



## Diagnóstico da rede de distribuição de água e propostas de melhoria numa empresa do setor alimentar

JOÃO RENATO OLIVEIRA SOARES

novembro de 2019

# **DIAGNÓSTICO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E PROPOSTA DE MELHORIAS NUMA EMPRESA DO SETOR ALIMENTAR**

João Renato Oliveira Soares  
1131185

**2019**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

# **DIAGNÓSTICO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E PROPOSTA DE MELHORIAS NUMA EMPRESA DO SETOR ALIMENTAR**

João Renato Oliveira Soares  
1131185

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 da Professora Especialista Isabel Maria Garcia Sarmiento Pereira e coorientação da Professora Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira.

**2019**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica





# JÚRI

## **Presidente**

Doutoramento, Rui Filipe Neves Araújo Rego

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

## **Orientador**

Especialista, Isabel Maria Garcia Sarmento Pereira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

## **Co-orientador**

Doutoramento, Maria Teresa Ribeiro Pereira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

## **Arguente**

Doutoramento, Maria Henriqueta Dourado Eusébio Sampaio da Nóvoa

Professor Auxiliar, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)



## AGRADECIMENTOS

*Think as a winner and act as a winner. You'll be quite likely to achieve your goal.*

Enzo Ferrari

Agradeço a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho final de mestrado, em particular:

- Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, por me fazer crescer pessoal e profissionalmente ao longo destes últimos anos.

- As minhas orientadoras do ISEP, Professora Especialista Isabel Maria Garcia Sarmento Pereira e a Professora Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira, pela possibilidade de contar com a sua orientação e pelo profissionalismo demonstrado no imprescindível apoio e acompanhamento do meu trabalho.

- À entidade acolhedora do estágio, pela oportunidade fantástica de poder integrar numa experiência em contexto industrial.

- Um agradecimento particular ao Engenheiro Nuno Silva e à Engenheira Bárbara Pedro, pelo acompanhamento e por todos os ensinamentos prestados.

- À minha família, em especial aos meus queridos pais, padrinhos, irmão e às minhas primas Teresinha e Fatinha, por todo o contributo na minha educação e por estarem sempre ao meu lado. À Vanda, minha namorada, por toda a paciência, força, amor e motivação para a concretização deste trabalho. Obrigado por acreditarem em mim.

- Aos meus amigos e colegas do ISEP, que me apoiaram e motivaram nos momentos mais desafiantes.



## PALAVRAS CHAVE

Água; Sustentabilidade; Indústria alimentar; Metodologia DMAIC; Otimização do consumo; Poupança da água.

## RESUMO

Nos últimos 100 anos, a utilização de água a nível global aumentou substancialmente. A sua escassez é um dos principais desafios que a humanidade atravessa no século XXI. No que diz respeito à indústria alimentar, o consumo de água, ao longo de todos os seus processos, é elevado, contribuindo para um maior impacto económico nas organizações. Para uma melhor análise dos principais problemas detetados numa fábrica da indústria alimentar, adotou-se uma metodologia de apoio à gestão da água baseada nos seguintes pressupostos: diversas ferramentas de gestão, metodologia PDCA, hierarquia de gestão da água, política 3R's, entre outros

É neste âmbito, que decorre o presente trabalho cujo objetivo principal é encontrar oportunidades de melhoria no que toca à redução, reutilização e reciclagem de água numa fábrica. Nesta lógica, definiram-se os seguintes objetivos secundários: mapeamento da rede de distribuição de água em *AutoCAD* e criação de uma base de dados com as especificações das linhas de distribuição de água. Paralelamente a isso, estabeleceu-se uma zona foco (Setor 3), recorrendo-se ao DMAIC, inserido na metodologia seis sigma, tendo em vista encontrar otimizações na rede de distribuição de água da fábrica.

A avaliação final dos resultados permitiu, no Setor 3, identificar diversas propostas de melhoria, traduzindo-se numa redução estimada do consumo anual de água na fábrica de 7 812 m<sup>3</sup> e 10 549 m<sup>3</sup> e numa redução estimada de 11 659 € e 21 335 € anuais no impacto económico da organização.



**KEYWORDS**

*Water; Sustainability; Food Industry; DMAIC methodology; Consumption Optimization; Water Saving*

**ABSTRACT**

In the last 100 years, water usage has increased substantially on a global level. Its scarcity is one of the main challenges that mankind faces on the 21st Century. When it comes to the food industry, water consumption is high in all of its processes, contributing to a bigger economic impact on the organizations. For a better analysis of the main problems encountered in a food industry factory, a water management support methodology was adopted, based on the following assumptions: diverse tools of management, PDCA methodology, water management hierarchy, 3R's policy, among others.

Therefore, the main goal of this work is to find opportunities of improvement when it comes to reduction, reutilization and recycling of water. It is in this sense that the following secondary aims were defined: mapping of a water distribution network in AutoCAD and the creation of a database with the specifications of the distribution water lines. In the same way, a focus zone was established (Sector 3), resorted to DMAIC was used inserted on the Six Sigma methodology, bearing in mind to come across optimizations in the water distribution network.

The final evaluation of the results allowed to identify diverse improvement proposals on Sector 3, translating into the estimate reduction of annual consumption of water, in the factory, of 7 812 m<sup>3</sup> to 10 549 m<sup>3</sup> and a estimate reduction of 11 659 € to 21 335 € on the organization's economic impact annually.



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

CIP	<i>Clean-in-place.</i>
DMADV	<i>Define, Measure, Analyse, Design, Verify.</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control.</i>
ENEF	Abreviatura para água proveniente da rede municipal.
ETAR	Estação de tratamento de água residuais.
KPI	<i>Key Performance Indicator.</i>
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico.
ONU	Organização das Nações Unidas.
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act.</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i> (Serviço Geológico dos Estados Unidos).
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia.
WMH	<i>Water Management Hierarchy</i> (Hierarquia de Gestão da água).
3R's	Reduzir, Reutilizar, Reciclar.
5W2H	<i>What?</i> (O quê?); <i>Why</i> (Porquê?); <i>Where</i> (Onde?); <i>When</i> (Quando?); <i>Who</i> (Quem?); <i>How</i> (Como?); <i>How much</i> (Quanto?).
8D	Oito disciplinas.

