restantes etapas podem ser encaminhadas diretamente para o coletor, pois não necessitam de tratamento (< 3000 CQO). Este procedimento, permitirá reduzir em 72%, o volume enviado à ETARI por lavagem.

Com a caraterização realizada, foi elaborada uma Lição de Um Ponto, LUP, isto é, uma instrução de trabalho simplificada, contendo uma tabela simples de consultar a fim de saber o destino de cada resíduo originado nas lavagens das linhas de enchimento, disponibilizada no ANEXO C: LUP LINHAS DE ENCHIMENTO COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA.

Ainda neste seguimento, foram realizadas 11 sessões de sensibilização para a segregação de resíduos, tendo abrangido 127 pessoas de várias áreas da unidade de enchimento, desde colaboradores de linha, formulação, pré-pesagem, armazéns, condutores de empilhador, mecânicos e supervisores.

Como oportunidades de melhoria, sugerem-se:

- a automação para facilitar a segregação dos resíduos das lavagens das linhas, evitando falha humana;
- a construção de um tanque de retenção para controlo analítico prévio ao envio para coletor da ETAR municipal.

O balanço de volumes e custos, considerando uma semana de produção, será apresentado na secção 3.7.

Relativamente à **formulação**, a situação inicial consiste na inexistência de segregação de resíduos na formulação aquosa (nova) enquanto que na formulação mista (antiga) apenas existia segregação ou segregação incorreta de resíduos de produtos não aquosos cosméticos e não cosméticos, definida pela LUP implementada desde Junho de 2016, conforme ANEXO D: LUP FORMULAÇÃO ATUALMENTE EM VIGOR.

A Tabela 14, apresenta a caracterização das etapas constituintes dos procedimentos de limpeza da formulação.

Tabela 14 – Caracterização das etapas dos procedimentos de limpeza da formulação.

	Categoria de Produto	Etapas do procedimento de limpeza	CQO (mg O ₂ /L)	Volume (L) ^e	Volume (%) ^f
Formulação aquosa (nova)	Espuma de cabelo <i>P&G e Coty</i>	Purga, Fase I CIP	20 000 ^g	315	26%
		Fases II, III e IV CIP	< 3 000 ^g	900	74%
	Creme/loção corporal	Purga, Fase I CIP	36 630	315	26%
		Fases II, III e IV CIP	421	900	74%
	Gel de barbear	Purga, Fases I, II e III CIP	25 000 ^g	765	63%
		Fase IV CIP	> 3 000 ^g	450	37%
Formulação mista (antiga)	Espuma de cabelo <i>Unilever</i>	Purga, pré lavagem, vapor água, 100L água fria	47 410	130	17%
		Restante água fria	1 011	65	83%
	Espuma de banho	Purga, pré lavagem, vapor água, 100L água fria	42 868	130	17%
		Restante água fria	1 000	650	83%
	Espuma de barbear	Purga, pré lavagem, vapor água, 100L água fria	25 000 ^g	130	17%
		Restante água fria	> 3000 ^g	650	83%

^e Volume referente à etapa de lavagem indicada na coluna para o efeito à esquerda.

^f Percentagem volúmica da etapa de lavagem relativamente ao volume total gasto no procedimento de lavagem.

^g Valores assumidos considerando mesmas condições das amostragens das linhas de enchimento e relação volumes segregados.

Apesar da impossibilidade de caraterizar os resíduos de todas as categorias de produtos, inferiram-se resultados e oportunidades de melhoria com os dados obtidos para as linhas de enchimento.

Na formulação aquosa (nova), poderiam ser enviados para tratamento externo, a purga e fase I do CIP para espumas de cabelo *P&G* e *Coty* e loção corporal, podendo as restantes etapas ser enviadas diretamente para coletor.

Na formulação mista (antiga), poderiam ser enviadas para tratamento externo as etapas de purga, pré-lavagem, vapor água e 100L de água fria, sendo a restante água fria enviada para coletor (no caso da espuma cabelo *Unilever* e espuma de banho) e no caso da espuma de barbear enviada para a ETARI.

A segregação de resíduos proposta em ambas as áreas da formulação, permitiria a redução de 88% do volume enviado à ETARI, melhorando o desempenho desta.

Portanto, sugerem-se como oportunidades de melhoria:

- Padronizar os processos de lavagens de tanques na formulação mista (antiga);
- Conceção de condições para segregação de resíduos dos tanques de produção P6, P12 e P13, na formulação mista (antiga);
- Conceção de condições físicas e alteração da programação CIP para possibilitar segregação de resíduos na formulação aquosa (nova);
- Segregação transponível para tanques de armazenamento e móveis;
- Implementação e formação aos colaboradores de LUP semelhante à das linhas de enchimento, ANEXO E: LUP FORMULAÇÃO COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA, uma vez que a que vigora apenas contempla parte dos resíduos a segregar.

Finalmente, a caraterização para os resíduos do **laboratório de controlo de qualidade**, apresenta-se na Tabela 15.

Tabela 15 – Caraterização dos resíduos originados no laboratório de controlo de qualidade.

	CQO médio (mg O₂/L)	Caudal médio (L/d) ^h
Testes de descarga de aerossóis	106 162	639

Dado estas águas residuais serem originadas pela descarga de todo o tipo de aerossóis (exceto gel barbear) possuem uma carga bastante significativa em CQO. Portanto, sugere-se que estes resíduos passem a ser recolhidos de forma adequada e enviados para tratamento externo.

3.6 ANÁLISE DE POSSIBILIDADE DE TRATAMENTO NA ETARI

Para além do estudo imposto pelo tema, avaliou-se a possibilidade de voltarem a tratar-se na ETARI, dois resíduos das embalagens metálicas, dado serem os resíduos com maiores quantidades produzidas e enviadas para tratamento externo por mês:

- Lamas aquosas do poço de borracha que resultam da lavagem de ferramentas de aplicação de borracha, originados na Estampagem;
- Resíduos de limpeza de solução aquosa, produzidos na Montagem;

Recolheram-se várias amostras, cuja caraterização média é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 – Caraterização de resíduos em estudo para possibilidade de tratamento na ETARI.

	CQO médio (mg O₂/L)	Caudal médio (L/d) _i
Lamas aquosas do poço de borracha – Estampagem	13 262	373,8
Resíduos de limpeza de solução aquosa – Montagem	20 785	146,8

^h Caudal médio obtido dividindo o volume recolhido para contentor pelo número de dias de duração de cada ensaio;

ⁱ Caudal médio obtido dividindo o volume recolhido para contentor pelo número de dias de duração de cada ensaio.

O tratamento com os reagentes utilizados na ETARI foi testado em *Jar-Test*, tendo sido obtida uma separação visual notória, mas não satisfatória em termos de redução de CQO como mostrado na Figura 23 e conforme Tabela 17.

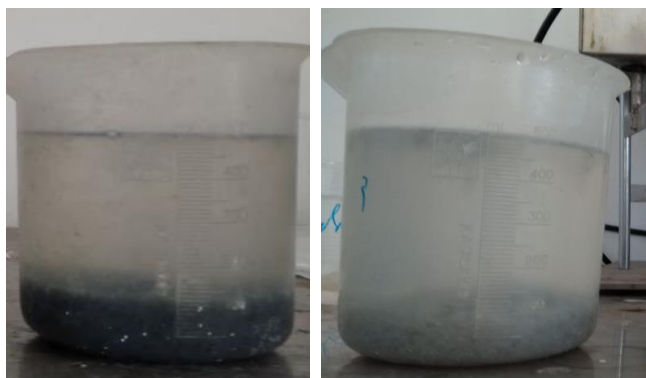


Figura 23 – *Jar-Test* dos resíduos em estudo para possibilidade de tratamento na ETARI (à esquerda, das lamas aquosas do poço de borracha e à direita dos resíduos de limpeza de solução aquosa).

Tabela 17 – Resultados da análise do sobrenadante do *Jar-Test* ilustrado na Figura 23.

	CQO do sobrenadante do <i>Jar-Test</i> (mg O ₂ /L)
Lamas aquosas do poço de borracha – Estampagem	6 052
Resíduos de limpeza de solução aquosa - Montagem	2 138

Torna-se importante referir que estes resultados acontecem somente na presença de cada um dos resíduos, não contemplando a devida interferência da mistura com outros.

Visto que ambos os resíduos apresentam carga orgânica, avaliada pela CQO, acima de 10 000 mg O₂/L e um caudal médio diário considerável, deverá manter-se o procedimento de envio para tratamento externo.

3.7 ANÁLISE DE VOLUMES E CUSTOS COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA

Os resíduos (águas residuais) resultantes das limpezas efetuadas nas linhas de enchimento e na formulação, como 16 03 06, têm a designação interna na Colep, de LER 16 03 06 – Resíduos lavagens de produtos aquosos: gel/espuma/loção Balanço custos resíduos limpezas linhas enchimento e formulação, de acordo com o Código da Lista Europeia de Resíduos (Código LER).

A Tabela 18 apresenta as quantidades produzidas deste resíduo, na Colep, nos anos de 2017 e 2018, assim como os custos associados.

Tabela 18 – Quantidades produzidas em 2017 e 2018 de resíduos de lavagens de produtos aquosos: gel/ espuma/ loção (LER 16 03 06).

	Produção		Custo tratamento externo (€/ano)
	ton/ano	ton/mês	
2017	141,6	11,8	12 461
2018	313,7	26,1	27 607
Variação 2017-2018	+ 122%		
Custo tratamento (LER 16 03 06): 88€/ton			

Pela Tabela 18, constata-se que de 2017 para 2018, aumentou a quantidade produzida deste resíduo em 122%, o que se deve à sensibilização para a segregação de resíduos originados nas linhas de enchimento e na formulação.

Com a segregação proposta na secção anterior, 3.5, baseada na caracterização quantitativa, em termos volúnicos, e qualitativa, avaliada pela CQO, e tendo por base 4 semanas de produção na Colep, considerando que numa semana existem 5 dias de produção nas linhas de enchimento, estimou-se o número de lavagens entre ordens de fabrico, em média, conforme Tabela 19.

O volume enviado, em litros, por semana para o coletor municipal, ETARI ou tratamento externo, obteve-se multiplicando a coluna volume pelo número médio de limpezas por semana, tendo em conta a segregação proposta pelo estudo.

Uma vez que se juntaram etapas dos procedimentos de lavagem, tanto a CQO como o volume e respetiva percentagem relativa ao volume total da lavagem, para a Tabela 19, foram determinados como valores médios ponderados, a partir dos valores da Tabela 13.

Tabela 19 - Estimativa volumes enviados para coletor municipal, ETARI e tratamento externo pelas linhas de enchimento com segregação proposta.

	Categoria Produto	Etapas de lavagem	CQO (mg O ₂ /L)	Volume/ etapa limpeza (L)	% Volume total etapa limpeza	Número médio limpezas por semana	Volume enviado para: (L/semana)			TOTAL (L)
							Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	
Linha(s) Enchimento	A1	Gel de barbear	1º CIP interno, CIP externo	26 206	1 320	61%	1	0	830	1 320
			2º CIP interno	7 108	830	39%				
				2 150						
	A1	Creme/ loção corporal	1º CIP	37 220	500	19%	2	0	4 260	1000
			restantes CIP	3 536	2 130	81%				
				2 630				5 090	2 320	7 410
	A3/A4	Espuma de cabelo	<i>Pigging</i> , limpeza tanque linha, 2 minutos água quente	23 748	290	28%	5	3 750	0	1450
			2 minutos água quente, 2 min água fria	1 192	750	72%				
	A4	Espuma de banho	<i>Pigging</i> , limpeza tanque linha, 2 minutos água quente	46 375	290	28%	5	3 750	0	1450
			2 minutos água quente, 2 minutos água fria	945	750	72%				
						13	7 500	5 090	5 220	17 810

Através dos dados da Tabela 19, determinou-se a redução, com a segregação proposta, em termos de volume e custos associados ao destino dos resíduos encaminhados para tratamento por entidade externa, uma vez que antes do estudo eram enviados na totalidade para tratamento por entidade externa ou para tratamento na ETARI, havendo parte do resíduo que não necessita de tratamento, e portanto não tendo custos associados. Construiu-se então a Tabela 20.

Tabela 20 – Variação de volumes e custos associados às linhas de enchimento.

Volumes totais (L) - situação inicial			Volumes totais (L) - com segregação proposta		
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo
0	7 500	10 310	7 500	5 090	5 220
Variação semanal (%)			+ 100 %	- 32 %	- 49 %
Variação semanal (L)			+ 7 500 L	- 2 410 L	- 5 090 L
Variação semanal (m ³)			+ 7,5 m ³	- 2,41 m ³	- 5,09 m ³
Variação anual (m ³)			+ 390 m ³	- 125 m ³	- 264,68 m ³
Variação custo semanal (€)			---	- 717 €	- 448 €
Variação custo anual (€)			---	- 37 275 €	- 23 292 €

Verifica-se pela Tabela 20 que é possível reduzir cerca de 5 m³ de resíduo enviado para tratamento por entidade externa, o que resultaria numa redução de custos 448 €, para uma semana de produção. Se se extrapolar para um ano de produção, considerando 52 semanas, tem-se uma redução de volume de, aproximadamente, 265 m³, e uma redução de custos de mais de 20 000 € com o tratamento deste resíduo. Adicionalmente ter-se-ia uma redução de 32% de volume enviado à ETARI, o que em termos de volume, equivale a menos cerca de 125 m³ anuais e uma redução de custos de mais de 37 000 € anuais.

Assumindo para a **área da formulação** a existência das mesmas 13 lavagens entre produtos por semana, considerando 5 dias de produção, elaborou-se a Tabela 21.

Obtiveram-se os valores de CQO, volume, percentagem e volumes semanais da mesma forma explicitada para a Tabela 19.

Tabela 21 – Estimativa de volumes enviados para coletor municipal, ETARI e tratamento externo pela área da formulação com segregação proposta.

	Categoria Produto	Etapas limpeza	CQO (mg O ₂ /L)	Volume etapa (L)	% Volume total etapa	Linha de enchimento correspondente	Número médio formulações/semana	Volume (L) enviado/ semana para:			
								Coletor Municipal	ETARI	Tratamento Externo	TOTAL (L)
Formulação aquosa (nova)	Espuma de cabelo P&G e Coty	Purga, Fase I CIP	20 000 ⁽¹⁾	315	26%	A3	5	4 500	0	1 575	
		Fases II, III e IV CIP	< 3 000 ⁽¹⁾	900	74%						
	Creme/ loção corporal	Purga, Fase I CIP	36 630	315	26%	A1	2	1 800	0	630	
		Fases II, III e IV CIP	421	900	74%						
	Gel de barbear	Purga, Fases I, II e III CIP	25 000 ⁽¹⁾	765	63%	A1	1	0	450	765	
		Fase IV CIP	> 3 000 ⁽¹⁾	450	37%						
Formulação mista (antiga)	Espuma de cabelo Unilever	purga, pré-lavagem, vapor água, 100L água fria	47 410	130	17%	A4	1	650	0	130	
		restante água fria	1 011	650	83%						
	Espuma de banho	purga, pré-lavagem, vapor água, 100L água fria	42 868	130	17%	A4	2	1 300	0	260	
		restante água fria	1 000	650	83%						
	Espuma de barbear	purga, pré-lavagem, vapor água, 100L água fria	25 000 ⁽¹⁾	130	17%	A4	2	0	1 300	260	
		restante água fria	> 3000 ⁽¹⁾	650	83%						
							13	8 250	1 750	3 620	13 620

A Tabela 21, permitiu estimar as variações de volume enviados para a ETARI e tratamento em entidade externa, assim como custos associados a essas variações, conforme Tabela 22.

Tabela 22 – Variação de volumes e custos com a segregação proposta para a área da formulação.

Volumes totais (L) - situação inicial			Volumes totais (L) - com segregação proposta		
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo
0	13 620	0	8 250	1 750	3 620
Variação semanal (%)			+ 100%	- 87%	+ 100 %
Variação semanal (L)			+ 8 250 L	- 11 870 L	+ 3 620 L
Variação semanal (m ³)			+ 8,3 m ³	- 11,9 m ³	+ 3,62 m ³
Variação anual (m ³)			+ 429 m ³	-617,24 m ³	+ 188,24 m ³
Variação custo semanal (€)			---	- 3 531 €	+ 319 €
Variação custo anual (€)			---	- 183 592 €	+ 16 565 €

Observa-se na Tabela 22 que a segregação proposta permitiria uma redução de 11,9 m³ enviados à ETARI por semana, correspondentes ao que passaria a ser enviado para coletor municipal juntamente com o enviado para tratamento externo, o que representa 87% do volume enviado à ETARI pela área da formulação, permitindo um a redução da carga orgânica para tratar na ETARI, facilitando o desempenho do tratamento realizado na mesma. Por outro lado, implicaria um aumento de custos com o tratamento por entidade externa de cerca de 319 € semanais, ou seja, cerca de 16 500 € por ano.

Torna-se relevante, portanto, o balanço de custos global imposto com a segregação proposta, conforme Tabela 23.

Os valores relativos às linhas de enchimento e formulação da Tabela 23, foram retirados das Tabela 19 e Tabela 21, linha sombreada a cinza. Por sua vez, os valores do laboratório de CQ do enchimento, dos plásticos, das metálicas e da litografia, foram obtidos multiplicando o caudal diário da Tabela 12 por 5 dias de produção.

Tabela 23 – Balanço global de volumes.

Volumes totais (L) - situação inicial			Volumes totais (L) - com segregação proposta			
Linhas de enchimento - Enchimento - 13 lavagens/semana						
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	
0	7 500	10 310	7 500	5 090	5 220	
Formulação - Enchimento - 13 lavagens/semana						
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	
0	13 620	0	8 250	1 750	3 620	
Laboratório CQ - Enchimento - 1 semana (5 dias) de produção						
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	
0	3 195	0	0	0	3 195	
Plásticos - 1 semana (5 dias) de produção						
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	
0	22	0	0	22	0	
Metálicas - 1 semana (5 dias) de produção						
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	
0	143	0	0	143	0	
Litografia - 1 semana (5 dias) de produção						
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	
800			800			
TOTAL - situação inicial				TOTAL - com segregação proposta		
0	25 280	10 310		15 750	7 805	12 035
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo		Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo

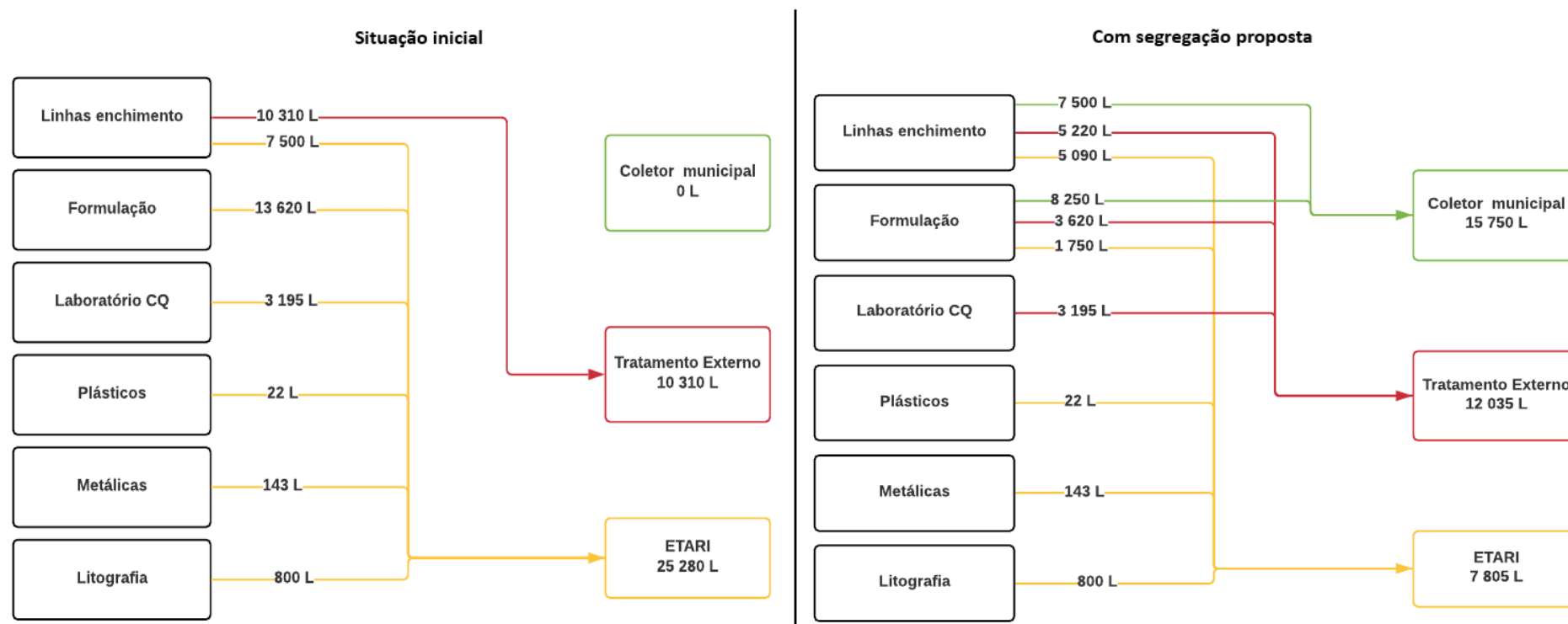


Figura 24 – Balanço global de fluxos.

Com base no balanço de fluxos da Figura 24, e sabendo os custos associados ao tratamento na ETARI (apresentados adiante na secção 4.4) bem como ao tratamento em entidade externa, procedeu-se a uma avaliação global de custos, conforme Tabela 24.

Tabela 24 – Avaliação global de custos com base no balanço global de fluxos.

Volumes totais (L) - situação inicial			Volumes totais (L) - com segregação proposta		
Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo	Coletor municipal	ETARI	Tratamento Externo
0	25 280	10 310	15 750	7 805	12 035
Variação semanal (%)			+ 100 %	- 69 %	+ 17%
Variação semanal (L)			+ 15 750 L	- 17 475 L	+ 1 725 L
Variação semanal (m ³)			+ 15,75 m ³	-17,475 m ³	+ 1,725 m ³
Variação anual (m ³)			+ 819 m ³	- 908,7 m ³	+ 89,7 m ³
Variação custo semanal (€)			---	- 5 198 €	+ 7 894 €
Variação custo anual (€)			---	- 270 284 €	+ 410 467 €
Variação global anual (€)			+ 140 183 €		

Pela Tabela 24, constata-se que a segregação proposta levaria a:

- Diminuição de 69% do volume enviado para tratamento na ETARI, resultando numa diminuição de custos de tratamento realizado na ETARI, em mais de 200 000 €;
- Aumento de 17% do volume enviado para tratamento em entidade externa, o que resultaria em aumento de custos de aproximadamente 410 000 €.

Portanto, no global, a segregação proposta, implicaria um aumento anual de custos com o tratamento dos resíduos originados em cerca de 140 000 €.

Estimou-se também o **volume do eventual tanque de retenção prévio ao coletor municipal**, considerando os mesmos 5 dias de produção numa semana, conforme Tabela 25.

Tabela 25 – Estimativa do volume do eventual tanque de retenção prévio ao coletor municipal.

Volume para coletor municipal (L/semana)	
Embalagens Plásticas	22
Embalagens Metálicas	143
Litografia	800
Linhas enchimento	7 500
Formulação	8 250
TOTAL	16 715

Portanto, pela Tabela 25, no total, seriam enviados para coletor municipal, cerca de 16 m³ por semana de 5 dias de produção, o que permite atribuir um tanque para armazenamento já existente com a capacidade necessária ou aquisição de um novo para o mesmo efeito, permitindo ainda a análise aos parâmetros necessários para a descarga em coletor municipal, conforme Tabela 26, do capítulo seguinte.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA COLEP

4.1 LEVANTAMENTO DE ESTRUTURAS E DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO
ATUALMENTE IMPLEMENTADO

4.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO IMPLEMENTADO

4.3 ESTUDO CONSUMO ENERGÉTICO E EFICIÊNCIA SECAGEM LAMAS

4.4 ANÁLISE DE CUSTOS DO TRATAMENTO POR VOLUME DE EFLUENTE TRATADO

4.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIA

4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA COLEP

A estação de tratamento de águas residuais (ETARI) da Colep, data de 1986, ou seja, é uma instalação com 33 anos. A ETARI é composta por vários tanques e equipamentos cuja função é reduzir a concentração de poluentes de modo a cumprir os valores limite de emissão para descarga de águas residuais no coletor municipal, nomeadamente com valores limite de Carência Química de Oxigénio (CQO).

Os valores limite de emissão (VLE) impostos pela CMVC, isto é, valores que máximos que os parâmetros podem apresentar para que a descarga em coletor municipal seja autorizada, listam-se seguidamente, na Tabela 26.

Tabela 26 – Valores Limite de Emissão impostos pela CMVC para descarga do efluente em coletor municipal

Parâmetro	Valor Limite de Emissão (VLE)
Arsénio	1 mg/L
Cádmio	0,2 mg/L
Chumbo	1 mg/L
Cianetos	0,5 mg/L
Cloro residual disponível Total	1 mg/L
Cobre	1 mg/L
Crómio	2 mg/L
Crómio hexavalente	2 mg/L
Detergentes aniónicos	50 mg/L
Fenóis	0,5 mg/L
Mercúrio	50 µg/L
Níquel	2 mg/L
Óleos e gorduras	15 mg/L
pH	6,0 - 9,0
SST	500 mg/L
Sulfuretos	1 mg/L
CQO	3000 mg/L
CBO5	-
CBO5/CQO	>0,25
Temperatura	60°C

A ETARI da Colep, começou a revelar dificuldades em tratar todos os seus afluentes, tendo sido decidido a partir desse momento que determinados fluxos deveriam ser segregados, evitando que afluíssem à ETARI. A decisão inicial foi de segregação de todos os afluentes de base não aquosa, que se mostrou insuficiente, surgindo a necessidade de uma segregação mais rigorosa, intervindo também nos afluentes de base aquosa, sendo nesse sentido que surge este trabalho.

4.1 LEVANTAMENTO DE ESTRUTURAS E DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO ATUALMENTE IMPLEMENTADO

O processo de tratamento atualmente implementado na ETARI da Colep, baseado essencialmente num tratamento físico-químico, pela adição de reagentes no flotador/raspador, encontra-se esquematizado de forma simplificada na Figura 25.

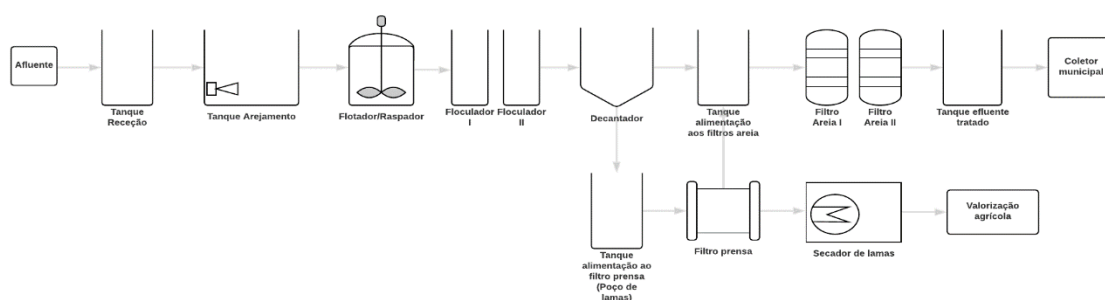


Figura 25 – Esquema simplificado do tratamento da ETARI da Colep.

O **tanque de recepção**, Figura 26, recebe todos os fluxos industriais identificados na secção 3.3, através de condutas gravíticas. Trata-se de um tanque de betão, enterrado, com um volume útil de 55,2 m³ e 3,5 m de profundidade. Tem como função a equalização de caudal e carga orgânica à entrada, uma vez que ambos os parâmetros podem variar bastante ao longo do dia de trabalho, pois estão dependentes do tipo de produção, o que permite melhorar o desempenho das etapas do processo de tratamento a jusante.

Torna-se importante referir que, para além da grande variabilidade de carga orgânica afluente à ETARI, mais significativa, existe também alguma variância em termos de volume, conforme se apresenta na secção seguinte, 4.2.



Figura 26 – Tanque de receção.

O afluente equalizado é enviado por uma bomba centrífuga existente no fundo do tanque de receção, para o **tanque de arejamento**, Figura 27.

Tal como o tanque de receção é um tanque enterrado de betão, tem um volume útil de 350 m³ e uma profundidade de 3,5 m, onde como o nome indica, ocorre a injeção de ar atmosférico através de dois injetores submersíveis, passíveis de serem operados de forma individual ou em simultâneo, Figura 28. A proteção do funcionamento destes equipamentos é assegurada por uma boia de nível.

A injeção de ar tem como objetivo aumentar o oxigénio dissolvido no afluente, ao mesmo tempo que promove a homogeneização do mesmo e a diminuição da carência química de oxigénio.



Figura 27 – Tanque de arejamento.



Figura 28 – Injetores de ar atmosférico existentes no tanque de arejamento.

É importante salientar que as construções de ambos os tanques de recepção e arejamento, não sofreu trabalhos de reabilitação ou impermeabilização ao longo da sua existência. Portanto, é visível a corrosão severa no fundo e paredes do tanque de recepção e paredes do tanque de arejamento (Figura 29, Figura 30 e Figura 31). Existem ainda infiltrações na parede entre os tanques de recepção e de arejamento, que permitem a passagem de águas residuais entre ambos. Devido a essas infiltrações, o tanque de recepção não funciona devidamente como um tanque de equalização, assim como o tratamento no tanque de arejamento fica comprometido. Para além disso, existe ainda o risco de contaminação do meio envolvente, nomeadamente dos solos e águas de poços subterrâneos.



Figura 29 – Corrosão no fundo e paredes do tanque de recepção.



Figura 30 – Corrosão numa das paredes do tanque de arejamento.



Figura 31 – Infiltração na parede entre os tanques de receção e arejamento.

Após um período variável de arejamento, dependente do volume de água residual a tratar e carga orgânica nele contida, a água residual é transferida por bombagem para o **flotador/raspador**, Figura 32.

Trata-se de um tanque de inox, com volume útil de 5 m³, no qual ocorre o tratamento de base físico-química, processo de coagulação-floculação, promovido pela adição, em linha, recorrendo a bombas doseadoras de reagentes, na seguinte ordem: solução de coagulante, solução de hidróxido de sódio (soda cáustica) e solução de floculante.

A informação apresentada de seguida, consta das Fichas Técnicas (FT) ou de Produto (FP) dos reagentes, apresentadas na sua totalidade no ANEXO F: FICHAS TÉCNICAS OU DE PRODUTO DE REAGENTES DA ETARI:

- Coagulante *Kemira PAX-18*:

O coagulante utilizado na ETARI consiste numa solução de polihidroxiclóreto de alumínio, tendo diferentes aplicações, nomeadamente como coagulante no tratamento de água potável, industrial e efluentes industriais, como agente de colagem e retenção na indústria de fabrico de papel, como matéria-prima no fabrico de *blend* para tratamento de efluentes industriais cerâmicos ou têxteis, por exemplo. Apresenta excelente comportamento em águas com elevada contaminação orgânica, e atua num amplo intervalo de pH (5-10).

- Hidróxido de Sódio (soda cáustica):

A soda cáustica tem diversas aplicações, tais como, o tratamento de águas residuais, tratamentos de superfície e, ainda, utilização em indústria, por exemplo, de celulose, sabões e detergentes ou têxtil. A sua utilização tem como objetivo a elevação do pH do efluente, de forma a atingir o valor recomendado para a ação do coagulante.

- Solução de floculante, *Drewfloc™ 856*:

Este produto consiste num polieletrólito catiónico forte baseado em acrilamida e um derivado de ácido acrílico catiónico. É essencialmente utilizado para purificação de águas residuais, assim como para espessamento e remoção de água de lamas. É ainda especialmente adequado em aplicações nas quais se pretende melhorar a coesão dos flocos formados.



Figura 32 – Flotador/Raspador.

As concentrações e o volume dos reagentes adicionados são definidos pela realização de *jar-tests*, pelo operador, sendo variáveis.

Este processo é contínuo, não existindo tempos de estagnação no flotador/raspador. As lamas sobrenadantes originadas nesta etapa são expulsas pelo raspador para o poço de lamas (anterior ao filtro prensa).

O efluente resultante após a remoção das lamas sobrenadantes, é dirigido a um dos **floculadores**, Figura 33, onde se promove, através de agitação e tempo de contato estimado de 30 minutos, a formação e estabilização dos flóculos. Cada floculador consiste num tanque cilíndrico, de volume útil de 3,2 m³, estando definida a utilização alternada de cada um deles.

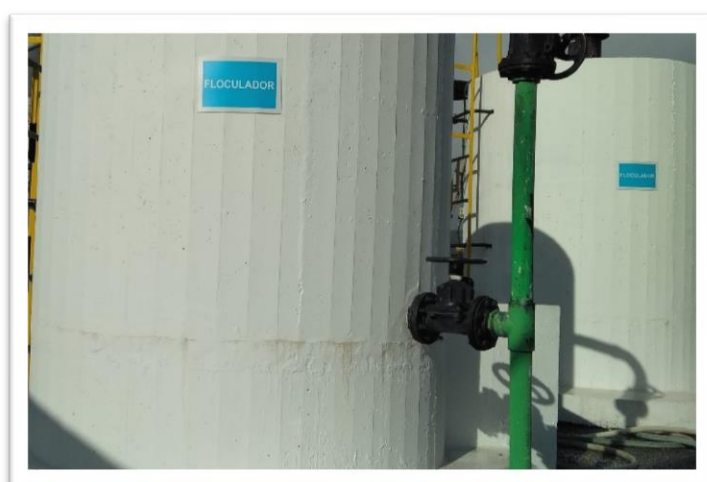


Figura 33 – Floculadores.

Assim que um dos floculadores atinja o seu limite volumétrico, é descarregado para o **decantador**, Figura 34, que consiste num tanque retangular enterrado, de betão, de volume útil de 14 m³. O principal objetivo desta etapa é a separação das diferentes fases: uma parte das lamas sedimenta no fundo do tanque, outra permanece à superfície, ficando retida nos descarregadores em “V”, conforme ilustra a Figura 35.



Figura 34 – Decantador.

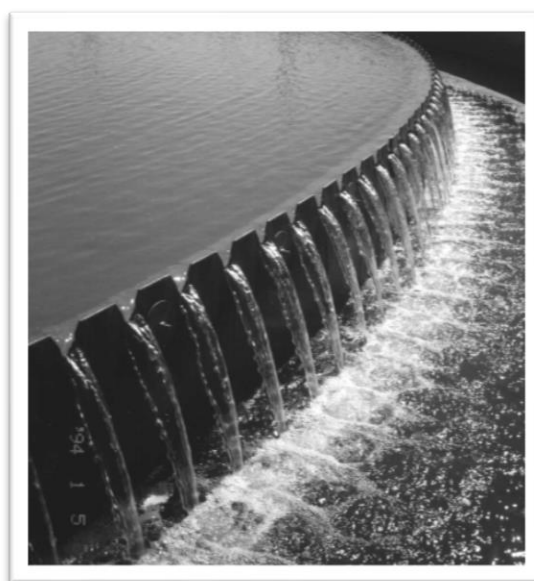


Figura 35 – Descarregadores em “V” em decantador circular (Davis, et al., 2013).