### Lista de Unidades

bcm	<i>Billion cubic meters</i> : unidade de medida de produção de gás natural.
°C	Grau Celsius: unidade de medida de temperatura.
h	Hora: unidade de medida de tempo, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades.
kg	Quilograma: unidade de grandeza mássica, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades.
l	Litro: unidade de medida de volume ou capacidade, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades.
m <sup>3</sup>	Metro cúbico: unidade de medida de volume, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades.
ppm	Partes por milhão.
pH	Escala numérica adimensional utilizada para especificar a acidez ou basicidade de uma solução aquosa.
ton	Tonelada: unidade de grandeza mássica, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades.

### Lista de Símbolos

%	Percentagem.
€	Euro.



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

---

<i>Anthropocene</i>	Termo cronológico geológico informal usado para caracterizar o período mais recente na história do Planeta Terra.
Aquacultura	Criação de peixes, crustáceos, entre outros, em viveiros aquáticos.
AutoCAD	Software do tipo CAD ( <i>Computer Aided Design</i> ) criado com o objetivo principal de desenvolver projetos em áreas como arquitetura, engenharia mecânica, indústria automóvel, entre outros.
<i>Brainstorming</i>	Técnica dinâmica realizada em grupo, para exploração da criatividade individual e da equipa, com debate de ideias para posterior obtenção de soluções.
Efluentes	Fluido residual lançado para o meio ambiente que constitui na sua composição um agente poluidor.
<i>Electromagnetic meter</i>	Medidor de fluxo eletromagnético.
<i>Flowsheet</i>	Diagrama esquemático que apresenta uma sequência de operações.
<i>Layout</i>	Distribuição de elementos gráficos num determinado espaço ou superfície.
<i>Multi-jet meter</i>	Tipo de medidor de fluxo de água.
<i>Payback</i>	Tempo que decorre entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado iguala o valor desse investimento.
Turbine water meter	Tipo de medidor de fluxo de água.
<i>Stakeholders</i>	Tratam-se de indivíduos ou grupos de indivíduos que dependem de uma organização para cumprir os seus próprios objetivos e de quem, por sua vez, depende da organização.
<i>Standard</i>	Que é conforme a uma norma de fabricação, a um modelo, a um tipo, a um padrão ou a uma marca.
<i>Water mapping</i>	É uma representação gráfica de todas as fontes de água, tratamentos, operações e todos os efluentes gerados.

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ADAPTADO DE (CORREIA, 2017)).	35
FIGURA 2 - OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (DIREÇÃO GERAL DA EDUCAÇÃO, N.D.).	36
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA TERRA (SISTEMA DE AUTOAVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA, 2016).	37
FIGURA 4 - CONSUMO GLOBAL DE ÁGUA POR SETOR ATÉ 2040 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 2016).	38
FIGURA 5 - NÍVEL DE ESCASSEZ FÍSICA DE ÁGUA (WWAP (UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME); UNESCO (UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION), 2019).	38
FIGURA 6 – FATORES QUE INFLUENCIAM A ESCASSEZ DE ÁGUA POTÁVEL (ADAPTADO DE (UNESCO (UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION), 2018)).	39
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POR SETOR DE ATUAÇÃO (FONTE: DOCUMENTO INTERNO DA EMPRESA).	40
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELOS PROCESSOS INDUSTRIAIS (PHAM ET AL., 2016).	41
FIGURA 9 - ÁGUA NECESSÁRIA PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS (FONTE: DOCUMENTO INTERNO DA EMPRESA).	42
FIGURA 10 - CADEIA DE FORNECIMENTO (ADAPTADO DE (GLAVIC & SIMONIČ, 2008)).	43
FIGURA 11 – DIAGRAMA ISHIKAWA UTILIZANDO A METODOLOGIA 6M (KIRAN, 2017B).	48
FIGURA 12 – METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS (DURET & PILLET, 2006).	50
FIGURA 13 - CICLO PDCA (DURET & PILLET, 2006).	51
FIGURA 14 – PRINCIPAIS FASES PARA MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA (OPPENHEIMER ET AL., 2016).	53
FIGURA 15 - EXEMPLO DE UM <i>WATER MAPPING</i> (FONTE: DOCUMENTO INTERNO DA EMPRESA).	54
FIGURA 16 – EXEMPLOS DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DADOS (ENVIRONMENT AGENCY, 2001).	55
FIGURA 17 - HIERARQUIA DA GESTÃO DA ÁGUA (WMH) (ADAPTADO DE (WAN ALWI & MANAN, 2013)).	56
FIGURA 18 - ESTRATÉGIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NUM DADO PROCESSO (ADAPTADO DE (LEITE, 2017)).	57
FIGURA 19 - PRINCÍPIO DOS 3R'S (FONTE: DOCUMENTO INTERNO DA EMPRESA).	57
FIGURA 20 - PRINCÍPIOS CORPORATIVOS EMPRESARIAIS DA EMPRESA (FONTE: DOCUMENTO INTERNO EMPRESA).	62
FIGURA 21 - PLANTA DA FÁBRICA E SEUS RESPECTIVOS SETORES.	63
FIGURA 22 – METODOLOGIA DE ABORDAGEM À RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS BASEADA NO MÉTODO DMAIC.	65
FIGURA 23 - FLUXOGRAMA DE ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL.	66
FIGURA 24 – DISTRIBUIÇÃO PRINCIPAL DE ÁGUA POTÁVEL.	67
FIGURA 25 – DIAGRAMA DE FLUXO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELOS TRATAMENTOS E PELA FÁBRICA.	68
FIGURA 26 - DIAGRAMA DE FLUXO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELOS SETORES COM E SEM PRODUÇÃO.	68

FIGURA 27 -DIAGRAMA DE FLUXO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELOS SETORES COM PRODUÇÃO.	69
FIGURA 28- DIAGRAMA DE FLUXO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELOS SETORES SEM PRODUÇÃO.	69
FIGURA 29 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO A FÁBRICA.	70
FIGURA 30 - CONSUMO DE ÁGUA VERIFICADO PELA FÁBRICA.	70
FIGURA 31 – PERCENTAGEM DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO POÇO 101.	71
FIGURA 32 - RELAÇÃO CUSTO TOTAL DE ÁGUA VS QUANTIDADE TOTAL DE ÁGUA CONSUMIDA.	71
FIGURA 33 – PRODUÇÕES DE PRODUTO E CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL PELA FÁBRICA.	72
FIGURA 34 – ANÁLISE KPI GERAL FÁBRICA.	73
FIGURA 35 – DIAGRAMA DE FLUXO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELO TRATAMENTO OSMOSE INVERSA.	74
FIGURA 36 – RENDIMENTO DO TRATAMENTO DE ULTRAFILTRAÇÃO.	74
FIGURA 37 – PERCENTAGEM MENSAL DE REJEITADO DO TRATAMENTO DE OSMOSE INVERSA.	75
FIGURA 38 – TOTAL DE ÁGUA OSMOTIZADA PRODUZIDA, VAPOR PRODUZIDO E PRODUTO FINAL PRODUZIDO PELO SETOR 3.	76
FIGURA 39 - CUSTO TRIMESTRAL DA PRODUÇÃO DE ÁGUA OSMOTIZADA.	76
FIGURA 40 - DIAGRAMA DE FLUXO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELO TRATAMENTO DE DESCALCIFICAÇÃO.	77
FIGURA 41 - CONSUMO DE ÁGUA DESCALCIFICADA NO SETOR 2.	78
FIGURA 42 – CUSTO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DESCALCIFICADA.	78
FIGURA 43 - DISTRIBUIÇÃO TRIMESTRAL DE ÁGUA PELOS SETORES SEM PRODUÇÃO.	79
FIGURA 44 – CUSTO DOS DIFERENTES TIPO DE ÁGUA NOS SETORES SEM PRODUÇÃO.	79
FIGURA 45 - DISTRIBUIÇÃO TRIMESTRAL DE ÁGUA PELOS SETORES COM PRODUÇÃO.	80
FIGURA 46 -DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTO PRODUZIDO PELOS SETORES.	81
FIGURA 47 - ANÁLISE DO KPI OBSERVADO NO SETOR 3 PARA 2017 E 2018.	81
FIGURA 48 - ANÁLISE DO KPI OBSERVADO NO SETOR 3A PARA 2017 E 2018.	82
FIGURA 49 - CUSTO DOS DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA NOS SETORES COM PRODUÇÃO.	82
FIGURA 50 – DISTRIBUIÇÃO DE EFLUENTES.	83
FIGURA 51 – FLUXOGRAMA DE DEFINIÇÃO DA ZONA ALVO.	87
FIGURA 52 – REQUISITOS DE QUALIDADE DE ÁGUA.	88
FIGURA 53 – CONSUMOS E CUSTOS DE ÁGUA.	89
FIGURA 54 - DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA OSMOTIZADA.	90
FIGURA 55 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA OSMOTIZADA.	91
FIGURA 56 - DIAGRAMA DE PRODUÇÃO DO PRODUTO 1 E 2.	92
FIGURA 57 – DISTRIBUIÇÃO ÁGUA OSMOTIZADA PRODUTO (VALORES TEÓRICOS).	93
FIGURA 58 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA O PRODUTO (VALORES TEÓRICOS E REAIS).	94
FIGURA 59 -CONSUMO DE ÁGUA OSMOTIZADA PARA LIMPEZAS EM AGOSTO DE 2018.	95
FIGURA 60 – CONSUMO DE ÁGUA OSMOTIZADA.	96
FIGURA 61 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA OSMOTIZADA DE ALIMENTAÇÃO AO SETOR 3.	96
FIGURA 62 – DIAGRAMA DE FLUXO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA LINHA 1.	97
FIGURA 63 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL AO LONGO DA LINHA 1.	98
FIGURA 64 – DSITRIBUIDOR DE ÁGUA INSTALADO NA LINHA 1.	98
FIGURA 65 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA LINHA 1.	99

FIGURA 66 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELAS LINHAS ATIVAS DO COLETOR DE DISTRIBUIÇÃO DA LINHA 1.	99
FIGURA 67 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELO COLETOR DE DISTRIBUIÇÃO DA LINHA 1.	100
FIGURA 68 - DIAGRAMA DE FLUXO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA LINHA 2.	101
FIGURA 69 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL AO LONGO DA LINHA 2.	101
FIGURA 70 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA LINHA 2.	102
FIGURA 71 - DIAGRAMA DE FLUXO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA LINHA SECUNDÁRIA (RUA B).	102
FIGURA 72 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL AO LONGO DA LINHA SECUNDÁRIA INSTALADA NA RUA B.	103
FIGURA 73 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELA RUA B.	103
FIGURA 74 – CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL (2018).	104
FIGURA 75 – DIAGRAMA DE FLUXO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL.	107
FIGURA 76 - DISTRIBUIÇÃO TEÓRICA DE ÁGUA POTÁVEL EM 2018 NO SETOR 3.	109
FIGURA 77 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL.	110
FIGURA 78 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA LIMPEZAS POR CIP.	112
FIGURA 79 - DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA LIMPEZAS GERAL.	112
FIGURA 80 - CONSUMO DE ÁGUA PARA REFRIGERAÇÃO DE BOMBAS.	114
FIGURA 81 – CONSUMO DE ÁGUA PARA REFRIGERAÇÃO DE BOMBAS NO PROCESSO DE MISTURA L2.	115
FIGURA 82 - CONSUMO DE ÁGUA PARA REFRIGERAÇÃO DE BOMBAS NO PROCESSO DE MISTURA L1.	115
FIGURA 83 -COMPARAÇÃO DE DIVERSOS KPI'S DEFINIDOS PARA O SETOR 3.	116
FIGURA 84 - DISTRIBUIÇÃO EFLUENTES.	117
FIGURA 85 – CUSTO DE ÁGUA PARA O PROCESSO DE LIMPEZAS NO SETOR 3.	121
FIGURA 86 – DIAGRAMA DE PERDAS PARA ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL OU OSMOTIZADA AS LIMPEZAS DO SETOR 3.	122
FIGURA 87 - POUPANÇA DE ÁGUA NAS LIMPEZAS NO SETOR 3 EM 2018.	123
FIGURA 88 – DIAGRAMA DE AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS ANTERIORMENTE NOS CONTADORES.	125
FIGURA 89 – SITUAÇÃO ATUAL DE ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA AO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DAS BOMBAS NO SETOR 3.	127
FIGURA 90 – PRINCÍPIO DOS 3R'S ASSOCIADO A OTIMIZAÇÃO ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO PARA A REFRIGERAÇÃO DE BOMBAS.	128
FIGURA 91 -TIPO DE MEDIDORES DE FLUXO INSTALADOS NA FÁBRICA	129
FIGURA 92 – CONSUMO DE ÁGUA PELO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE BOMBAS EM 2017.	131
FIGURA 93 – CUSTO TOTAL DE ÁGUA EM 2017 VERIFICADO PELO CONSUMO DE ÁGUA NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE BOMBAS.	131