Segundo (Davis, et al., 2013), os descarregadores em “V”, mais comuns, são preferíveis em detrimento dos retangulares, uma vez que nestes últimos existe maior exposição ao efeito do vento assim como permitem a ocorrência de descargas irregulares se não estiverem devidamente nivelados. Para além disso, os

descarregadores em “V” possibilitam maior variação de caudal sem que esta afete, de forma significativa, a velocidade de descarga.

O efluente decantado, fase líquida, segue, por gravidade, para o **tanque de alimentação aos filtros de areia**, Figura 36, um tanque enterrado, de betão, com volume útil de 3,6 m³.



Figura 36 – Tanque de alimentação aos filtros de areia.

A última etapa do tratamento da fase líquida consiste na sua passagem por pressurização pelo leito granular dos dois **filtros de areia**, Figura 37, cada um com volume útil de 1,6 m³. O leito granular é constituído por várias camadas de areia de diferentes granulometrias, estando dispostas da maior para a menor em sentido ascendente, estando ainda disposta no topo, uma camada de carvão ativado.



Figura 37 – Filtros de Areia.

O efluente filtrado é, por fim, encaminhado ao **tanque de efluente tratado**, Figura 38, também este um tanque enterrado, de betão, de volume útil de 6,0 m³, que tal como o tanque de arejamento, está equipado com um injetor de ar atmosférico, o qual

raramente é ligado devido à formação excessiva e indesejável de espuma, devida aos tensioativos presentes no efluente. Este tanque permite o envio do efluente tratado para o coletor municipal, em caso de resultados laboratoriais favoráveis, ou reencaminhamento ao tanque de arejamento para correção do tratamento em caso contrário.



Figura 38 – Tanque de efluente tratado.

Por sua vez, as lamas sedimentadas no decantador assim como as lamas sobrenadantes retiradas aquando da limpeza do decantador, fase sólida, são bombeadas para o **tanque de alimentação ao filtro prensa (poço de lamas)**, Figura 39, um tanque enterrado, de betão, de volume útil de 13,7 m³, equipado com um agitador, evitando assim que as lamas sedimentem novamente e promovendo a uniformização antes do envio à etapa seguinte.



Figura 39 – Tanque de alimentação ao filtro prensa (poço de mistura de lamas).

Após a homogeneização das lamas, estas são bombeadas pneumáticamente para o **filtro prensa**, Figura 40, onde estas são pressionadas continuamente, removendo parte da água contida nas lamas, através das cerca de 50 placas filtrantes.



Figura 40 – Filtro prensa.

As lamas semi-solidificadas e aglomeradas são seguidamente enviadas para o **secador de lamas**, Figura 41, onde sofrem desidratação térmica, reduzindo o seu volume, através da evaporação da água nelas contida. No final do processo de secagem, as lamas secas, são enviadas para tratamento por uma entidade externa para que sejam reaproveitadas para fins agrícolas.



Figura 41 – Secador de lamas.

Outros dados de dimensionamento das estruturas envolvidas no tratamento implementado na ETARI, podem ser consultados no ANEXO G: OUTROS DADOS DE DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DA ETARI.

4.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO IMPLEMENTADO

O funcionamento da ETARI foi acompanhado numa base diária, tendo sido possível avaliar, dentro do possível, a eficiência global do tratamento implementado na ETARI bem como das diferentes etapas que o compõem.

De salientar que este estudo foi algo difícil de concretizar, dado diferentes equipamentos da ETARI terem estado inoperacionais sucessivamente:

- Contador do secador de lamas avariado, reparado a 18 de Junho (inicialmente pensou-se medir o consumo energético deste equipamento através da contagem de horas, mas verificou-se não ser adequado e partiu-se para a implementação do registo de secagem das lamas e medição com equipamento das infraestruturas);
- Filtros de areia inoperacionais, tendo sido realizado o 1º ensaio com passagem pelos mesmos a 12 de Julho;
- Avaria do agitador do tanque de alimentação ao filtro prensa a 13 de Julho, juntamente com o autómato do filtro prensa, situação que ficou resolvida a 29 de Agosto, o que levou à decisão de recirculação de lamas para o tanque de arejamento, ficando estas lá acumuladas e dificultando o tratamento do afluente – procedeu-se a uma limpeza extraordinária dos tanques de receção e arejamento, na primeira quinzena de Outubro, com a finalidade de remover o efluente intratável e as lamas acumuladas;
- Avaria do secador de lamas a 17 de Setembro, tendo ficado operacional a 13 de Novembro.

Como já foi referido na secção 4.1, existe uma variabilidade considerável em termos de carga orgânica (avaliada pela CQO) na entrada da ETARI, isto é, no tanque de receção, assim como de volume afluente, embora menos significativa.

Apenas para uma noção de grandezas, a carga orgânica, em termos de CQO, no tanque de receção, variou em 2018 entre 2 324 e 83 170 mg O₂/L, segundo o registo de valores da Tabela 35 do ANEXO H: RESULTADOS DE VÁRIAS AMOSTRAGENS NOS TRÊS PONTOS DE CONTROLO DO TRATAMENTO DA ETARI. Pela mesma tabela, verifica-se também que a eficiência da ETARI varia também muito, desde 2% a 86% de remoção de CQO. Note-se que na tabela referida não constam todos os valores dos tratamentos realizados no ano de 2018.

Quando o tratamento não é eficaz (ultrapassando o VLE de CQO definido, de 3000 mg O₂/L), o efluente é recirculado para o tanque de arejamento, sendo realizado novo tratamento com reajuste do doseamento de reagentes adicionados.

A intratabilidade do afluente na ETARI, poderá resultar em envio para tratamento em entidade externa, acarretando custos extraordinários associados, pois para além dos custos com tentativas falhadas de tratamento, existe ainda o custo associado à recolha e envio para tratamento por entidade externa.

Devido a estas variâncias, aliadas às sucessivas avarias de equipamentos, no ano de 2018, foi necessário recorrer duas vezes ao envio para tratamento do efluente em entidade externa.

Ainda através dos dados da Tabela 35 do ANEXO H: RESULTADOS DE VÁRIAS AMOSTRAGENS NOS TRÊS PONTOS DE CONTROLO DO TRATAMENTO DA ETARI, determinaram-se os valores médios mensais de CQO na entrada da ETARI, assim como eficiências de remoção do mesmo parâmetro médias mensais, conforme Tabela 27. Ainda na mesma tabela, mostram-se os volumes médios mensais afluentes e efluentes, tendo sido estes retirados do ficheiro de indicadores, preenchido pelos operadores da ETARI, do qual se apresenta uma imagem no ANEXO I: FICHEIRO DE INDICADORES DO TRATAMENTO DA ETARI .

Salienta-se a importância das observações referidas para a Tabela 35 do ANEXO H: RESULTADOS DE VÁRIAS AMOSTRAGENS NOS TRÊS PONTOS DE CONTROLO DO TRATAMENTO DA ETARI, na análise da Tabela 27, apresentada de seguida.

Tabela 27 – Variabilidade de CQO na entrada da ETARI, remoção média mensal de CQO e volumes médios afluentes e efluentes à ETARI.

	CQO médio mensal entrada ETARI (mg O ₂ /L)	Remoção média mensal CQO (%)	V médio mensal (m ³)	
			Afluente	Efluente
Janeiro	-	-	1 057	-
Fevereiro	6 701	60%	614	-
Março	35 512	40%	1 054	-
Abril	8 169	49%	1 158	-
Maio	8 289	51%	1 130	1 192
Junho	13 039	60%	861	915
Julho	8 149	63%	1 521	1 246
Agosto	20 453	38%	1 431	1 075
Setembro	21 987	40%	1 327	1 324
Outubro	9 684	30%	1 125	1 171
Novembro	7 416	41%	1 695	1 790
Dezembro	9 746	40%	1 029	1 078
Média	13 559	47%	1 167	1 224
Média Diária	-	-	53	56

A variabilidade referida da Tabela 27, encontra-se representada na forma de gráfico na Figura 42.

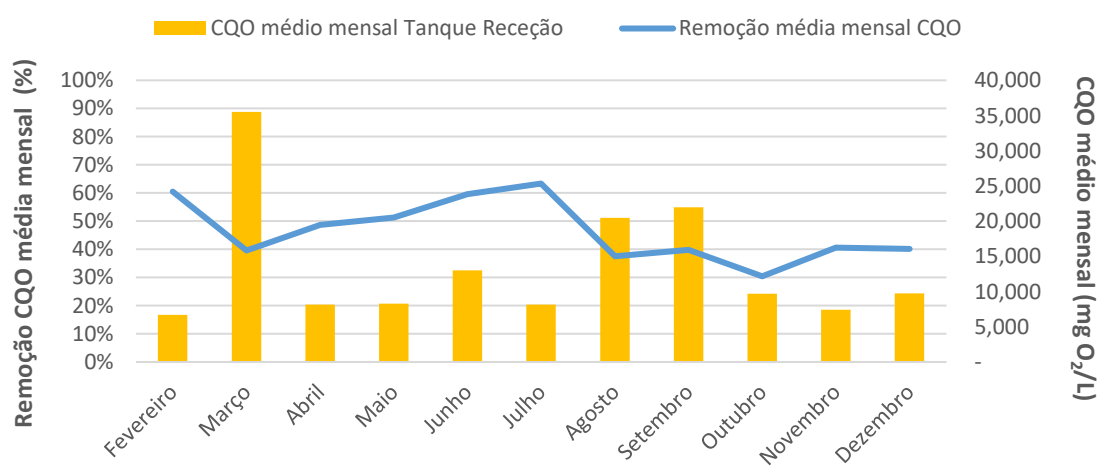


Figura 42 – Representação gráfica da variabilidade de CQO à entrada da ETARI.

Por sua vez, a variância de volumes afluentes e efluentes da ETARI, está representada graficamente na Figura 43. De referir que não existem valores de efluente para os meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril, dado que o contador de saída esteve avariado, tendo sido necessária a sua substituição por um novo.

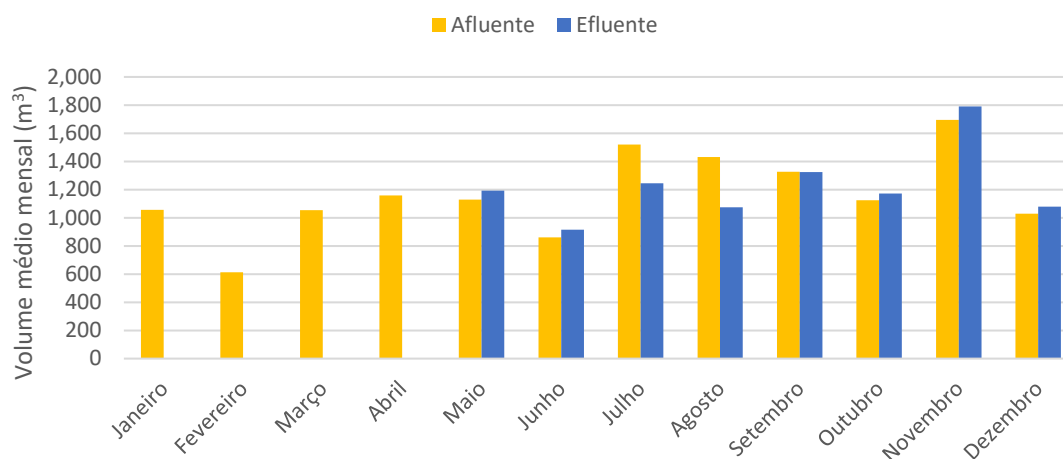


Figura 43 – Representação gráfica variância de volumes afluentes e efluentes da ETARI.

Pela observação da Figura 43, constata-se que:

- apenas nos meses de Julho, Agosto e Setembro (menos significativo), os volumes de afluente são superiores aos de efluente, o que facilmente é justificado pela decisão de recirculação (para o tanque de arejamento) das lamas formadas no decantador aquando da avaria do autómato do filtro prensa, já que havendo recirculação de lamas ou efluente, estes passam duas vezes no contador de entrada, dado este estar localizado após o tanque de arejamento;
- enquanto nos restantes meses, o volume de efluente ultrapassa sempre o volume de afluente, dada a adição de reagentes para o tratamento ser sob a forma de solução, levando a um aumento de volume.

No sentido de avaliar a **eficiência das etapas do processo de tratamento da fase líquida**, acompanharam-se 8 ensaios de tratamento na ETARI, tendo sido retiradas amostras ao longo do processo nomeadamente:

- saída do tanque de receção;
- saída do tanque de arejamento;

- saída do flotador/raspador;
- saída dos floculadores;
- saída do decantador;
- saída dos filtros de areia;
- saída do tanque de efluente tratado.

Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 28.

Tabela 28 – Eficiência das diferentes etapas do tratamento implementado na ETARI.

CQO médio (mg O ₂ /L)												
Ensaio	Tanque Receção	Tanque Arejamento				Flotador /Raspador	Floculadores	Decantador	Filtros areia	Tanque Efluente		Eficiência global remoção CQO
										Tratado		
		Arejamento (dias)								Arejamento (dias)		
		0	1	2	3					0	1	
1 ⁽¹⁾	15 670	16 710	29 320 ⁽²⁾	---	---	---	---	7 934	7 706	7 684	5 663	66%
2 ⁽³⁾			29 320 ⁽²⁾	3 797	---	1 755	3 861 ⁽⁵⁾	1 000	2 211 ⁽⁷⁾	1 000	---	94%
3	22 280	33 320	7 614	6 436	---	8 330 ⁽⁴⁾	5 743	6 159 ⁽⁶⁾	8 828 ⁽⁷⁾	6 747	4 930	85%
4	8 855	8 496	4 839	---	---	1 000	1 423 ⁽⁵⁾	1 000	1 000	1 000	---	89%
5	5 297	6 782	8 645 ⁽²⁾	---	---	6 249	6 182	5 174	5 268 ⁽⁷⁾	4 388	4 072	40%
6	9 069	7 250	---	---	5 800	5 400	5 804 ⁽⁵⁾	5 101	5 293 ⁽⁷⁾	4 830	---	47%
7	15 310	13 174	---	---	10 360	8 116	7 781	7 740	7 572	6 659	---	57%
8	11 811	10 832	---	---	9 122	8 531	8 346	7 915	7 622	7 484	---	37%
												74,8%
Eficiência média por etapa												
		Arejamento				Flotador/ Raspador	Floculador	Decantador	Filtros areia	Tanque Efluente Tratado		
		30% ⁽⁸⁾				32%	10%	23%	2%	15%	20%	

(1) 1º ensaio com adição dos reagentes para o tratamento físico-químico em linha, com as bombas doseadoras, dado que anteriormente na maioria das vezes, os operadores adicionavam os mesmos reagentes diretamente no tanque de arejamento, sem que as lamas formadas fossem retiradas do tanque (pois este não é capacitado para esse efeito); (2) Contaminação com afluente a chegar ao tanque de receção (alto nível de CQO) devido à infiltração na parede entre os tanques de receção e arejamento; (3) Continuação do ensaio anterior com mais um dia de arejamento e passagem de água do tanque de receção para o arejamento (afluente pouco concentrado em CQO, ajudando a diluir o conteúdo do tanque de arejamento); (4) Mau doseamento de reagentes (em excesso – provocou aumento CQO); (5) Formação de flocos finos de lama (má qualidade) e alguma espuma no floculador; (6) Alguma lama a não decantar; (7) Filtros de areia a necessitar de lavagem (contra corrente com água de rede); (8) considerando apenas os ensaios 6, 7 e 8.

* o arejamento decorreu apenas por cerca de 8h, dada a formação de espuma recorrente e a baixa capacidade em termos volúmicos do tanque de efluente tratado

Os primeiros ensaios, 1 a 5 da Tabela 28, foram os primeiros a ser acompanhados, sem condições bem definidas ainda, numa base de tentativa-erro:

- No ensaio 1, fez-se uma tentativa de tratamento com um dia de retenção no tanque de arejamento com os injetores de ar ligados e testou-se também o arejamento no tanque de efluente tratado;
- No ensaio 2, testou-se o tratamento do mesmo afluente do ensaio 1, com mais um dia de arejamento;
- No ensaio 3, pretendeu-se ver a evolução da remoção de CQO ao longo de 2 dias de retenção no tanque de arejamento, tendo o tratamento sido realizado apenas ao fim desse período. Para além disso, voltou a testar-se o arejamento no tanque de efluente tratado;
- Nos ensaios 4 e 5, o tratamento foi realizado com 1 dia de retenção no tanque de arejamento, tendo sido testado também o arejamento no tanque de efluente tratado no ensaio 5.

Com os primeiros 5 ensaios, detetaram-se **aspectos estruturais e operacionais a corrigir**, que se enumeram:

- Inexistência de estanquicidade entre os tanques de receção e arejamento, devido à existência de fissuras na parede que separa ambos, comprometendo o arejamento, dado haver uma passagem constante de fluxo entre os dois, e potencialmente contaminando o meio envolvente, como referido acima;
- Injetores de ar, no tanque de arejamento, encontravam-se, frequentemente, desligados, o que compromete a eficiência do arejamento;
- Adição de reagentes (para o tratamento físico-químico, coagulação-floculação), no tanque de arejamento, originando maior quantidade de lama depositada no mesmo, que não é possível retirar sem o auxílio de hidro aspirador de entidade externa;
- Preparação de reagentes sem qualquer tipo de rigor, variando de operador para operador;
- Operação incorreta dos flocladores e decantador, sem o tempo de retenção/permanência;
- Lavagem dos filtros de areia, em contra corrente, com água de rede, muitas vezes esquecida;

- Comunicação ineficaz ou inexistente de ocorrências;
- Injetor de ar no tanque de efluente tratado desligado, devido à formação excessiva de espuma.

No sentido de **corrigir as falhas detetadas**, implementaram-se as seguintes ações:

- Criação de uma lista de verificação de pontos chave de operação do tratamento, a preencher em cada turno, ANEXO J: LISTA DE VERIFICAÇÃO DE PONTOS CHAVE OPERACIONAIS DO TRATAMENTO DA ETARI, nomeadamente:
 - deteção e comunicação de avarias;
 - preparação de reagentes de forma correta (tanque vazio, limpo e concentração definida);
 - adição de reagentes em linha com bombas doseadoras;
 - operação correta dos flocculadores e decantador, considerando os tempos de retenção/residência definidos;
- Retenção de afluente no arejamento decorre ao fim de semana e amostragens etapa a etapa realizadas à segunda feira (diminuindo a possibilidade de contaminações devidas às infiltrações detetadas entre os tanques receção e arejamento);
- Lavagem dos filtros de areia, duas vezes por semana;
- Realização de testes de agentes anti espuma com fornecedor^j, de forma a anular a formação desta (ainda em falta o teste em condições operacionais, para confirmar os resultados satisfatórios dos testes em laboratório).

Os ensaios 6 a 8, foram realizados já com as condições definidas pela lista de verificação de pontos chave referida, exceto a utilização de agente anti espuma.

^j Testes realizados no laboratório do fornecedor, pelo próprio, em 4 amostras recolhidas pela autora deste trabalho (tanque de arejamento, flotador/raspador, decantador, tanque de efluente tratado). Foi aconselhado pelo fornecedor o teste da adição do agente anti espuma na estrutura mais a montante do processo de tratamento, ou seja, no tanque de arejamento, a fim de perceber-se se é suficiente para evitar a formação de espuma.

Analisando as **eficiências de remoção de CQO em cada etapa/estrutura do processo de tratamento** e comparando com a bibliografia, sempre que possível, tem-se que:

- A eficiência de 30% na etapa de arejamento no tanque de arejamento, segundo (Roriz, et al., 2007), está dentro intervalo esperado, de 25-35%;
- A remoção de 42% na etapa de coagulação-floculação (32% no flotador/raspador, juntamente com 10% no floculador), é um valor coerente com o intervalo indicado por (METCALF & EDDY, 2003), de 30-60% para o processo de coagulação-floculação;
- A sedimentação no decantador tem uma eficiência de 23%;
- A etapa de filtração pela passagem nos filtros de areia corresponde a 2% de eficiência;
- A homogeneização pré-descarga no coletor municipal no tanque de efluente tratado apresenta 15% de eficiência;
- O arejamento final no tanque de arejamento final permitiria até 20% de eficiência na remoção do parâmetro considerado.

Adiante, na secção 4.5, serão apresentadas as oportunidades de melhoria sugeridas para otimizar o processo de tratamento da ETARI.

4.3 ESTUDO CONSUMO ENERGÉTICO E EFICIÊNCIA SECAGEM LAMAS

No que respeita à **eficiência das etapas do processo de tratamento da fase sólida**, esta foi avaliada através da variação do teor de humidade durante o processo de desidratação térmica das lamas, juntamente com o registo de horas de funcionamento do secador de lamas e custos de exploração associados.

Com o tanque de alimentação ao filtro prensa (poço de mistura de lamas) cheio, procedeu-se à passagem das lamas pelo filtro prensa, sendo que cada uma destas passagens origina uma descarga do filtro prensa, tendo-se estudado o consumo

energético associado à secagem de uma descarga (Tabela 29 e Figura 44) e duas descargas (Tabela 30 e Figura 45) do filtro prensa.

Tabela 29 – Estudo do consumo energético de uma descarga do filtro prensa.

Tempo de secagem (h)	Teor de sólidos (%)	Teor de água (%)	Eficiência de remoção de água (%)	Consumo energético (kWh)	Custo (€)
0h0m	26	74	0	0	0
23h51m	41	59	20	400	44
47h46m	95	5	94	813	89

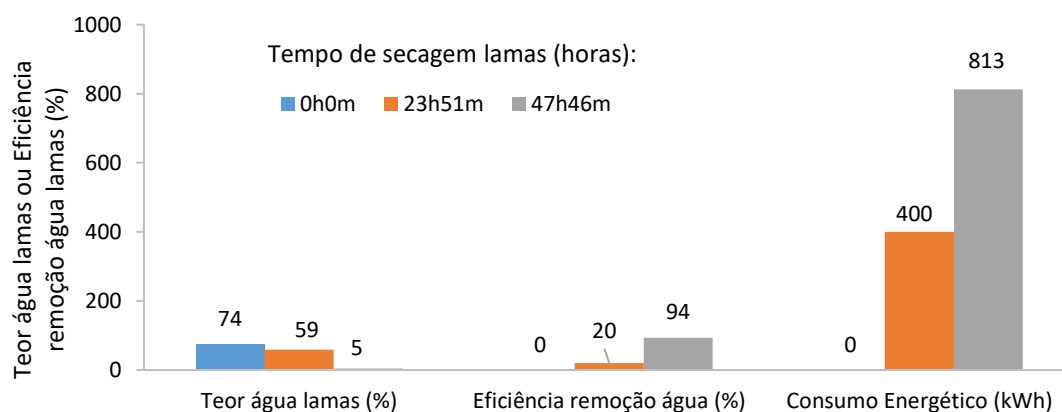


Figura 44 – Representação gráfica do consumo energético de uma descarga do filtro prensa.

Analisando a Tabela 29 e a Figura 44, constata-se que, com 1 dia de secagem contínua no secador de lamas, removido cerca de 20% do teor de água existente nas lamas, sendo possível reduzi-lo a apenas 5%, prolongando o processo de desidratação até, aproximadamente, 2 dias, resultando num consumo energético total de 813 kWh, o que se reflete num custo associado de 89€.

Tabela 30 – Consumo energético de duas descargas do filtro prensa.

Tempo de secagem (h)	Teor de sólidos (%)	Teor de água (%)	Eficiência de remoção de água (%)	Consumo energético (kWh)	Custo (€)
0h0m	17	83	0	0	0
23h30m	33	67	19	389	43
47h55m	93	7	91	812	89
72h01m	95	5	93	1230	135

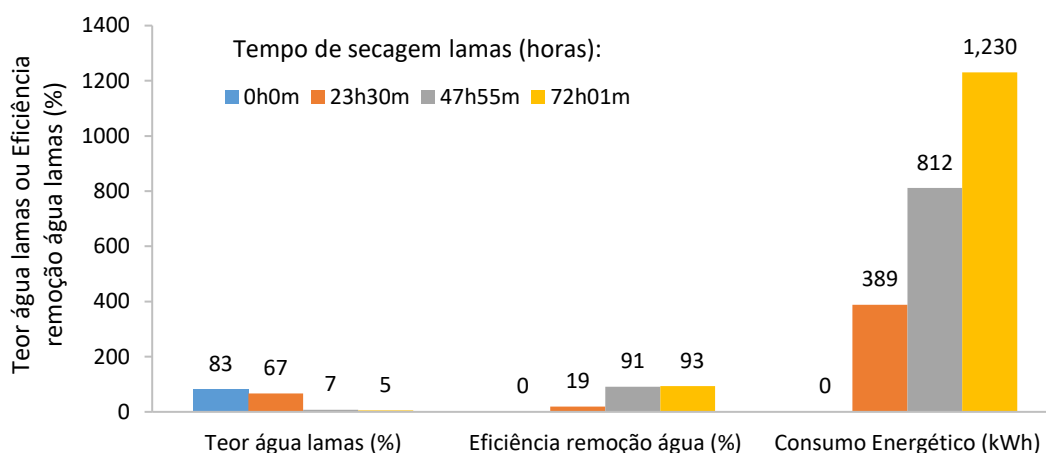


Figura 45 – Representação gráfica do consumo energético de duas descargas da prensa.

Pela observação da Tabela 30 e da Figura 45, verifica-se que, tal como para o estudo do consumo energético de uma descarga do filtro prensa, 1 dia de secagem contínua remove cerca de 20% do teor de água existente nas lamas. Contudo, se a secagem contínua se estender a 2 dias, os resultados serão mais satisfatórios, com somente 7% de teor de água, refletindo-se num consumo energético de 812 kWh e um custo de 89€. Para além disso, verifica-se que a permanência em secagem contínua por 3 dias, não é compensatória, nem em termos de redução de teor de água, nem em consumo energético, nem em custo associado.

Comparando os dois estudos, constata-se que, como forma de redução de consumo energético, é preferível esperar até que se tenha duas descargas do filtro prensa, em detrimento de colocar apenas uma descarga a desidratar por ação térmica no secador de lamas.

4.4 ANÁLISE DE CUSTOS DO TRATAMENTO POR VOLUME DE EFLUENTE TRATADO

Através das leituras dos contadores de entrada e saída da ETARI, registadas no ficheiro de indicadores do tratamento pelos operadores em cada turno de trabalho, é possível tomar conhecimento das quantidades médias tratadas por mês e anuais, conforme Tabela 31. Na Tabela 36 do ANEXO K: VOLUMES MENSAIS DE AFLUENTE E EFLUENTE DA ETARI, apresentam-se os volumes de afluente e efluente da ETARI em cada mês, valores a partir dos quais se elaborou a Tabela 31.

Tabela 31 – Volumes médios mensais e anuais de afluente e efluente da ETARI.

	Volumes médios			
	Afluente (m ³)		Efluente (m ³)	
	Mensal	Anual	Mensal	Anual
2017	1 768	21 220	1 367	16 405
2018	1 167	14 002	1 224 ^k	14 687
Variação 2017-2018	-34%		-10%	

Dada a avaria do contador de saída entre Janeiro de 2018 e Abril de 2018, para o volume médio de efluente de 2018, consideraram-se apenas os volumes dos restantes meses de 2018, e a partir desse valor, obteve-se o volume anual multiplicando pelos 12 meses do ano, de forma a ser possível a comparação com o valor do período homólogo do ano anterior, 2017.

Constata-se que de 2017 para 2018, houve uma diminuição de 34% de volume afluente à ETARI, o que se justifica pelo facto de terem começado a ser segregados fluxos na sua origem, evitando que fossem enviados para a ETARI, o que levou também à retirada de um turno de trabalho, passando de 3 para 2 turnos de laboração.

Relativamente à variação de volume de efluente, de 2017 para 2018, observa-se uma diminuição inferior à de volume de afluente, de apenas 10%, o que poderá dever-se ao período de recirculação de lamas para o tanque de arejamento, passando este volume novamente pelo contador de “entrada” localizado após o tanque de arejamento, como referido anteriormente. Por outro lado, e, segundo os operadores da

^k Valor médio excluindo período de avaria do contador de saída, entre Janeiro de 2018 a Abril de 2018.

ETARI, as lamas formadas eram de má qualidade em comparação com as do ano de 2017, dado que muitas vezes estas não sedimentavam no decantador e seguiam para as etapas seguintes do processo. Outra explicação é a extrapolação considerada para compensar os meses de avaria de contador, não ser a mais adequada.

Para uma análise dos custos com o tratamento, elaborou-se a Tabela 32, a partir de dados retirados do *software SAP*, nomeadamente os custos com tratamento externo de lamas oleosas/ lamas secas/ efluente intratável, custos com manutenção preventiva/ corretiva, e reagentes, apresentando-se os custos associados ao consumo anual dos reagentes na Tabela 37 do ANEXO L: CUSTOS ASSOCIADOS AO CONSUMO ANUAL DE REAGENTES DA ETARI.

Tabela 32 - Custos associados ao tratamento realizado na ETARI.

Custos (€)						Por m ³ efluente tratado ⁿ
	Reagentes	Pessoal	Outros ^l	Manutenção ^m	Totais	
Total 2017	19 622 €	46 029 €	10 077 €	9 380 €	85 108 €	5,19 €
Total 2018	13 680 €	33 054 €	22 058 €	15 277 €	84 069 €	5,72 €
Variação 2017-2018	-30%	-28%	119%	63%	-1%	10%

A partir da Tabela 32, é possível inferir que, com a segregação de fluxos implementada na Colep, apesar de muitas vezes insuficiente para a obtenção de tratamentos eficazes, existiu uma diminuição de custos associada ao tratamento realizado na ETARI de cerca de 10% por metro cúbico de efluente tratado.

Como seria expectável, o custo associado aos reagentes diminuiu, assim como o relativo ao pessoal (mão-de-obra). No entanto, há que salientar o aumento de custos com a remoção de lamas acumuladas nos tanques e de efluente intratável com o tratamento existente, para além do aumento dos custos de manutenção.

^l custos relativos ao tratamento de lamas secas, lamas oleosas e remoção de efluente intratável da ETARI;

^m custos relativos às manutenções preventiva e corretiva da ETARI;

ⁿ determinado considerando volumes totais de efluente de 2017 e 2018 da Tabela 31.

4.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIA

No sentido de melhorar o processo de tratamento da ETARI em estudo, sugerem-se vários aspetos:

- (1) Reparação das infiltrações dos tanques de receção e arejamento, o aspeto mais impactante no processo em si, cujas consequências são o comprometimento do arejamento bem como potencial contaminação do meio envolvente nomeadamente os solos e águas de consumo de furos artesanais próximos, como já referidas anteriormente;
- (2) A criação de condições para a segregação de efluentes da formulação, que, tal como visto anteriormente, contribui de forma muito significativa com fluxos de CQO elevada, tendo, portanto, grande influência no processo de tratamento da ETARI, dado este estar muito dependente dos fluxos afluentes. Para este efeito, será necessário repensar as tubagens existentes para o escoamento de águas residuais originadas;
- (3) Teste em condições operacionais dos agentes anti espuma, de forma a confirmar os resultados satisfatórios obtidos no laboratório do fornecedor;
- (4) Colocação de escala nos tanques de receção, arejamento e efluente tratado permitiria um melhor doseamento do reagente, indo de encontro ao ponto anterior, na medida em que a adição de agente anti espuma é feita de acordo com o volume de água residual a tratar;
- (5) Aquisição e instalação de um caudalímetro à entrada do tanque de receção, o que permitiria detetar o encaminhamento excessivo de fluxos à ETARI e ainda, despistar situações de contabilização de reencaminhamento de efluente ao tanque de arejamento para reajuste do tratamento por exemplo;
- (6) Criação de sistema de purga nos tanques de arejamento e receção (funcionariam como tanques de sedimentação, podendo evitar a recorrência a serviços externos de aspiração das lamas), diminuindo custos associados;
- (7) Água removida das lamas pelo filtro prensa encaminhada para o tanque de arejamento (em vez de irem para o tanque de alimentação aos filtros de areia) poderia ajudar no tratamento do afluente;
- (8) Aquisição de um novo computador para a ETARI, com acesso à rede e internet, o que facilitaria o acesso aos dados do tratamento preenchidos pelos operadores, tornando a lista de verificação de pontos chave operacionais, o registo de secagem das lamas e o ficheiro de indicadores do tratamento apenas digitais. Por outro lado,

também permitiria que os operadores acessem a conta de e-mail, facilitando a comunicação de resultados das amostras de avaliação do tratamento;

- (9) Aquando da construção do tanque de retenção para controlo analítico prévio ao envio para coletor da ETAR municipal, possibilitar o envio do seu conteúdo para a ETARI no caso de falha humana ou eventual derrame.

CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

A realização do estágio permitiu adquirir conhecimentos técnicos não somente nas áreas abrangidas no presente trabalho, bem como do funcionamento do meio industrial no geral.

Relativamente ao primeiro objetivo, referente ao mapeamento e caracterização dos fluxos afluentes à ETARI da Colep, este foi atingido, apesar de ter sido necessário inferir alguns resultados para a área da formulação com base nos conseguidos para as linhas de enchimento.

Constatou-se que vários fluxos poderão deixar de ser enviados à ETARI parcial ou totalmente, passando a ser enviados diretamente para o coletor municipal ou para tratamento em entidade externa.

Com base numa estimativa de 5 dias de produção, permitir-se-ia:

- diminuição de 69% do volume enviado para tratamento na ETARI, resultando numa diminuição de custos de tratamento realizado na ETARI, em cerca de 270 000 €;
- aumento de 17% do volume enviado para tratamento em entidade externa, o que resultaria em aumento de custos de aproximadamente 410 000 €.

A segregação proposta, implicaria um aumento anual de custos com o tratamento dos resíduos originados em cerca de 140 000 €.

No que concerne ao segundo objetivo, relacionado com a eficiência do tratamento da ETARI, também foi alcançado, apesar de todas as avarias sucessivas.

Apresentaram-se várias oportunidades de melhoria passíveis de serem executadas a curto prazo, quer para as linhas de enchimento, quer para a formulação, quer para o tratamento realizado na ETARI.

Adicionalmente, apresentam-se propostas de trabalho futuro, secção seguinte, 5.2.