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - REQUISITOS DE QUANTIDADE E QUALIDADE DE ÁGUA PARA OS DIFERENTES PROCESSOS (KIRBY ET AL., 2002).	43
TABELA 2 – CUSTO ANUAIS DE ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO.	72
TABELA 3 – PONTOS DE MEDIDA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.	84
TABELA 4 – PROBLEMAS IDENTIFICADOS	86
TABELA 5 – FORMAS DE OBTENÇÃO DE VALORES TEÓRICOS E REAIS PARA O CONSUMO DE ÁGUA OSMOTIZADA.	92
TABELA 6 – NÚMERO DE LIMPEZAS EXISTENTES POR PROCESSO.	94
TABELA 7 – RESPECTIVOS VALORES TEÓRICOS E REAIS POR PROCESSO.	109
TABELA 8 – LIMPEZAS COM O ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL EXISTENTES NO SETOR 3.	111
TABELA 9 - LISTA DE BOMBAS EXISTENTES POR PROCESSO.	113
TABELA 10 – VALORES REAIS E TEÓRICOS VERIFICADOS PELAS DIFERENTES BOMBAS.	113
TABELA 11 – PROBLEMAS E RESPECTIVAS CONSEQUÊNCIAS IDENTIFICADOS AO LONGO DO ESTUDO MICRO NO SETOR 3.	119
TABELA 12 – PROPOSTAS DE MELHORIA IDENTIFICADAS PARA OS PROBLEMAS VERIFICADOS NO SETOR 3.	120
TABELA 13 – CONTADORES VÁLIDOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.	124
TABELA 14 - TIPO DE CONTABILIZAÇÃO NOS CONTADORES EXISTENTES NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.	124
TABELA 15 - CAUDAL DE ALIMENTAÇÃO AO CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO DE BOMBAS.	129
TABELA 16 – ESPECIFICAÇÕES DOS FABRICANTES DAS BOMBAS.	130
TABELA 17 - IMPACTO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA ANALISADAS.	133



# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	29
1.1	Enquadramento .....	29
1.2	Objetivos .....	30
1.3	Metodologia.....	30
1.4	Organização da dissertação .....	30
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
2.1	Sustentabilidade mundial .....	35
2.2	Água no mundo.....	37
2.3	Água na indústria .....	40
2.4	Água na indústria agroalimentar.....	42
2.5	Água na indústria alimentar.....	44
2.6	Ferramentas de apoio à gestão da água.....	45
2.6.1	Medição e calibração .....	45
2.6.2	Recolha de dados e folhas de verificação.....	46
2.6.3	Fluxograma .....	47
2.6.4	Histograma .....	47
2.6.5	Diagrama Pareto.....	47
2.6.6	Diagrama Sankey .....	48
2.6.7	Diagrama Ishikawa .....	48
2.6.8	Ferramenta 5W2H.....	48
2.6.9	Brainstorming.....	49
2.7	Metodologias de apoio à gestão da água .....	49
2.7.1	Ciclo PDCA .....	50
2.7.2	Metodologia 8D (8 disciplinas).....	51
2.7.3	Metodologia seis sigma .....	52
2.7.3.1	Modelo DMAIC .....	52
2.7.3.2	Modelo DMADV .....	52
2.8	Estratégias de apoio a otimização de água na indústria alimentar .....	53
3	ESTUDO DE CASO (TRABALHO PRÁTICO).....	61

3.1	Apresentação da empresa .....	61
3.2	Objetivos do trabalho prático .....	64
3.3	Metodologia de abordagem ao problema proposto .....	64
3.4	Infraestrutura de distribuição de água .....	66
3.4.1	Água de alimentação da fábrica .....	70
3.4.2	Tratamentos de água .....	73
3.4.2.1	Tratamento de ultrafiltração e osmose inversa .....	73
3.4.2.2	Tratamento de descalcificação .....	77
3.4.3	Setores sem produção .....	78
3.4.4	Setores com produção .....	79
3.4.5	Distribuição de efluentes .....	83
3.4.6	Regime de contagem de água .....	83
3.4.7	Síntese do diagnóstico à distribuição de água .....	85
3.4.8	Problemas gerais identificados .....	86
3.5	Definição da zona alvo .....	87
3.6	Estudo zona alvo - Setor 3 .....	88
3.6.1	Consumos e custos de água .....	89
3.6.2	Alimentação e distribuição de água osmotizada .....	89
3.6.2.1	Água osmotizada utilizada para produto .....	91
3.6.2.2	Água osmotizada utilizada para limpezas .....	94
3.6.3	Regime de contagem de água osmotizada .....	96
3.6.4	Alimentação de água potável .....	97
3.6.4.1	Água potável – linha 1 .....	97
3.6.4.2	Água potável – linha 2 .....	100
3.6.5	Distribuição de água potável .....	104
3.6.5.1	Água potável para limpezas geral e CIP .....	111
3.6.5.2	Água potável para refrigeração de bombas .....	112
3.6.6	Análise dos KPI's .....	116
3.6.7	Distribuição de efluentes .....	117
3.7	Síntese dos problemas identificados no Setor 3 .....	119
3.8	Tempestade de Ideias sobre propostas de melhoria .....	120
3.9	Desenvolvimento das propostas .....	121
3.9.1	Substituição da utilização de água osmotizada para limpezas por água potável .....	121
3.9.2	Contabilização da rede de distribuição de água potável no Setor 3 .....	124
3.9.3	Otimização da água de alimentação para refrigeração de bombas .....	127
3.9.3.1	Redução do consumo de água para refrigeração de bombas .....	128
3.9.4	Impacto das propostas de melhoria .....	132

---

4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	137
4.1	Conclusões .....	137
4.2	Proposta de trabalhos futuros .....	138
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	143
6	ANEXOS.....	149
6.1	Anexo 1 – flowsheet.....	149
6.2	Anexo 2 – características dos contadores.....	153
6.3	Anexo 3 – water mapping .....	163
6.4	Anexo 4 – especificações das bombas no Setor 3.....	167
6.5	Anexo 5 – flowsheet atualizado .....	171



# INTRODUÇÃO

- 1.1 Enquadramento
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Metodologia
- 1.4 Organização da dissertação



# 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho realizou-se no âmbito da finalização do Mestrado em Engenharia Mecânica, ramo Gestão Industrial. Para tal, foi realizado um estágio curricular numa empresa do setor alimentar, cujo objetivo foi elaborar um relatório que visou o diagnóstico da rede de distribuição de água da fábrica e apresentação de propostas de melhoria, de modo a otimizar toda aquela rede.

## 1.1 Enquadramento

Atualmente, a água é um recurso escasso, cuja preservação é essencial à existência de vida no planeta Terra. Também, a nível industrial, uma das preocupações quando se colocam questões ambientais é a minimização do consumo de água (Rito, 2010).

Mais de 2 mil milhões de pessoas em todo o mundo vivem em países onde existe uma elevada escassez de água. Donde, o uso de água de forma eficiente seja fulcral, contribuindo assim para uma gestão sustentável dos recursos hídricos, melhorando o ambiente envolvente, bem como o crescimento e o desenvolvimento económico local (United Nations, 2018).

Assim, alinhado com os objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (Organização das Nações Unidas) para 2030, o compromisso da empresa em análise passa por trabalhar de forma a alcançar a eficiência hídrica e a sustentabilidade ao longo de todas as suas operações onde a água é vital, desde lavagens e processamento de matérias-primas até ao seu uso para necessidades de higiene. Para além disso, existe uma série de vantagens imediatas para a empresa na sua minimização, tal como a redução do consumo de água potável, a redução do custo de água e da quantidade de água residual produzida (Environment Agency, 2001).

A empresa em análise continua a reduzir, reutilizar e reciclar água ao longo do seu negócio através de projetos de minimização do consumo de água e da introdução de inovações a fim de combater esta problemática.

## 1.2 Objetivos

Os objetivos principais deste trabalho são:

- Mapeamento da rede de distribuição de água em *AutoCAD*;
- Criação de base de dados com as especificações das linhas de distribuição de água;
- Proposta de melhorias de eficiência na rede de distribuição;
- Impacto económico das propostas de melhorias estudadas.

É de salientar que estes objetivos tinham a restrição temporal equivalente à duração do estágio (6 meses) na empresa em análise.

## 1.3 Metodologia

Para cumprimento dos objetivos propostos pela empresa, foi utilizada a seguinte metodologia de trabalho:

1. Revisão bibliográfica para um melhor enquadramento teórico inerente à realização do trabalho prático;
2. Levantamento de toda a rede de distribuição de água na fábrica;
3. Criação e atualização de desenhos em formato digital da rede de distribuição de água;
4. Análise à situação atual da empresa;
5. Identificação dos problemas na rede de distribuição de água;
6. Aplicação dos seguintes conceitos teóricos: diversas ferramentas de apoio à gestão de água, metodologia PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), metodologia 8 disciplinas, hierarquia de gestão da água, política 3R's (Reduzir, Reciclar e Reutilizar) e *water mapping* no suporte do trabalho prático;
7. Elaboração de propostas de melhoria;
8. Resultados e conclusões.

## 1.4 Organização da dissertação

A dissertação está organizada da seguinte forma:

1. Introdução;
2. Revisão bibliográfica;
3. Estudo de caso;
4. Conclusões e Sugestões para trabalhos futuros;

O capítulo 1, relativo à Introdução, apresenta os objetivos do trabalho, propostos pela empresa, bem como uma contextualização do trabalho realizado. É descrita a metodologia adotada para cumprimento dos objetivos e a organização da dissertação.

O capítulo 2, sustentado na Revisão bibliográfica, descreve de forma geral os conceitos relacionados com o tema de trabalho, nomeadamente, sustentabilidade

ambiental; água no mundo e na indústria; água na indústria agroalimentar e na indústria alimentar e, ainda, estratégias de apoio à otimização da água na indústria alimentar.

No capítulo 3, no Estudo de caso, procedeu-se à caracterização da empresa, à definição dos principais objetivos deste trabalho, bem como à apresentação da metodologia adotada para a consecução daqueles. De seguida, realizou-se um diagnóstico geral à rede de distribuição de água, de forma a definir uma zona alvo e com isso realizar um estudo minucioso. Por fim, através de um *Brainstorming* foi possível identificar algumas propostas de melhoria, desenvolvê-las e averiguar o respetivo impacto económico.

No capítulo 4, conclusões e sugestões para trabalhos futuros, são apresentadas algumas considerações finais sobre o trabalho desenvolvido e propostas de trabalhos futuros.

A dissertação possui, ainda, o quinto e o sexto capítulos, constituídos pela Bibliografia e Anexos, respetivamente.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Sustentabilidade mundial
- 2.2 Água no mundo
- 2.3 Água na indústria
- 2.4 Água na indústria agroalimentar
- 2.5 Água na indústria alimentar
- 2.6 Ferramentas de apoio à gestão da água
- 2.7 Metodologias de apoio à gestão da água
- 2.8 Estratégias de apoio a otimização de água na indústria alimentar



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Sustentabilidade mundial

O conceito de desenvolvimento sustentável ganhou visibilidade em 1987 quando as Nações Unidas publicaram o relatório de Brundtland, no qual o descrevem como o “Desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”. Nesta definição de sustentabilidade, estão implícitos dois conceitos essenciais, o conceito de necessidades e o conceito de limitações impostas pela tecnologia e pela organização social dos países ou empresas (Correia, 2017), (Brundtland, 1988).

Através da Figura 1, pode aferir-se que a simbiose das variáveis, sustentabilidade ambiental, económica e social, resulta na definição base do conceito de desenvolvimento sustentável.

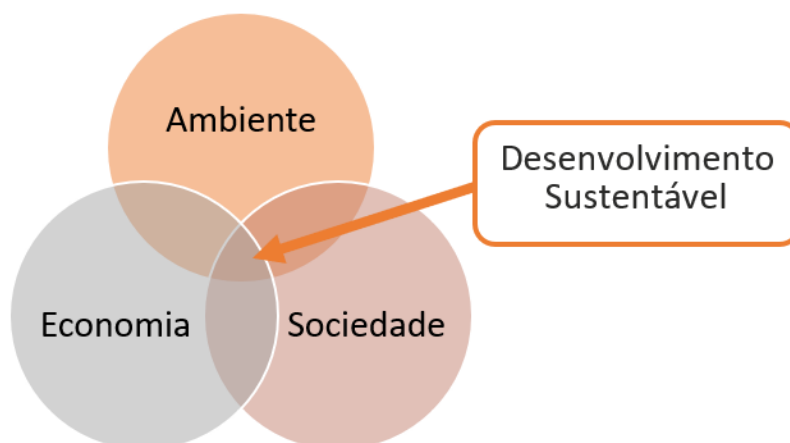


Figura 1 - Representação gráfica de desenvolvimento sustentável (Adaptado de (Correia, 2017)).