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros propõem-se:

- Análise e ensaio de novos reagentes para o tratamento físico-químico, a fim de se perceber se os utilizados atualmente são os mais adequados ao afluente da ETARI;
- Análise de custo benefício de tratamento externo *versus* investimento na ETARI, isto é, analisar os custos associados ao envio da totalidade dos resíduos produzidos na Colep para tratamento externo, face ao investimento na ETARI para aumento da capacidade e eficiência do seu tratamento;
- Análise comparativa dos custos de envio para gestor de resíduos das lamas molhadas *versus* custo secagem mais envio lamas secas;
- Otimização do arejamento nos tanques de arejamento (após reparação das infiltrações) e de efluente tratado;
- Análise do custo do aumento da capacidade do tanque efluente tratado (arejamento final, que poderia, muito provavelmente, resolver algumas situações próximas VLE), após resolução do problema relacionado com a formação da espuma excessiva.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Alves, C. (2007). *Tratamento de águas de abastecimento* (2ª ed.). Porto: Publindústria.

APA. (2008). Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais. (C. Simões, I. Rosmaninho, & A. G. Henriques, Edits.)

Colep. (2018). Obtido em 26 de Junho de 2018, de <https://www.colep.com/about-us>

Davis, M. L., & Cornwell, D. A. (2013). *Introduction to Environmental Engineering* (5ª Edição ed.). EUA: McGraw-Hill.

DL nº 236/98. (1998). Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto. Diário da República n.º 176/1998.

EC. (2006). European Comission. (D. B. Wintgens, Ed.) *Water Reuse System Management Manual - Aquarec*.

ERSAR. (2016). Tratamento de águas residuais: Operações e processos de tratamento físico e químico. (M. H. Monte, M. T. Santos, A. M. Barreiros, & A. Albuquerque, Edits.) (Curso Técnico 5).

Giordano, G. (2004). *Tratamento e Controle de Efluentes Industriais*. Obtido em 27 de Outubro de 2018, de <https://pt.scribd.com/doc/52599840/Apostila-tratamento-e-controle-de-efluentes-industriais>

Granjeiro, R. V. (2009). Caraterização da água de lavagem proveniente da purificação do biodiesel.

Grupo RAR. (2018). Obtido em 26 de Junho de 2018, de http://www.rar.com/pt/a_empresa_colep/

HOLASA. (2019). Obtido em 26 de Maio de 2019, de HOLASA, Tinplate and Laminates S.A.: <https://www.holasa.com.co/web/products.php>

Horan, N. J. (1993). *Biological Wastewater Treatment Systems, Theory and Operation*. Chichester, England: John Wiley & Sons.

- Howe, K. J., Hand, D., Crittenden, J., Trussel, R., & Tchobanoglous, G. (2012). *Principles of Water Treatment*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Imhoff, K., & Imhoff, K. (2002). *Manual de tratamento de águas residuárias*. São Paulo, Brasil: Edgard Blücher Ltda.
- Jesus, A. J. (2014). Avaliação e otimização da ETAR de Celorico de Basto.
- JMS. (2019). *JMS Products - Flocculation Equipment*. Obtido em 07 de Abril de 2019, de JMS - Jim Myers & Sons, Inc: <https://www.jmsequipment.com/paddle-wheel-flocculators/>
- Leitão, A. E., Rodrigues, A. C., & Henriques, A. G. (Março de 1996). Uma Nova Visão para o Planeamento e Gestão dos Recursos Hídricos no início do século XXI - 3º Congresso da água.
- Lin, S. D. (2007). *Water and Wastewater Calculations Manual*. (C. C. Lee, Ed.) EUA: McGraw-Hill.
- Lopo, D. d. (2014). Integração da Gestão da Procura no Processo de Planeamento da Produção e Gestão de Compras: Indústria de Embalagens Metálicas - O Caso da Colep.
- Lucas, D. N. (2008). Aumento da capacidade da litografia.
- Medeiros, V. M. (2004). O uso de quimiometria em três estudos de dados ambientais multivariados envolvendo a temática qualidade da água.
- METCALF & EDDY. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Em G. Tchobanoglous, F. L. Burton, & D. H. Stensel (Edits.). EUA: McGraw-Hill.
- Ondeo Degrémont. (2002). *Water Treatment Handbook*. Lavoisier.
- Park, H.-S., & Dang, X.-P. (2011). *Design and Simulation-Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold*.
- Ramirez, E. (1979). *Comparative physicochemical study of industrial wastewater treatment by electrolytic dispersed air and dissolved air flotation technologies*. West Lafayette, IN: Purdue University.
- Roriz, A., Machado, I., & Cunha, J. (2007). Tratamento de efluentes de uma indústria do ramo têxtil.

- Santiago, J. d. (30 de Junho de 1998). Gestão, tratamento e reutilização de efluentes líquidos.
- Silva, S. L. (2009). *Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Sousa, D. (2018). Desenvolvimento de Processo e Produto de Embalagens de Plástico para o Ramo Industrial (5 L e 12 L).
- Spellman, F. R. (2003). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. CRC Press.
- Sperling, M. v. (2007). *Biological Wastewater Treatment Series: Volume One - Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. Londres: IWA Publishing.
- Vesilind, P. (2003). *Wastewater Treatment Plant Design*. EUA: IWA Publishing.
- Wiesmann, U., Choi, I. S., & Dombrowski, E.-M. (2007). *Fundamentals of Biological Wastewater Treatment*. Alemanha: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

ANEXOS

7 ANEXOS

7.1 ANEXO A: RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS AO DECANTADOR DE ÓLEOS POR LABORATÓRIO ACREDITADO EXTERNO

Tabela 33 - Resultados amostragens decantador óleos (2017).

	Janeiro 2017	Março 2017	Junho 2017	Setembro 2017	Dezembro 2017
CQO (mg O₂/L)	82	130	59	41	260
CQO médio (mg O₂/L)	114				

Tabela 34 - Resultados amostragens decantador óleos (2018).

	Março 2018	Junho 2018	Setembro 2018
CQO (mg O₂/L)	270	120	140
CQO médio (mg O₂/L)	177		

7.2 ANEXO B: PROCEDIMENTO UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DE CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO



INSTRUÇÃO DE TRABALHO
DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]

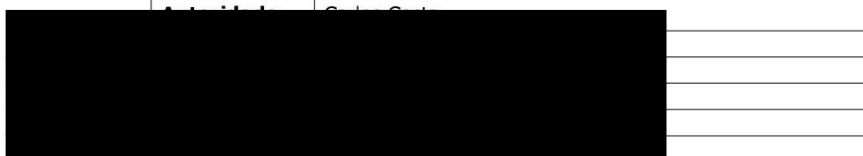
1. PREFÁCIO.....	2
2. SUMÁRIO	2
3. ÂMBITO	2
3.1. RESPONSABILIDADE PELA IMPLEMENTAÇÃO.....	2
3.2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO.....	2
3.3. EXCLUSÕES.....	2
3.4. DEFINIÇÕES.....	3
3.5. ABREVIATURAS	3
3.6. CONTEÚDO	3
A. Reagentes, Equipamento e Materiais	3
A.1. Reagentes.....	3
A.2. Equipamento e Material	3
B. Recolha de amostras/Periodicidade	4
C. Duração do ensaio	4
D. Método 1: Equipamentos HACH LANGE	4
D.1. Designar dados de calibração usando testes cuvets LANGE	4
D.2. Descrição dos Equipamentos	5
D.3. Determinação do valor CQO usando testes cuvets LANGE (LCK014).....	6
D.4. Possíveis fontes de erro durante análise.....	8
E. Método 2 – Equipamentos HANNA INSTRUMENTS	10
E.1. Descrição dos equipamentos	10
E.2. Determinação do valor CQO usando complexo Hanna	12
5. MATRIZ RACI.....	15
6. DOCUMENTOS RELACIONADOS E REFERÊNCIAS.....	16
7. CONTROLO DE VERSÕES.....	16

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO	
DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS	

1. PREFÁCIO



Responsável | Controlo da Qualidade

2. SUMÁRIO

O objetivo desta instrução de trabalho é definir o procedimento para a determinação do parâmetro CQO de águas residuais (antes e após tratamento) usando os equipamentos Hach Lange (Pocket Colorimeter II) e os equipamentos Hanna (termo-reator HI 839800-02 e fotómetro 83399-02).

3. ÂMBITO

3.1. Responsabilidade pela Implementação

A responsabilidade pela instrução de trabalho é partilhada entre o REE e o laboratório da qualidade do Enchimento. A recolha das amostras é da responsabilidade dos operadores da ETARI e a análise de CQO é da responsabilidade do Controlo da Qualidade.

Em caso de desvio ao Valor Limite de Emissão (VLE = 3.000 mg/L) deve ser seguido o procedimento Q14.P002, proceder à abertura do Boletim de Não Conformidade (BNC) e informar o Operador da ETARI do turno em curso, o REE e RA.

3.2. Âmbito de aplicação

A presente instrução de Trabalho é aplicável ao Controlo da Qualidade da fábrica de Enchimento em Vale de Cambra da Consumer Products Division.

3.3. Exclusões

O RA é responsável pela decisão de qualquer exceção ou exclusão à aplicação do presente documento.

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO	
DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]	

3.4. Definições

Terminologia	Definição
Afluente	Águas residuais industriais rececionadas na ETARI para tratamento
Efluente	Águas residuais industriais após tratamento na ETARI
Amostra composta	Mistura de amostras pontuais recolhidas a intervalos de tempo constantes de modo a obter uma amostra representativa do período de funcionamento diário da ETARI
Amostra Pontual	Recolha pontual de uma amostra num determinado momento do dia

3.5. Abreviaturas

Abreviatura	Definição
CQO	Carência Química de Oxigénio
ETARI	Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais
REE	Responsável da Exploração da ETARI
RA	Responsável Local de Ambiente
RCQ	Responsável de Controlo de Qualidade

3.6. Conteúdo

A. Reagentes, Equipamento e Materiais

A.1. Reagentes

Código	Reagente	Risco	Medida de Controlo
[REDACTED]	LCK014: 1.000 a 10.000 mg/L (Hach Lange)		Luvas de proteção Vestuário de trabalho Óculos de proteção
[REDACTED]	HI93754C GA: 0 a 15000 mg/L (Hanna Instruments)		

A.2. Equipamento e Material

- Pocket Colorimeter II (Hach Lange)
- Thermostat LT200 (Hach Lange)

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
 Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]

- Termo-reator HI 839800-02 (Hanna Instruments)
- Fotómetro 83399-02 (Hanna Instruments)
- Seringa de 0,5 mL
- Água desionizada

B. Recolha de amostras/Periodicidade

Amostra	Local de Recolha	Tipo de amostra	Periodicidade
Afluente	Tanque de receção	Pontual	3 vezes por semana
Afluente	Tanque de arejamento	Pontual	3 vezes por semana
Efluente	Tanque de saída que recebe o efluente final (após filtros de areia)	Pontual	3 vezes por semana

C. Duração do ensaio

Se for excluída a parte de recolha de amostra, o ensaio demora em média cerca de 3 horas e meia.

- Tempo de digestão da amostra a 150°C: 2 horas
- Tempo para arrefecimento à temperatura ambiente: cerca de 1,5 horas

D. Método 1: Equipamentos HACH LANGE

D.1. Designar dados de calibração usando testes cuvetes LANGE

O Pocket Colorimeter II é um equipamento com dois canais nos quais as medições podem ser efetuadas.

Cada canal (gama de medição) irá aceitar dados de calibração definidos pelo utilizador. No caso da Colep irá ser usado (LCK 014) que usa a gama de medição de 600nm.

Esta programação apenas tem que ser efetuada aquando da primeira utilização do equipamento, usando os seguintes dados:

	LCK014
RES (resolution)	N/A
S0 (standard 0)	1000
A0 (absorvância 0)	0,177

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO
DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS –

S1 (standard 1)	9999
A1 (absorvancia 1)	1,650

Nota: Procedimento descritivo de como efetuar a inserção dos dados de calibração disponível nas páginas 23, 24 e 25 do Manual do equipamento (HACH – DOC027.98.00799).

D.2. Descrição dos Equipamentos



Fig.1: Thermostat L200



Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO
DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]

Fig.2: Pocket Colorimeter II

D.3. Determinação do valor CQO usando testes cuvets LANGE (LCK014)

Ligar o reator Thermostat L200:

1. Ligar o aparelho Thermostat LT 200 no botão nº 3, mencionado na Fig. 1;
2. Selecionar o programa COD, no botão nº 4 da Fig. 1.
3. O equipamento irá aquecer até atingir a temperatura de digestão (150°C)

Preparação do branco (água desionizada):

4. Retirar para um frasco plástico 100ml de água desionizada (tratada no sistema de Osmose Inversa da Colep);
5. Com o auxílio de uma seringa, retirar 0,5ml da água mencionada no ponto 1 e injetar na cuvete LANGE respetiva (LCK014);

Notas:

- Uma cuvete de branco, após digestão, pode ser utilizada durante aproximadamente um mês, desde que se mantenha o lote de cuvets (a cuvete deve armazenar-se em local escuro, sem necessidade de ser refrigerado e identificada mencionando a data, por exemplo: "B dd.mm.aaaa"). Após esse período ou alteração do lote, deve ser preparado novo branco.
- O lote das cuvets vem indicado no próprio frasco e na caixa.
- Armazenar as cuvets em local escuro, por exemplo na caixa de origem, desde que fechada (não necessita ser refrigerado).

Preparação da amostra a analisar:

6. Identificar corretamente os frascos de amostras de água a analisar, assim como as cuvets LANGE a usar. **Atenção:** Quando são rececionadas as amostras de água residual, estas devem ser conservadas, de acordo com o período de conservação necessário, com base na tabela seguinte:

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep

**INSTRUÇÃO DE TRABALHO****DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS –**

Conservação	Condições de armazenamento (parâmetro em análise: CQO)
Curto prazo (até 24h)	De +2°C a +5°C
Longo prazo (até 14 dias)	-18°C
Material amostragem	Vidro ou polietileno (PE)

7. Com o auxílio de uma seringa, retirar 0,5ml de água de cada um dos frascos de amostra mencionados no ponto 1, injetar na cuvete LANGE respetiva (LCK014) e agitar de forma a homogeneizar o conteúdo;
8. Repita o procedimento anterior consoante o n.º de amostras a analisar não se esquecendo de lavar a seringa com água destilada entre a preparação das diferentes cuvetes.

Incubação do branco + amostras a analisar no Thermostat LT 200:

9. Parâmetros a confirmar antes de iniciar a digestão das amostras:
Temperatura de digestão = 150°C;
Período de digestão: 2 horas (ou 120min);
10. Inserir as cuvetes do branco e amostras a analisar no local correto e fechar a tampa protetora
Notas:
 - Ao inserir as cuvetes confirme que foi selecionado o programa correto (COD, 150°C).
 - O termostato aquece até à temperatura definida no programa e possui um temporizador que inicia automaticamente uma contagem regressiva. A temperatura real e o tempo restante ficam permanentemente visíveis no display.
11. No período de arrefecimento, quando for atingida a temperatura de 80°C, remover as cuvetes do termostato, inverter algumas vezes e colocar num suporte até atingir temperatura ambiente (~25°C)

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]

12. Desligar o aparelho.

Determinação CQO:

13. Ligar o aparelho Pocket Colorimeter II (ver Fig. 2, botão 3).

14. Selecionar a gama de 600nm (verificar sempre se está a ser usada a gama correta, caso contrário pressionar **MENU**. "**SEL**" aparecerá no display. Uma seta a piscar indicará a gama de medição em uso (1 - 450nm ou 2 - 600nm). Pressionar a tecla "**VERDE**" para selecionar a gama de medição.

Pressionar **MENU** para retornar ao modo de medição (ver figura 2).

15. Inserir no local designado para o efeito a cuvete contendo o branco (após incubação) e tapar com a tampa esse local (ver figura 2).

16. Pressionar a tecla "**AZUL**". "0" irá aparecer no display.

17. Remover a tampa e a cuvete do branco e colocar no mesmo local a cuvete contendo a amostra.

Tornar a tapar o colocar com a tampa definida para o efeito.

18. Pressionar a tecla "**VERDE**".

19. Anotar o resultado emergente no display no ficheiro de rede [REDACTED] (CQO em mg/L).

Sempre que o resultado de CQO no ponto saída for superior ao VLE (3000 mg/L), informar operador da ETARI de imediato (via telefone) e enviar email para REE, em cópia para o RA e RCQ, com indicação da comunicação (ou não) ao operador.

20. No final de todas as medições desligar o equipamento.

D.4. Possíveis fontes de erro durante análise

Fonte de erro	Como agir/ o que garantir?
---------------	----------------------------

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – C

E-0: Não há Zero	Foi medida uma solução padrão, no modo de calibração pelo utilizador, antes de o valor zero do instrumento ser definido. Meça uma solução de vazio para definir o instrumento para zero
E-1: Erro de iluminação ambiente	Existe iluminação ambiente no suporte do recipiente. Certifique-se de que a tampa do instrumento se encontra completamente instalada sobre o suporte do recipiente.
E-2: Erro do LED	LED (fonte de iluminação) está desregulado. Substituir as pilhas. Certifique-se de que o LED existente no suporte do recipiente acende quando se prime o botão 4 ou o botão 2.
E-3: Erro de ajuste padrão	O valor medido da solução padrão é superior aos limites de ajuste. Prepare uma solução padrão nova. • A solução padrão não se encontra dentro da amplitude de concentração que pode ser utilizada para o ajuste da calibração padrão. Prepare uma solução padrão com um valor dentro ou próximo das concentrações recomendadas indicadas no procedimento. • Certifique-se de que a concentração da solução padrão é corretamente introduzida.
E-6: Erro de Abs	O valor de absorvância não se encontra correcto ou a curva de calibração introduzida pelo utilizador possui menos de dois pontos. Introduza ou meça novamente o valor de absorvância.
E-7: Erro de valor Padrão	A concentração de solução padrão é igual a outra concentração de solução padrão já introduzida na curva de calibração introduzida pelo utilizador. Introduza a concentração padrão correcta.
E-9: Erro intermitente	O instrumento não consegue guardar os dados.
Intermitências de leitura: A leitura é superior ou inferior à amplitude do instrumento.	Se a leitura for superior à amplitude do instrumento, certifique-se de que a tampa do instrumento se encontra completamente instalada sobre o suporte do recipiente. Meça uma amostra de branco. Se a leitura da amostra de branco não for zero, defina novamente o instrumento para zero. Se a leitura tiver um valor superior à amplitude do instrumento, verifique se existe algum bloqueio de iluminação no suporte do recipiente. Dilua a amostra. Volte a realizar a análise. Para programas calibrados em fábrica, os valores máximos e mínimos são sempre iguais aos valores calibrados em fábrica e não podem ser alterados.

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]

Volume a pipetar	Para a gama de cuvetes utilizada, o volume a pipetar de amostra ou branco é 0,5mL (independentemente se a amostra está ou não diluída).
Concentração acima ou abaixo do intervalo de medição	Efetuar diluições para a verificação da plausibilidade ou realizar outro teste com um intervalo de medição superior ou inferior, se necessário
Contaminação da pipeta	Lavar a seringa com água destilada entre a preparação das diferentes cuvetes.

E. Método 2 – Equipamentos HANNA INSTRUMENTS

E.1. Descrição dos equipamentos

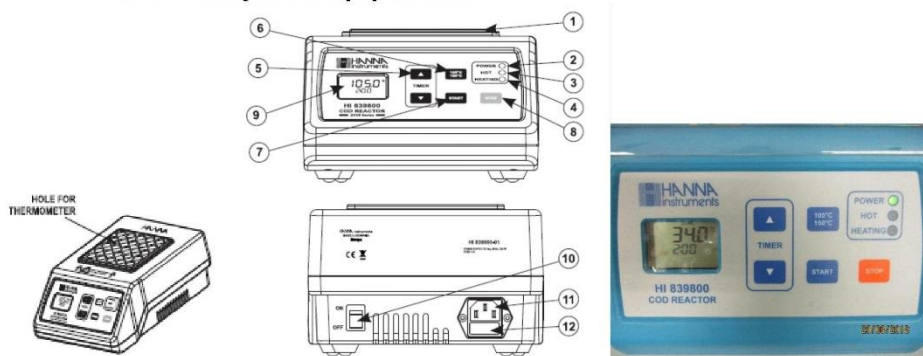


Figura 3: Termo-Reator HI 839800-02

Legenda:

N.º	Descrição
1	Bloco de aquecimento: suporta até 25 cuvetes
2	Indicador POWER LED: acende-se (verde) quando o interruptor de energia, na parte de trás do reator está na posição ON
3	Indicador de superfície HOT: pisca (vermelho) se a temperatura do bloco está acima de 50°C.
4	Indicador HEATING LED: acende-se (amarelo) apenas quando o aquecedor está ligado. Quando o indicador alterna entre ON e OFF, o aquecedor está a manter uma temperatura estável

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS –

5	Teclas usadas para ajustar os valores do temporizador quando define o tempo de reação
6	105°C/150°C: tecla usada para selecionar o programa de temperatura, 105°C ou 150°C
7	START: tecla usada para iniciar o programa de temperatura selecionado ou para iniciar o temporizador após colocar as cuvets no bloco de aquecimento
8	STOP: tecla usada para parar o processo de aquecimento ou parar o temporizador
9	Mostrador (LCD)
10	Interruptor de energia: liga e desliga o reator. Quando o interruptor é colocado na posição ON o indicador de energia liga-se.
11	Fonte de Energia: 115 ou 230 Vac, dependendo do modelo
12	Suporte de fusível: o fusível é colocado na parte de trás da caixa para uma manutenção facilitada

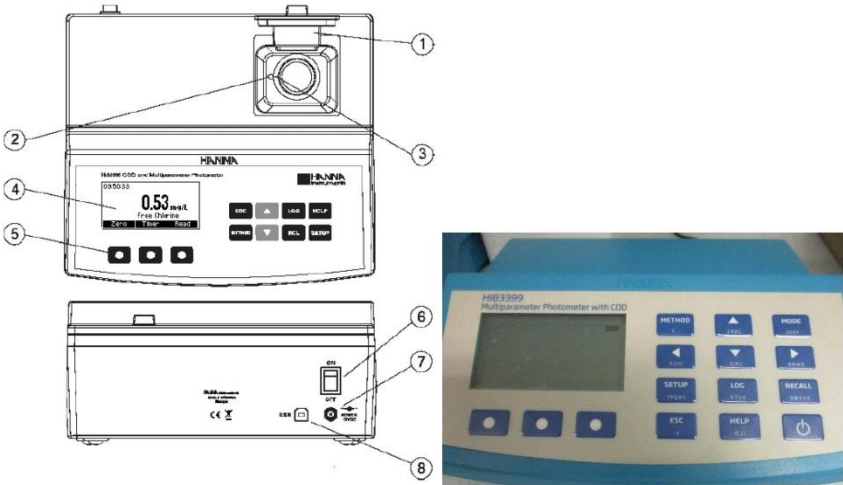


Figura 4: Fotômetro HI 83399-02

Legenda:

N.º	Descrição
1	Tampa da cuvete aberta
2	Marca de indexação
3	Ponto da cuvete
4	Display de cristal líquido (LCD)

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO	
DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]	
5	Teclado à prova de respingos
6	Botão liga/desliga
7	Conector de entrada de energia
8	Conector USB

E.2. Determinação do valor CQO usando complexo Hanna

Ligar o termo-reator HI839800-02:

1. Ligar o equipamento no botão nº 10, mencionado na Figura 3;
2. No arranque, o mostrador ilumina, por breves momentos, todos os segmentos de mensagens e depois a temperatura do bloco de aquecimento. As definições atuais são indicadas (tempo de reação e temperatura) na segunda linha. Pressione a tecla 150°C para selecionar o programa de temperatura. Selecionar a temperatura de 150°C, no botão nº 4 da Fig. 3.
3. Pressione as teclas 5 da Figura 3 para aumentar ou diminuir o tempo de reação (para determinação de CQO, a duração da reação é de 2h00).
4. Pressionar a tecla 7 (fig. 3) para que o equipamento atinja a temperatura desejada, enquanto se procede à preparação do branco e amostras.
Quando é atingida a Temperatura definida, o equipamento emite um sinal sonoro e visual (no leitor mostra "SAMPLES" em intermitente) para informar que se podem colocar as amostras em digestão.

Preparação do branco (água desionizada):

(Este passo é muito semelhante ao método 1, apenas difere na quantidade de amostra a introduzir na cuvete e na própria cuvete)

5. Retirar para um frasco plástico 100ml de água desionizada (tratada no sistema de Osmose Inversa da Colep);
6. Com o auxílio de uma seringa retirar 0,2ml da água mencionada no ponto 1 e injetar na cuvete respetiva, mantendo simultaneamente a cuvete num ângulo de 45 graus. Fechar a cuvete com a tampa e inverter a mesma várias vezes.

Notas:

- Uma cuvete de branco, após digestão, pode ser utilizada durante aproximadamente um mês, desde que se mantenha o lote de cuvetes (a cuvete deve armazenar-se em local

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS

escuro, sem necessidade de ser refrigerado e identificada mencionando a data, por exemplo: "B dd.mm.aaaa"). Após esse período ou alteração do lote, deve ser preparado novo branco.

- O lote das cuvets vem indicado no próprio frasco e na caixa.
- Armazenar as cuvets em local escuro (não necessita ser refrigerado), por exemplo, na caixa de origem.

Preparação da amostra a analisar:

7. Identificar corretamente os frascos de amostras de água a analisar, assim como as cuvets HANNA a usar.

Atenção: Quando são rececionadas as amostras de água residual, estas devem ser conservadas, de acordo com o período de conservação necessário, com base na tabela seguinte:

Conservação	Condições de armazenamento (parâmetro em análise: CQO)
Curto prazo (até 24h)	De +2°C a +5°C
Longo prazo (até 14dias)	-18°C
Material amostragem	Vidro ou polietileno (PE)

8. Com o auxílio de uma seringa, inserir na cuvete correspondente, 0,2ml de água de cada um dos frascos de amostra mencionados no ponto 1, mantendo simultaneamente a cuvete num ângulo de 45 graus
9. Fechar a cuvete com a tampa, apertando bem, misturar invertendo a cuvete várias vezes, de forma a homogeneizar o conteúdo.

Repetir o procedimento anterior consoante o n.º de amostras a analisar, não esquecendo de lavar a seringa com água destilada entre a preparação das diferentes cuvets.

Incubação do branco e amostras:

10. Inserir as cuvets no reator, colocar a tampa protetora (amostras e branco – este só precisa de fazer uma digestão antes da primeira leitura/utilização) e deixar que ocorra a digestão durante 2h a 150°C. Pressionar o botão "START".
11. No final do período de digestão o reator Hanna, esperar cerca de 20 minutos de modo a que as cuvets arrefeçam para 120°C. Nesse momento, inverter cada cuvete várias vezes e

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep

**INSTRUÇÃO DE TRABALHO****DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS –**

colocá-las na prateleira de inox para o efeito. O equipamento não desliga automaticamente, por isso, depois de arrefecer deve ser desligado.

12. Aguardar até que as cuvets, armazenadas no suporte, arrefeçam até à temperatura ambiente.

Atenção: Não voltar a agitar ou inverter as cuvets, caso contrário as amostras podem-se tornar turvas.

Determinação CQO:

13. Ligar o equipamento H83399-02 com a chave ON/OFF. O medidor executará um teste de autodiagnóstico. Durante esse teste, o logo da Hanna Instruments aparecerá no LCD. Após 5 segundos, se o teste for bem-sucedido, aparecerá o último método utilizado no display.
14. Para seleccionar o método desejado, pressionar a tecla METHOD e aparecerá uma tela com os métodos disponíveis.
15. Pressione as teclas ▲ ▼ para destacar o método desejado. Pressione "Selecc" e selecione o método CQO GA.
16. Colocar o adaptador de frascos no porta-cuvete e certificar-se de que o adaptador (tubo preto) está corretamente inserido do lado de dentro, conforme imagem abaixo.



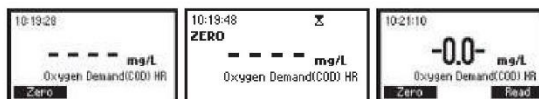
17. Limpar o frasco do branco, colocar no porta-cuvete e empurrar completamente para baixo.
18. Pressionar a tecla ZERO e o instrumento irá executar uma sequência zero. Se a sequência zero for executada com sucesso, o display exibirá "-0.0-". Agora, o medidor está zerado e pronto para a medição

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]



19. Retirar o frasco do branco, colocar o frasco da amostra (depois de limpo) no porta-cuvete e empurrar completamente para baixo.

Nota: em cada conjunto de amostras não é necessário fazer a leitura do branco entre cada uma delas.

20. Pressionar a tecla LER e o instrumento executará a leitura. O instrumento exibirá diretamente a concentração de Carência Química de Oxigénio, em mg/L.

21. Anotar o resultado emergente no display no ficheiro de rede [REDACTED] (CQO em mg/L).

Sempre que o resultado de CQO no ponto saída for superior ao VLE (3000 mg/L), informar operador da ETARI de imediato (via telefone) e enviar email para REE, em cópia para o RA e RCQ, com indicação da comunicação (ou não) ao operador.

22. No final de todas as medições desligar o equipamento.

E.3. Possíveis fontes de erro

Fonte de erro	Como agir/ o que garantir?
Intermitências de leitura: A leitura é superior à amplitude do instrumento.	Se a leitura tiver um valor superior à amplitude do instrumento, verifique se existe algum bloqueio de iluminação no suporte do recipiente, isto é, se o adaptador preto está bem inserido. Dilua a amostra. Volte a realizar a análise.
Volume a pipetar	Para a gama de cuvets utilizada, o volume a pipetar de amostra ou branco é 0,2mL (independentemente se a amostra está ou não diluída).
Contaminação da pipeta	Lavar a seringa com água destilada entre a preparação das diferentes cuvets.

5. MATRIZ RACI

N/A

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep



INSTRUÇÃO DE TRABALHO	
DETERMINAÇÃO DE CQO EM ÁGUAS RESIDUAIS – [REDACTED]	

6. DOCUMENTOS RELACIONADOS E REFERÊNCIAS

Código de registo	Título	Localização	Retenção
[REDACTED]	Mapa de Registo de Turno da ETARI	ETARI	ETARI
[REDACTED]	Controlo do CQO	Laboratório CQ	Laboratório CQ
[REDACTED]	Gestão de não conformidades VdC	Laboratório CQ	Laboratório CQ

7. CONTROLO DE VERSÕES

Versão	Data de Emissão	Entrada em Vigor	Descrição
Versão 1.0	10/08/2018	01-09-2018	Este procedimento vem substituir o [REDACTED]

Salvo disposto em contrário, fotocópias não são controladas
Este documento é estritamente confidencial e permanece propriedade da Colep

7.3 ANEXO C: LUP LINHAS DE ENCHIMENTO COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA



LUP - LIÇÃO DE UM PONTO					
Tema	Segregação Resíduos de Limpeza (Linhas de Enchimento)			Número: _____ Data: 18/12/2018 Nome: Elisabete Martins Nº Interno: 3053 Área: Ambiente Setor: Management Systems	
	☒ Conhecimento Básico ☐ Caso de Melhoria (Antes e Depois) ☐ Caso de Solução de Problemas (Certo e Errado) ☐ P - Produtividade ☐ Q - Qualidade ☒ C - Custo ☐ D - Entrega ☒ S - Segurança ☐ M - Moral ☒ E - Ambiente			Gestor Nome: _____ Ass.: _____ Data: ____/____/____ Melhoria Contínua Nome: _____ Ass.: _____ Data: ____/____/____	

1. O QUE SÃO?

Líquidos (base aquosa ou solvente) que resultam da lavagem de equipamentos ou materiais por onde passa o produto ativo. Ex: tubagens, tanques, máquinas de enchimento, etc.

2. COMO SEGREGAR?

De acordo com a classe de produto ativo (principal solvente usado), em recipientes adequados e devidamente identificados

3. COMO

Com rótulo de identificação de resíduos (B09.M025), correspondente à categoria de produtos em causa

4. REGRAS DE RECOLHA/SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS EM CONTENTOR (IBC OU TAMBOR)

Linha	Base de Produtos	Categoria de produtos	Limpeza	Resíduo		Segregação em IBC/tambor
				LER	Descrição	
A1	Aquosa	Gel de barbear	Água	16 03 06	LAV.PROD.AQUOSOS:GEL/ ESPUMA/LOÇÃO	Passos 1 a 6 da Instrução T54.I012
		Loções Corporais				Passos 1 a 4 da Instrução T54.I010
		Espuma de banho				Pig + purga e lavagem tanque de linha + 2 min água quente
A2	Solvente	Anti-transpirantes (APD)	Álcool e DC	07 06 04*	SOLVENTES DE LAVAGEM DE APD	Totalidade dos resíduos de limpeza
		Desodorizantes	Álcool	07 06 04*	SOL.LAV.LACA/DESODORIZANTE/AMBIENTADOR	
A3	Aquosa	Espuma de cabelo/ espuma de barbear/ espuma de banho	Água	16 03 06	LAV.PROD.AQUOSOS:GEL/ESPUMA/ LOÇÃO	Pig + purga e lavagem tanque de linha + 2 min água quente
A4	Solvente ou Aquosa	Desodorizante/ laca	Álcool	07 06 04*	SOL.LAV.LACA/DESODORIZANTE/AMBIENTADOR	Totalidade dos resíduos de limpeza
		Espuma de cabelo/ espuma de barbear/ espuma de banho	Água	16 03 06	LAV.PROD.AQUOSOS:GEL/ESPUMA/ LOÇÃO	Pig + purga e lavagem tanque de linha + 2 min água quente
A5	Solvente	Anti-transpirantes (APD)	Álcool e DC	07 06 04*	SOLVENTES DE LAVAGEM DE APD	Totalidade dos resíduos de limpeza
		Desodorizantes	Álcool	07 06 04*	SOL.LAV.LACA/DESODORIZANTE/AMBIENTADOR	
A6	Solvente / Aquosa	Ambientador	Álcool	07 06 04*	SOL.LAV.LACA/DESODORIZANTE/AMBIENTADOR	
		Proteção calçado	Álcool	07 06 04*	SOLVENTES DE LAVAGEM DE SHOE CARE	
		Inseticidas	Água/ Álcool/ Solvente	07 04 04*	LAV.REPARADOR/CERA/ÓLEO CEDRO/INSETICIDA	
		Cuidado do Lar - limpa banhos (Tenn)	Água	07 06 01*	SOLV. LAV. LIMPA PRATAS E VIDROS	
L1	Solvente / Aquosa (não cosmética)	Cuidado do Lar - limpa móveis, reparadores	White mineral oil/ shellsol	07 04 04*	LAV.REPARADOR/CERA/ÓLEO CEDRO/INSETICIDA	
		Cuidado do Lar - limpa pratas (exceto Brasso) e vidros	Água	07 06 01*	SOLV. LAV. LIMPA PRATAS E VIDROS	
		Cuidado do Lar - limpa pratas Brasso	Whitespirit	07 06 04*	LAVAGEM DE LIMPA PRATAS BRASSO	

É aplicável para outras áreas? ☒ Sim? Qual área: Todas ☐ Não?