Atualmente, o desenvolvimento sustentável é um conceito que deve ser aplicado a todas as indústrias, devido à sua relação direta com a atividade económica e com o meio ambiente. Por este motivo é que, cada vez mais, empresas e instituições adotam práticas de sustentabilidade, apesar de ainda serem um número bastante reduzido uma vez que o poder económico é sempre o mais importante. Porém, com a criação de iniciativas como o *Sustainable Materials Management* da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) e a política dos 3 R's comprova-se que este tema ganha progressivamente espaço para ser discutido (Correia, 2017).

O século XXI apresenta à humanidade um duplo desafio: manter a natureza em todas as suas diversas formas e funções e, ao mesmo tempo, criar um mundo justo para toda a população num planeta finito (WWF International, 2016).

Estes desafios estão alinhados com agenda da ONU 2030 para o desenvolvimento sustentável. As metas para o desenvolvimento sustentável contemplam as dimensões económicas, sociais e ecológicas necessárias para sustentar a sociedade humana através da *Anthropocene* (WWF International, 2016).

Como se verifica na Figura 2, estabeleceram-se dezassete objetivos de desenvolvimento sustentável para o período entre 2015 e 2030, de forma a equilibrar as dimensões sociais, económicas e ambientais do desenvolvimento sustentável (United Nations, 2018; WWF International, 2016).



Figura 2 - Objetivos de desenvolvimento sustentável (Direção Geral da Educação, n.d.).

Tendo em conta que o mundo está a modificar-se a um ritmo alucinante, mesmo que existam diversas medidas de apoio ao desenvolvimento sustentável, estas não são suficientes, sendo necessário reforçar a adoção de sistemas mais sustentáveis e eficientes.

De acordo com (United Nations, 2018), estimativas sugerem que, se o meio ambiente continuar a ser degradado a esta velocidade e as pressões sobre os recursos hídricos globais continuarem, 45% do produto interno bruto global, 52% da população mundial e 40% da produção mundial de cereais (grão) serão colocados em risco em 2050.

## 2.2 Água no mundo

A água é um ingrediente essencial do desenvolvimento sustentável, sendo importante conservá-la e usá-la de maneira sustentável para a saúde da sociedade e para todos os sistemas de suporte à vida e manutenção do ecossistema do planeta Terra (Boojh, Ram; Gueidon, 2017).

Segundo o USGS (*United States Geological Survey*) a água ocupa aproximadamente 71% da superfície terrestre. Contudo, 97% desta água é salgada e está presente nos oceanos e mares o que a torna imprópria para consumo. Cerca de 3% é água doce, das quais 2,5% está armazenada em icebergs e glaciares. Dos 0,5% restantes, a maior fatia é água subterrânea e, apenas 0,04% da água existente no planeta está disponível à superfície em lagos, rios e zonas húmidas, tal como observado na Figura 3 (UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization), 2006).

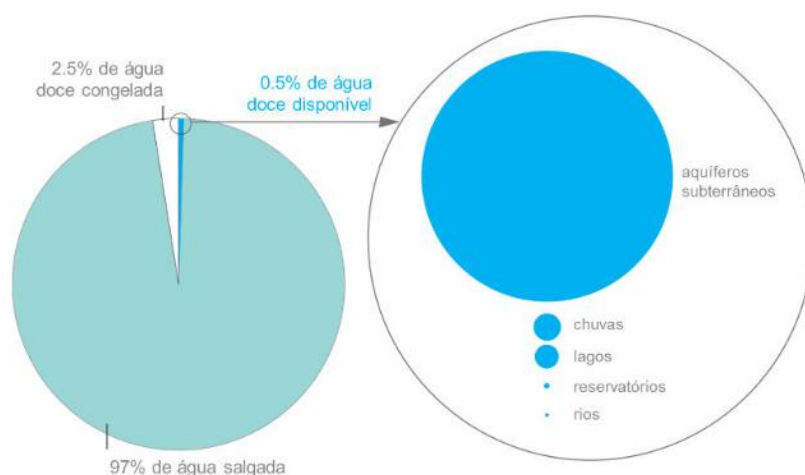


Figura 3 - Distribuição de água na Terra (Sistema de Autoavaliação da Eficiência Hídrica, 2016).

A utilização de água a nível global aumentou consideravelmente nos últimos 100 anos e irá continuar a crescer a uma taxa de 1% por ano (Frenken & Gillet, 2012; Wada et al., 2016).

A agricultura (que inclui a irrigação, a pecuária e a aquacultura) é o maior consumidor de água, representando 69% da captação anual de água a nível mundial. Segue-se a indústria (incluindo a produção de energia), que ocupa o segundo lugar, representando 19% e, os restantes 12% são atribuídos para o uso doméstico (Porkka, Gerten, Schaphoff, Siebert, & Kumm, 2016).

É expectável que a procura de água continue a aumentar a uma taxa semelhante até 2050, representando um aumento de 20% a 30% comparativamente ao consumo de água atual. Embora as projeções possam variar, numa análise atual, conclui-se que a maior parte do crescimento verificado dever-se-á ao aumento do consumo de água do setor industrial e através do uso doméstico conforme mencionam os autores

(International Energy Agency (IEA), 2016; Meneses, Martinez, & Hu, 2019; UN Water, 2016; Wada et al., 2016).

Neste enquadramento, no que respeita à agricultura, apesar de continuar a ser o setor com um maior consumo e extração de água, o seu valor deverá diminuir, comparativamente ao previsto para os outros setores, como é possível analisar na Figura 4.