014.M104.1

7.4 ANEXO D: LUP FORMULAÇÃO ATUALMENTE EM VIGOR



LUP - LIÇÃO DE UM PONTO			
Tema	Segregação Resíduos de Limpeza na Formulação		Número: Q14.I032.1 Data: 21/06/2016 Nome: Elisabete Martins Nº Interno: 3053 Área: Ambiente Setor: Management Systems
	☒ Conhecimento Básico ☐ Caso de Melhoria (Antes e Depois) ☐ Caso de Solução de Problemas (Certo e Errado)		Gestor: Carlos Costa Nome: Bruno Prieto Ass.: _____ Data: ____/____/____
Classificação	☐ P - Produtividade ☐ Q - Qualidade ☒ C - Custo ☐ D - Entrega ☐ S - Segurança ☐ M - Moral ☒ E - Ambiente		Ass.: _____ Data: ____/____/____

1. O QUE SÃO?

Líquidos (base aquosa ou solvente) que resultam da lavagem de equipamentos por onde passa o produto ativo.
Ex: tubagens, tanques, máquinas de enchimento, etc.

2. COMO SEGREGAR?

De acordo com a classe de produto ativo (principal solvente usado)



3. COMO IDENTIFICAR?

Com rótulo de identificação de resíduos (B09.M025)

4. SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS DE LAVAGEM NA FORMULAÇÃO?

Solventes de Lavagem de APD's - IBC



Solventes de Lavagem de Shoe Care - IBC



Todos os restantes resíduos (não aquosos) - Tambor ou IBC



Todos os restantes resíduos (aquosos) - Tambor ou IBC



5. SEGREGAÇÃO DE PRODUTO

De acordo com a classe do produto ativo (semelhante aos resíduos de lavagem) - IBC



6. CONSEQUÊNCIAS INCORRETA SEGREGAÇÃO?

1. Desperdício de resíduos com valorização (recuperação de álcool - por exemplo);
2. Obstrução de condutas/tubagens de águas (residuais ou industriais);
3. Dificuldades de tratamento no efluente que chega à ETARI - Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais;
4. Aumento de custos no tratamento do efluente industrial;
5. Incumprimento dos Valores Limite de Emissão para os parâmetros legais obrigatórios;
6. Contaminação de águas e solos.



Q14.M104.1

7.5 ANEXO E: LUP FORMULAÇÃO COM SEGREGAÇÃO PROPOSTA



LUP - LIÇÃO DE UM PONTO			
Tema	Segregação Resíduos de Limpeza (Formulação)		Número:
			Data: 18/12/2018
Classificação	☒ Conhecimento Básico ☐ Caso de Melhoria (Antes e Depois) ☐ Caso de Solução de Problemas (Certo e Errado)		Elaboração
	☐ P - Produtividade ☐ Q - Qualidade ☒ C - Custo ☐ D - Entrega		Nome: Elisabete Martins Nº Interno: 3053
	☒ S - Segurança ☐ M - Moral ☒ E - Ambiente		Área: Ambiente Setor: Management Systems
			Gestor
		Melhoria Contínua	
		Nome:	Nome:
		Ass.: _____ Data: ____/____/____	Ass.: _____ Data: ____/____/____

1. O QUE SÃO?

Líquidos (base aquosa ou solvente) que resultam da lavagem de equipamentos ou materiais por onde passa o produto ativo. Ex: tubagens, tanques, máquinas de enchimento, etc.

2. COMO SEGREGAR?

De acordo com a classe de produto ativo (principal solvente usado), em recipientes adequados e devidamente identificados

3. COMO

Com rótulo de identificação de resíduos (B09.M025), correspondente à categoria de produtos em causa



4. REGRAS DE RECOLHA/SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS EM CONTENTOR (IBC OU TAMBOR)

Formulação	Tanques (formulação e stock)	Base de Produtos	Categoria de produtos	Limpeza	Resíduo		Segregação em IBC/tambor
					LER	Descrição	
Aquosa (nova)	P1, P20 S15, S16, S17, S18	Aquosa Cosmética	Gel/ espuma de barbear	Água	16 03 06	LAV.PROD.AQUOSOS:GEL/ESPUMALOÇÃO	Purga/ Fase I CIP
			Loções Corporais				
Mista - Aquosa e não Aquosa (antiga)	P5, P6, P12, P13 S0, S1, S3, S5, S6, S8, S12, S13	Aquosa Cosmética	Espuma de cabelo	Água	16 03 06	LAV.PROD.AQUOSOS:GEL/ESPUMALOÇÃO	Purga/ pré lavagem/ vapor água 100L água fria
			Espuma de barbear				
			Espuma de banho				
	P18 Qualquer tanque stock Cosmética	Solvente Cosmética	Anti-transpirantes (APD)	Álcool e DC	07 06 04*	SOLVENTES DE LAVAGEM DE APD	Totalidade dos resíduos de limpeza
	P4, P7, P6, P12, P13 S0, S1, S3, S5, S6, S8, S12, S13		Desodorizantes	Álcool	07 06 04*	SOLLAV.LACA/DESODORIZANTE/AMBIENTADOR	
	P4, P8, P7, P12, P13		Lacas	Álcool	07 06 04*	SOLLAV.LACA/DESODORIZANTE/AMBIENTADOR	
	P11, P14, P15 S4, S2, S8, S10, S11	Solvente / Aquosa Não cosmética	Ambientador	Álcool	07 06 04*	SOLLAV.LACA/DESODORIZANTE/AMBIENTADOR	
	M18, M19, M21, M22, M20		Proteção calçado	Álcool	07 06 04*	SOLVENTES DE LAVAGEM DE SHOE CARE	
	P2, P11, P14, P15 Qualquer tanque stock Não Cosmética		Inseticidas	Água/ Álcool/ Solvente	07 04 04*	LAV.REPARADOR/CERAÇÃO LEO CEDRO/INSETICIDA	
	P2, P3, P11, P14, P15		Cuidado do Lar - limpa móveis, óleos, reparadores	White mineral oil/ shellisol	07 04 04*	LAV.REPARADOR/CERAÇÃO LEO CEDRO/INSETICIDA	
	P2, P11, P14, P15 S7		Cuidado do Lar - limpa pratas (exceto Brasso) e vidros limpa banhos	Água	07 06 01*	SOLV.LAV.LIMPA PRATAS E VIDROS	
	P2, P11, P15		Cuidado do Lar - limpa pratas Brasso	White Spirit	07 06 04*	LAVAGEM DE LIMPA PRATAS BRASSO	

É aplicável para outras áreas? ☒ Sim? Qual área: Todas ☐ Não?

Q14.M104.1

7.6 ANEXO F: FICHAS TÉCNICAS OU DE PRODUTO DE REAGENTES DA ETARI

- Coagulante **Kemira PAX-18**



FICHA DE PRODUTO

Kemira PAX-18

1. IDENTIFICAÇÃO

NOME QUÍMICO: Kemira PAX-18

FÓRMULA QUÍMICA: $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$

N.º CAS: 1327-41-9

COMPOSIÇÃO: Solução de polihidroxicloreto de alumínio.

2. CARACTERÍSTICAS

► O Kemira PAX-18 é uma solução amarelada límpida, com cheiro insignificante, completamente solúvel em água (a 20°C) e insolúvel em solventes orgânicos.

► O produto mantém-se estável durante aproximadamente seis meses. **Recomenda-se, que cada seis meses, seja efectuada uma vistoria ao interior do depósito, para detectar possível precipitação. Se esta for evidente o depósito deverá ser lavado**

Especificação produto:

	VALOR
Aparência	Líquido amarelado
Alumínio (Al^{3+}), %	$9,0 \pm 0,3$
Al_2O_3 , %	$17,0 \pm 0,6$
Basicidade, %	42 ± 3
Densidade, g/cm ³	$1,37 \pm 0,03$

Análise típica:

	VALOR
Substância activa, moles/kg	Aprox. 3,3
Ferro (Fe tot.), %	< 0,01
Cloretos (Cl-), %	21 ± 1
Viscosidade /20°C, mPas	35 ± 10
pH (20°C)	< 1
Ponto de cristalização, °C	- 20

PARÂMETRO	VALOR
Arsénio (mg/Kg PAX-18)	1,2
Cádmio (mg/Kg PAX-18)	0,26
Crómio (mg/Kg PAX-18)	2,6
Mercurio (mg/Kg PAX-18)	0,35
Níquel (mg/Kg PAX-18)	1,7
Chumbo (mg/Kg PAX-18)	3,5
Antimónio (mg/Kg PAX-18)	1,7
Selénio (mg/Kg PAX-18)	1,7

O KEMIRA PAX 18 está de acordo com a norma EN 883 TIPO 1

Parque Empresarial do Barreiro, Rua 35 n.º 27
Caixa Postal 5106 – 2831-904 BARREIRO
TELEFONE: 212 069 100 – FAX: 212 069 196

3. APLICAÇÕES

► Como coagulante no tratamento de água potável, industrial e efluentes industriais.

► Como agente de colagem e retenção no fabrico de papel.

► Como matéria-prima no fabrico de blend para tratamento de efluentes industriais (Ex.: Cerâmica, Têxtil,...).

4. BENEFÍCIOS

► Apresenta excelente comportamento em águas com elevada contaminação orgânica, e actua num amplo intervalo de pH (5-10).

► Tem comportamento satisfatório a baixas temperaturas.

► Permite encolar a pH neutro.

5. APRESENTAÇÃO

O Produto pode ser comercializado sob a forma:

- Granel
- Embalado

6. Higiene, Segurança e Ambiente

Baseado na informação toxicológica disponível, determinou-se que este produto não apresenta riscos para a saúde, quando manipulado correctamente. Informação sobre a sua utilização, forma de manipulação, bem como informações sobre segurança e ambiente pode ser encontrada na ficha de segurança, que pode ser obtida pedindo à QuimiTécnica.com, S.A.

7. PRODUTOR:

AQP- Aliada Química Portugal, Lda

8. DISTRIBUIDOR:

QUIMITÉCNICA:com,S.A.

9. LOCAL FABRICO:

Estarreja- Aveiro- Portugal

FP TAEP 112-01
ED. 01
14.04.2013
PAG. 1/1

- Hidróxido de sódio (soda cáustica)



FICHA DE PRODUTO

HIDRÓXIDO DE SÓDIO

PALHETAS ou PEROLAS

1. IDENTIFICAÇÃO

NOME QUÍMICO: Hidróxido de Sódio
NOME COMERCIAL: Soda Cáustica em Palhetas ou Pérolas.
FÓRMULA QUÍMICA: NaOH
N.º CAS: 1310-73-2
N.º EINECS: 215-185-5

2. CARACTERÍSTICAS

- A Soda Cáustica é um sólido branco ou ligeiramente amarelado, translúcido, deliquescente e sem odor
- A Soda Cáustica é solúvel em água e em álcoois
- Pode ser comercializado sob a forma de pérolas ou palhetas.

Composição Química

PARAMETROS	VALORES
Concentração (NaOH %)	≥ 98,0
Carbonatos (Na₂CO₃ %)	≤ 1
Cloretos (NaCl %)	≤ 0,3
Ferro (Fe mg/kg)	≤ 20

Características Físicas

PROPRIEDADES	VALOR
Peso específico a 20°C	2,130 g/cm ³
Temperatura de ebulição	1390 °C
Temperatura de fusão	318,4 °C

3. APLICAÇÕES

- Tratamento de águas residuais
- Indústria de rayon e celofane
- Indústria da celulose
- Indústria de sabões e detergentes
- Indústria têxtil
- Tratamentos de superfície

4. APRESENTAÇÃO

O Produto é comercializado em sacos de 25kg

5. HIGIENE, SEGURANÇA E AMBIENTE

Informação sobre a sua utilização, forma de manipulação, bem como informações sobre segurança e ambiente podem ser encontradas na ficha de segurança elaborada por QuimiTécnica.com, S.A.

- Floculante *Drewfloc™ 856*

PRODUCT DATA

solenis.com



Page 1 of 1

WWT-PDS-EMEA-Drewfloc 856-R0

Drewfloc™ 856 / cationic powder flocculant**Product Description**

Drewfloc 856 very high molecular weight, strongly cationic polyelectrolyte based on acrylamide and a cationic acrylic acid derivative. Drewfloc 856 is mainly used for waste water purification, as well as for thickening and dewatering of municipal and industrial sludge (centrifuges, filter belt presses, chamber filter presses, etc.).

Drewfloc 856 is specially suitable for applications where the formed flocs are subject to high shear forces.

Product Application

Drewfloc 856 is normally used as a dilute solution (0.05 to 0.2 %). For preparation of stock solutions (approx. 0.5 %) the original product is added to water with vigorous and even stirring. After a dissolving period of approx. 60 minutes (at a temperature of approx. 20°C), the solution is mature and is thus ready for use. The polymer consumption generally varies between approx. 3 and 10 kg polymer active substance per ton of sludge dry solids. In applications such as thickening or secondary sedimentation low values are found. Sludge which are difficult to dewater require significantly more polymer.

Benefits

- Effective in pH-range: 1 – 10

Storage and Handling

Drewfloc 856 is basically sensitive to moisture, such as condensation, water droplets and humidity. Contact with water (droplets) can lead to local formation of knots and lumps. The product should therefore be stored in dry, closed containers and protected against moisture. The containers should be resealed after removing the material. The storage temperature should not exceed 40 °C for long periods.

Spilled product or solution when in contact with water or moisture causes surfaces to become extremely slippery. Secure the area! Solid product should be swept up and disposed of correctly. Moist product or dilution can be soaked up with absorbent material such as sawdust or sand before being swept up and disposed of. Due to acute aquatic toxicity, prevent spillage and disposal of product into natural water streams and groundwater. Carefully wash away small residuals amounts from the area with a strong water jet. Discharge into the drain for subsequent biological waste effluent treatment.

Precautionary Measures: Do not inhale dust. Put on personal protection equipment (suitable gloves, protective goggles, respiratory protection, if possible).

Further References: See safety data sheet

Storage stability under correct conditions:

Product in original package: > 12 months

Stock solution (0,5 %) in tap water: 3 days

Ready-to-use solution (0,1 %) in tap water: 1 day

Tap water: approx. 25 ° dH (degrees of German hardness), pH-value: approx. 7, conductivity: approx. 600 µS/cm

Testing and Control

Due the varying properties of the waste water and sludge to be treated, the required dosage for a particular application can only be determined by carrying out laboratory tests and industrial trials. Your Solenis representative will develop the best fitting control method for the respective application.

Packaging

Drewfloc 856 is available in a variety of packaging sizes. Your Solenis representative will recommend the appropriate packaging for the application.

Important Information

Typical Properties: Refer to the Safety Data Sheet (SDS).

Regulatory Information: Refer to the SDS or contact your sales representative for any additional regulatory and environmental information.

Safety: Solenis maintains an SDS for all of its products. Use the health and safety information contained in the SDS to develop appropriate product handling procedures to protect your employees and customers.

Our SDS should be read and understood by all of your supervisory personnel and employees before using Solenis products in your facilities.

All statements, information and data presented herein are believed to be accurate and reliable, but are not to be taken as a guarantee, an express warranty, or an implied warranty of merchantability or fitness for a particular purpose, or representation, express or implied, for which Solenis International, L.P. and its affiliates and subsidiaries assume legal responsibility. ® Registered trademark, Solenis or its subsidiaries, registered in various countries. ® Trademark, Solenis or its subsidiaries, registered in various countries. ® Trademark owned by a third party. © 2014, Solenis.