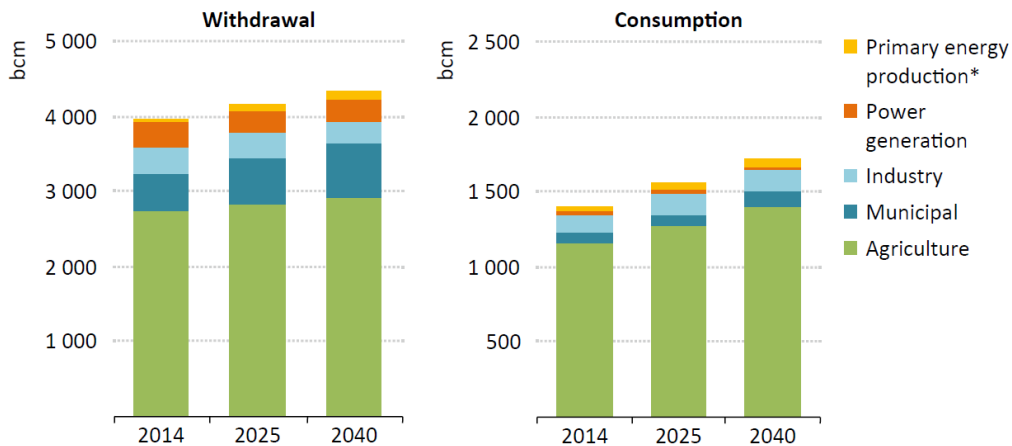


Figura 4 - Consumo global de água por setor até 2040 (International Energy Agency (IEA), 2016).

Atualmente, a água já não se considera um recurso exclusivo ou de fácil acesso pois tornou-se num recurso escasso.

Um terço da população mundial habita em países onde não existe água suficiente ou onde existe falta de água de boa qualidade. É expectável que até 2025, a captação de água aumente 50% nos países em desenvolvimento e, 18% nos países desenvolvidos, estimando-se que dois terços da população mundial vivam em zonas de elevados problemas hídricos (Pal, 2017).

A escassez de água afeta toda a nossa vida. A Figura 5 fornece uma visão global dos países que enfrentam diversos níveis de escassez física de água, sendo definida pelos recursos hídricos que se aproximam ou excederão os limites de sustentabilidade.

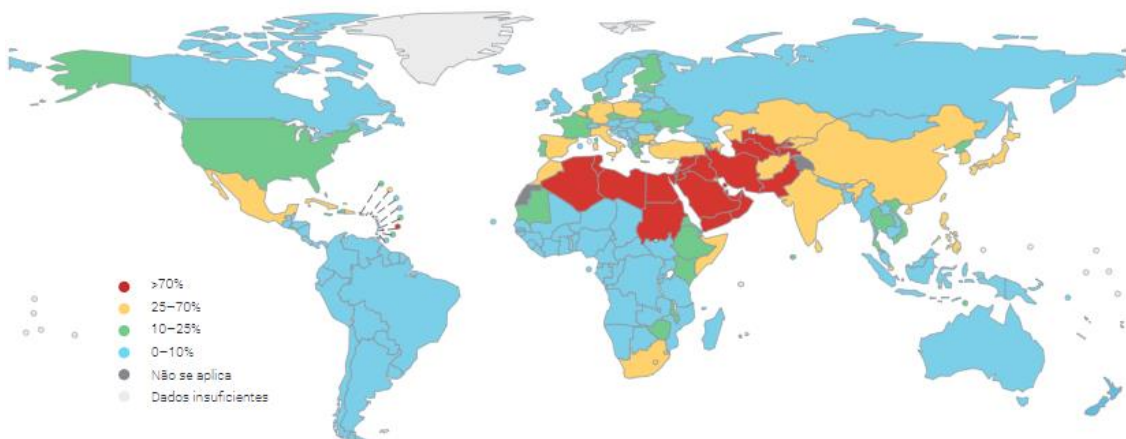


Figura 5 - Nível de escassez física de água (WWAP (United Nations World Water Assessment Programme); UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization), 2019).

Mais de dois mil milhões de pessoas vivem em países com escassez de água. Embora a média global de escassez de água seja de apenas 11%, trinta e um países enfrentam escassez de água entre 25% e 70% e vinte e dois países estão acima de 70%, ou seja, apresentam uma elevada escassez de água (United Nations, 2018).

A água está associada a vários aspetos da nossa vida e à subsistência. A falta desta implica inúmeras consequências na sociedade humana e é das principais causas para a degradação do meio ambiente (Besbes, Chahed, & Hamdane, 2018).

Por isso, o uso cauteloso dos recursos hídricos é de extrema importância para o bem-estar e o desenvolvimento sustentável da humanidade. A disponibilidade da água limita o crescimento da população humana e de outras formas de vida na Terra.

Devido a fatores como o crescimento populacional, a urbanização, a poluição, a intensificação agrícola, a produção industrial e as mudanças climáticas, é expectável que o consumo de água continue a aumentar (Figura 6) (UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization), 2018).



Figura 6 – Fatores que influenciam a escassez de água potável (Adaptado de (UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization), 2018)).

Como referido anteriormente, a água está no centro do desenvolvimento sustentável e é parte integrante das três dimensões: ambiental, económica e social. Os recursos hídricos, bem como os serviços a eles associados, sustentam o esforço de erradicação da pobreza, de crescimento económico e da sustentabilidade ambiental.

Deste modo, é necessário agir de forma a assegurar a disponibilidade e a sustentabilidade da água para toda a população. Assim, de acordo com a agenda da ONU até 2030, para o desenvolvimento sustentável o objetivo 6, remete para este compromisso, tendo por base “Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da

“água e saneamento para todos” (Centro Regional de Informações das Nações Unidas (UNRIC), 2016; United Nations, 2018).

O objetivo 6, até 2030, inclui os seguintes pontos:

1. Alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos;
2. Alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos;
3. Melhorar a qualidade da água, o tratamento de águas residuais e a reutilização, a nível global;
4. Aumentar substancialmente a eficiência no uso da água em todos os setores, assegurar extrações sustentáveis bem como o abastecimento de água doce;
5. Implementar a gestão integrada dos recursos hídricos;
6. Proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água;
7. Ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento;
8. Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.

### 2.3 Água na indústria

A água é um recurso essencial para a vida humana, para a nossa saúde e para a nossa sobrevivência, bem como para a produção de alimentos e para a indústria.

Apesar de globalmente o maior consumidor de água ser a agricultura, representado cerca de 69%, em zonas industrializadas como América do Norte, tal não acontece na Europa, uma vez que o consumo de água está maioritariamente concentrado na indústria, como é possível verificar através da Figura 7.