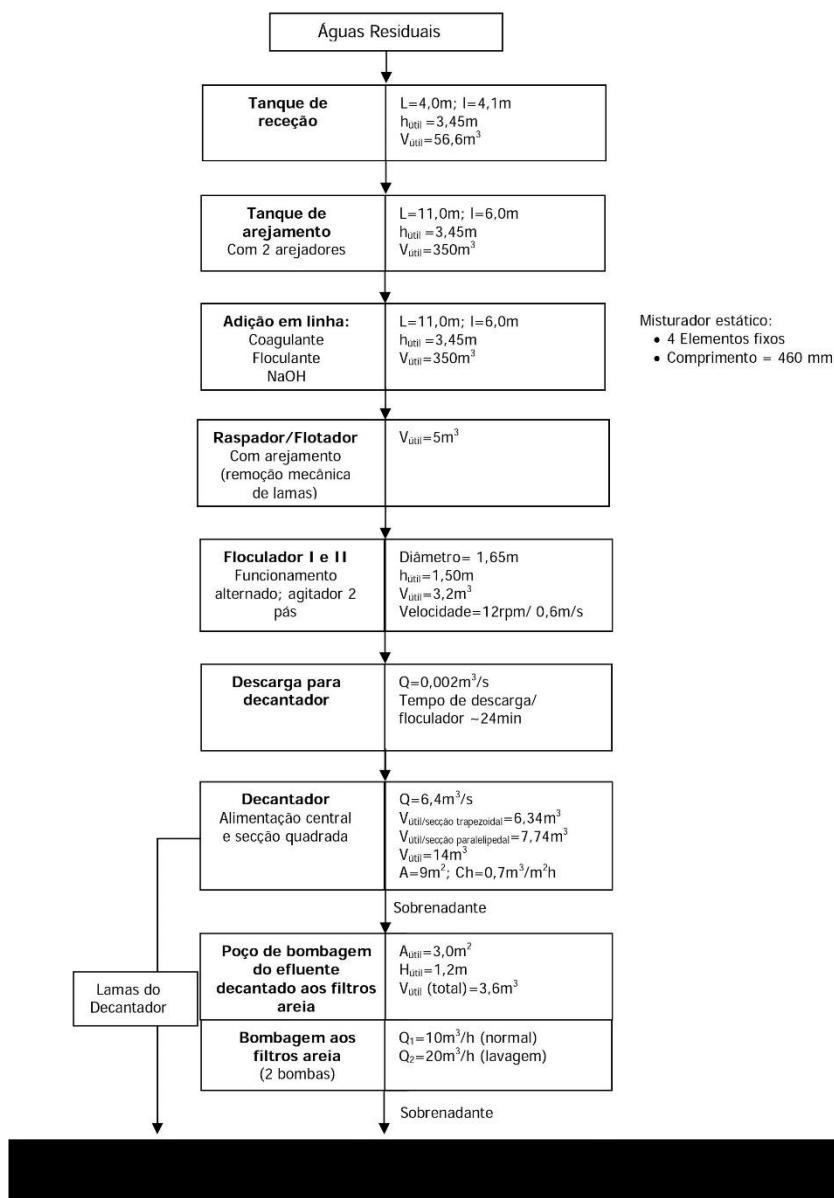
7.7 ANEXO G: OUTROS DADOS DE DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DA ETARI



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

CONTROLO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS NA ETARI -

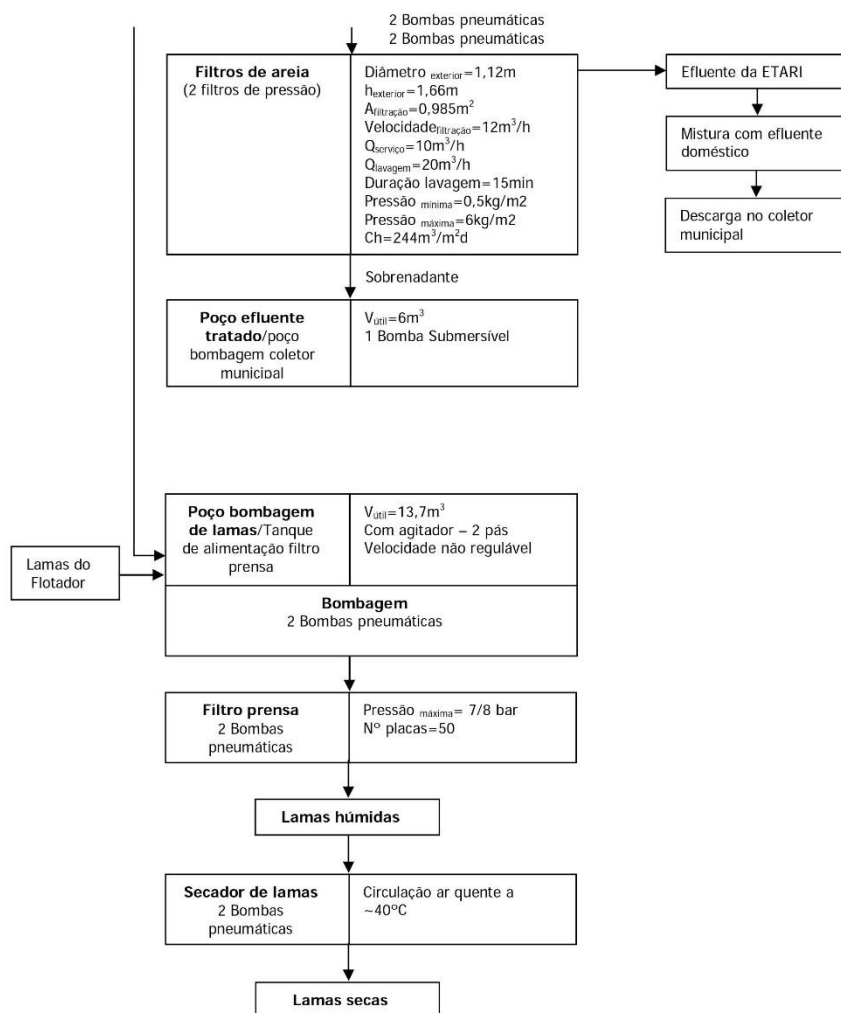
ANEXO II – DADOS DE DIMENSIONAMENTO DA ETARI





INSTRUÇÃO DE TRABALHO

CONTROLO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS NA ETARI -



7.8 ANEXO H: RESULTADOS DE VÁRIAS AMOSTRAGENS NOS TRÊS PONTOS DE CONTROLO DO TRATAMENTO DA ETARI

Tabela 35 – Alguns valores registados de CQO na entrada da ETARI e remoção de CQO respetiva.

CQO (mg O ₂ /L)				
Mês amostragem	Tanque Receção (entrada ETARI)	Tanque Arejamento	Tanque Efluente Tratado (saída ETARI)	Remoção CQO (%)
Fevereiro	5 117	3 881	1 073	79%
	9 999	9 456	5 331	47%
	4 988	9 999	4 431	56%
Média Fevereiro	6 701	7 779	3 612	60%
Março	83 170	20 210	20 500	75%
	69 060	21 290	17 320	75%
		17 670	17 350	2%
		9 404	7 499	20%
		9 958	9 412	5%
		7 478	2 998	60%
	3 042	8 539	3 653	57%
		8 639	8 346	3%
	9 999	7 364	7 106	29%
	12 290	7 306	7 276	41%
		7 781	6 187	20%
		7 264	1 000	86%
Média Março	35 512	11 075	9 054	40%
Abril	7 517	3 516	3 262	57%
	9 999	9 999	2 577	74%
	6 102	1 962	2 066	66%
	9 999	5 554	5 405	46%
	9 999	3 338	5 040	50%
	5 758	1 962	1 869	68%
	9 999	8 615	7 123	29%
	9 989	9 825	8 744	12%
	9 999	7 058	3 718	63%
	2 324	1 826	1 785	23%
Média Abril	8 169	5 366	4 159	49%
Maio	6 955	2 641	2 714	61%
	8 746	1 216	1 267	86%
	9 645	6 658	4 789	50%

	9 381	6 123	3 318	65%
	4 935	5 176	4 770	8%
	9 999	8 084	7 419	26%
	5 139	1 876	1 889	63%
	9 999	2 901	2 695	73%
	9 999	9 219	6 894	31%
	8 096	6 451	3 984	51%
Média Maio	8 289	5 035	3 974	51%
	7 441	4 968	2 910	61%
	5 033	1 843	2 068	59%
Junho	17 170	7 476	3 139	82%
	22 510	15 070	14 260	37%
Média Junho	13 039	7 339	5 594	60%
	9 368	9 052	4 888	48%
	4 707	2 207	1 000	79%
	15 670	29 320	5 663	81%
		3 585	1 000	72%
		6 436	2 046	68%
Julho	8 855	7 846	4 930	44%
	4 999	4 839	1 000	80%
	5 297	8 645	4 388	49%
		7 798	3 974	49%
Média Julho	8 149	8 859	3 210	63%
	9 069	7 250	5 083	44%
		5 800	4 830	17%
		7 568	5 599	26%
Agosto	15 310	13 174	6 659	57%
		10 005	7 061	29%
		7 551	6 682	12%
	36 980	8 854	7 965	78%
Média Agosto	20 453	8 600	6 268	38%
	15 000	13 956	11 133	26%
	13 310	13 660	7 943	42%
Setembro		10 213	5 349	48%
		5 508	5 324	3%
	37 650	14 320	7 301	81%
Média Setembro	21 987	11 531	7 410	40%
	11 709	16 580	11 643	30%
Outubro		14 620	10 792	26%
	15 230	31 160	9 190	71%

		5 541	4 445	20%
	15 000	14 486	7 030	53%
	11 535	11 714	11 038	6%
	5 221	13 311	11 497	14%
	4 762	12 517	11 383	9%
	7 107	5 009	4 167	41%
	6 908	5 420	4 482	35%
Média Outubro	9 684	13 036	8 567	30%
	8 721	7 038	4 102	53%
	4 064	3 790	1 530	62%
	4 043	7 723	5 194	33%
	3 482	6 505	6 202	5%
Novembro	15 000	9 848	6 441	57%
	8 374	9 195	7 556	18%
	7 821	7 902	5 844	26%
	6 782	6 600	2 404	65%
	8 458	6 159	4 461	47%
Média Novembro	7 416	7 196	4 859	41%
	10 210	8 713	4 902	52%
	11 811	10 832	7 256	39%
	2 512	9 122	7 484	18%
	3 733	8 015	6 556	18%
Dezembro	5 099	5 952	4 999	16%
	14 599	6 936	4 450	70%
	15 000	13 200	7 112	53%
	15 000	15 000	6 544	56%
Média Dezembro	9 746	9 721	6 163	40%

Notas para a Tabela 35:

- Não existem dados para o mês de Janeiro;
- Nem sempre é retirada amostra do tanque de receção, daí a inexistência de alguns valores. Nesse caso, a eficiência foi determinada considerando o valor do tanque de arejamento;
- Nos casos em que existem valores de CQO para os tanques de receção e arejamento, a eficiência de remoção é determinada considerando o maior valor entre ambos, a dividir pelo valor à saída da ETARI.

7.9 ANEXO I: FICHEIRO DE INDICADORES DO TRATAMENTO DA ETARI

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1			Hora		Leitura Contadores			Consumo reagentes				Jar-test (mL)					Consumo	Consumo	Caudal	Análise à água tratada			Descarga	Lava	
2	Data	Operador	Início turno	Fim turno	Tanque recepçã	Colector municípi	Abasteci/ água ETARI	Coagulante	Soda	Floculante	Horário adição reagentes	Coagulant	Sod	Floculant	pH inici	pH fin	coagulante no tanque (L)	Consumo soda no tanque (L)	Água (L/h)	pH Iníci	pH Fina	Aspecto	Descarga lamas	Fil	
3																									
2648	15/09/2018	fernando	06:00	14:00	142090000	5885000	13312,4		50	1,5									6000	5	8	Ok	Não	N	
2649	18/09/2018	Germano	07:00	15:30	142090000	5885000	13313,4		75	1,5											8			Não	S
2650	19/09/2018	Germano	07:00	15:30	142090000	5885000	13324,1													5	8	Ok	Não	S	
2651	24/09/2018	Germano	14:00	22:30	142147000	5915000	13325,6			1,5		2,5	2,5	2,5					6500	5	8	Ok	Não	S	
2652	25/09/2018	Germano	14:00	22:30	142212000	5980000	13326,4												6500	5	8	Ok	Não	S	
2653	26/09/2018	Germano	14:00	22:30	142321000	6082000	13327,3												6500	5	8	Ok	Não	S	
2654	27/09/2018	Germano	14:00	22:30	142411000	6172000	13327,3		75	1,5		2,5	2,5	2,5	5	8			6500	5	8	Ok	Não	S	
2655	28/09/2018	fernando	07:00	15:30	142452000	6230000	13328,7	250											5000	5	8	Ok	Sim	N	
2656	28/09/2018	Germano	14:00	22:30	142497000	6275000	13328,7												5000	5	8	Ok	Não	S	
2657	01/10/2018	fernando	08:00	16:30	142538000	6317000	13343,7		75										3000	5	8	Ok	Não	N	
2658	02/10/2018	Germano	07:00	15:30	142580000	6367000	13343,7			1,5									3500	5	8	Ok	Não	S	
2659	02/10/2018	fernando	15:29:00	23:59	142639000	6426000	13344,7												3500	5	8	Ok	Sim	N	
2660	03/10/2018	Germano	07:00	15:30	142712000	6503000	13344,7												5000	5	8	Ok	Não	S	
2661	03/10/2018	fernando	15:29:00	23:59	142792000	6579000	13346,8												5000	5	8	Ok	Não	N	
2662	04/10/2018	Germano	07:00	15:30	142865000	6664000	13347,9			1,5									5000	5	8	Ok	Sim	S	
2663	04/10/2018	fernando	15:29:00	23:59	142905000	6719000	13349,3	250											5000	5	8	Ok	Não	N	
2664	08/10/2018	fernando	07:00	15:30	142952000	6750000	13351,5					2,5	2,5	2,5	5	8			5000	5	8	Ok	Sim	S	
2665	08/10/2018	Germano	14:00	22:30	142980000	6771000	13351,5												5000	5	8	Ok	Não	S	
2666	09/10/2018	fernando	07:00	15:30	142995000	6785000	13354,6												5000	5	8	Ok	Sim	S	
2667	09/10/2018	Germano	14:00	22:30	143010000	6788000	13356,7												4000	5	8	Ok	Não	N	
2668	10/10/2018	fernando	07:00	15:30	143034000	6794000	13358,4												4000	5	8	Ok	Não	N	
2669	10/10/2018	Germano	14:00	22:30	143079000	6862000	13358,7												5000	5	8	Ok	Não	N	
2670	11/10/2018	fernando	07:00	15:30	143124000	6910000	13361,2	250	75	1,5									5000	5	8	Ok	Não	N	
2671	11/10/2018	Germano	14:00	22:30	143167000	6955000	13361,2												6000	5	8	Ok	Não	N	
2672	12/10/2018	fernando	07:00	15:30	143197000	6980000	13365,8												5000	5	8	Ok	Não	N	
2673	12/10/2018	Germano	14:00	22:30	143237000	7032000	13365,8												5000	5	8	Ok	Não	S	
2675	16/10/2018	fernando	15:29:00	23:59	143325000	7110000	13371,6	250	75										5000	5	8	Ok	Não	N	
2676	17/10/2018	Germano	07:00	15:30	143364000	7146000	13371,6												5000	5	8	Ok	Não	N	
2677	17/10/2018	fernando	15:29:00	23:59	143401000	7202000	13375,9			1,5									5000	5	8	Ok	Não	N	
2678	18/10/2018	fernando	15:29:00	23:59	143462000	7265000	13378,4												5000	5	8	Ok	Não	N	
2679	19/10/2018	Germano	07:00	15:30	143505000	7299000	13378,4												5000	5	8	Ok	Não	N	
2680	19/10/2018	fernando	15:29:00	23:59	143538000	7347000	13379,4												5000	5	8	Ok	Não	N	
2681	22/10/2018	Germano	14:00	22:30	143558000	7349000	13379,4			1,5		2,5	2,5	2,5	5	8			5000	5	8	Ok	Não	N	
2682	23/10/2018	Germano	14:00	22:30	143558000	7369000	13381,4												5000	5	8	Ok	Não	N	

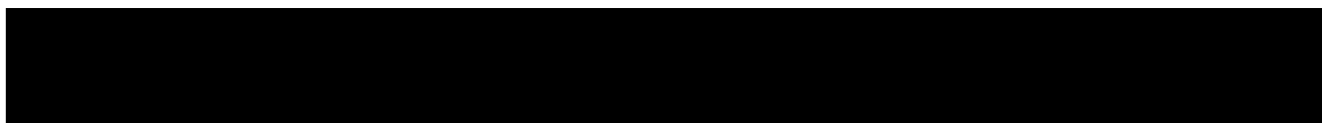
Figura 46 – Captura de ecrã do ficheiro de indicadores de tratamento da ETARI.

7.10 ANEXO J: LISTA DE VERIFICAÇÃO DE PONTOS CHAVE OPERACIONAIS DO TRATAMENTO DA ETARI



TABELA
CHECKLIST CONTROLO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS - [REDACTED]

Operador: _____ Turno: _____ às _____ Data: ____ / ____ / ____			
<u>Em cada turno de trabalho, responder às seguintes questões. No caso de a resposta ser "não", deve justificar devidamente na caixa de comentários e comunicar imediatamente ao responsável pela ETARI.</u>	Sim	Não	Comentários
1. Injetores de ar do tanque de arejamento estão ligados?			
2. Contadores (tanque arejamento, coletor, secador lamas, abastecimento águas à ETARI) estão a funcionar?			
3. Afluente esteve pelo menos 1 dia a homogeneizar no tanque de arejamento?			
4. Tratamento do afluente em linha?			
5. Existem reagentes para o tratamento?			
6. Preparação de nova solução de reagente com o respetivo tanque vazio, limpo e quantidade correta?			
7. Bombas doseadoras a funcionar corretamente? NOTA: no caso de não funcionarem corretamente e conseguir resolver o problema sem o mecânico da célula, não é necessário responder "não".			
8. Tratamento feito com os dois floculadores e o decantador cheios?			
9. Algum problema detetado nos filtros de areia, filtro prensa, secador de lamas?			



7.11 ANEXO K: VOLUMES MENSAIS DE AFLUENTE E EFLUENTE DA ETARI

Tabela 36 – Volumes mensais de afluente e efluente da ETARI.

Mês	Ano	Afluente (m³)	Efluente (m³)
1	2018	1057	--- °
2	2018	614	--- °
3	2018	1054	--- °
4	2018	1158	--- °
5	2018	1130	1192
6	2018	861	915
7	2018	1521	1246
8	2018	1431	1075
9	2018	1327	1324
10	2018	1125	1171
11	2018	1695	1790
12	2018	1029	1078
Total	-	14002	9791

7.12 ANEXO L: CUSTOS ASSOCIADOS AO CONSUMO ANUAL DE REAGENTES DA ETARI

Tabela 37 – Consumos e custos de reagentes da ETARI em 2017 e 2018.

	2018			2017		
	Consumo (Kg)	Custo (€/Kg)	Custo (€/ano)	Consumo (Kg)	Custo (€/Kg)	Custo (€/ano)
Coagulante	19 515	0,35	6 733	28 153	0,35	9 713
Floculante	150	3,74	561	525	3,75	1 969
Soda Caústica	6 200	1,03	6 386	9 925	0,80	7 940
TOTAL	---	---	13 680	---	---	19 622

° Período de avaria do contador de saída.