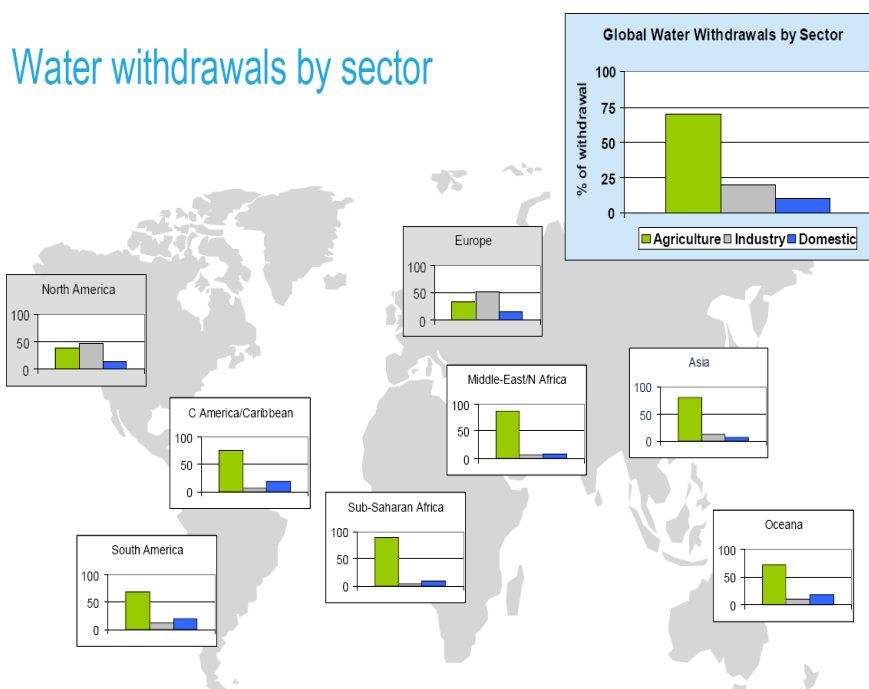


Figura 7 - Distribuição de água por setor de atuação (Fonte: documento interno da empresa).

Na Europa, a indústria é responsável por 40% da captação de água a nível global, dentro deste consumo de água, 75% é direcionado para a produção de energia e os restantes 25% são usados para o fabrico, onde a água é utilizada em diversas atividades, tais como, nos principais processos de produção, nos processos auxiliares, nas limpezas, para uso doméstico, entre outros. Na Figura 8 é possível verificar estes consumidores de forma genérica (Correia, 2017; UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization), 2014, 2018).

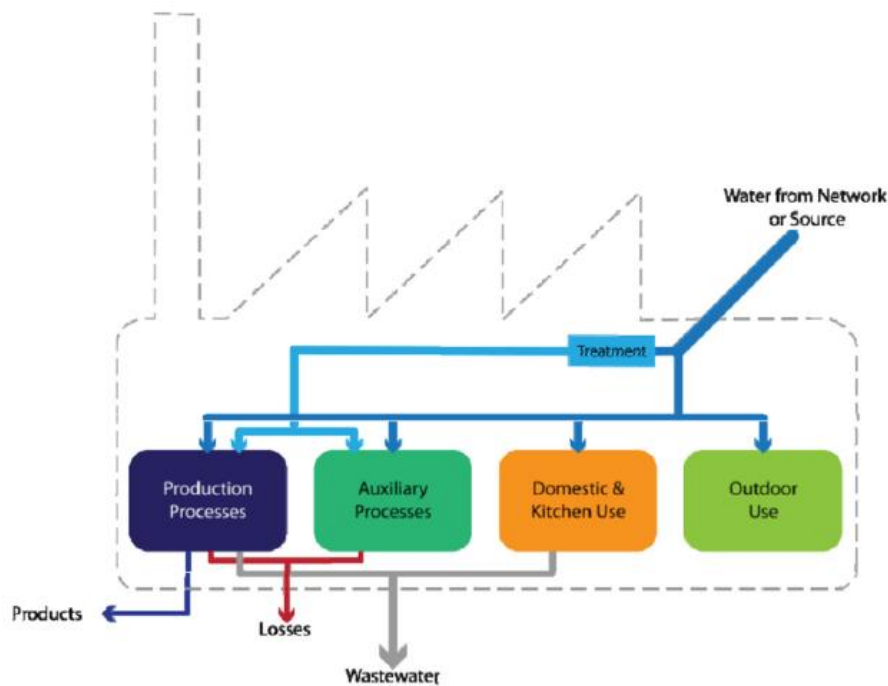


Figura 8 - Distribuição de água pelos processos industriais (Pham et al., 2016).

No entanto, existe um grande problema associado a este consumo, que é o facto de apenas 60% dos recursos hídricos utilizados serem alvo de tratamento após a sua utilização, que resulta na introdução de água poluída no meio ambiente (Correia, 2017).

A prioridade na indústria é maximizar a produção e, na maior parte das vezes, assegurar a sua conservação, a longo prazo, nem sempre é uma prioridade. Alguns autores defendem que diariamente a eficiência dos processos é aumentada, contudo, o consumo de água não diminui (Jacobi, Pedro Roberto; Grandisoli, 2017).

Por outro lado, os investimentos a longo prazo que favorecem a sustentabilidade dos processos são muito escassos, uma vez que as empresas, ao analisarem o *payback*, verificam, na maior parte dos casos, que é mais económico sustentar os custos de uma multa por poluição do que investir em tratamentos de água.

## 2.4 Água na indústria agroalimentar

A indústria agroalimentar é a principal indústria transformadora na Europa e, representa 14% do volume de negócios total, mais de 836,000 milhões de euros (FoodDrink Europe, 2017; Sánchez, Ruiz, López, & Pérez, 2011).

Para um desenvolvimento sustentável desta indústria, é necessário que as suas práticas sejam economicamente viáveis e, ao mesmo tempo, protetoras do meio ambiente, de forma a melhorar a qualidade de vida hoje e no futuro.

Com isto, denota-se que, para alcançar o sucesso na indústria agroalimentar, é necessário assegurar que a produtividade dos recursos naturais dos quais a indústria depende não estejam comprometidos. Para isso, é essencial garantir uma boa qualidade e quantidade de água, bem como uma boa qualidade do solo e um ar limpo.

Uma grande parte desta indústria não opera sem uma elevada quantidade de água, como comprova a Figura 9 (Joint Research Centre of European IPPC Bureau, 2018).

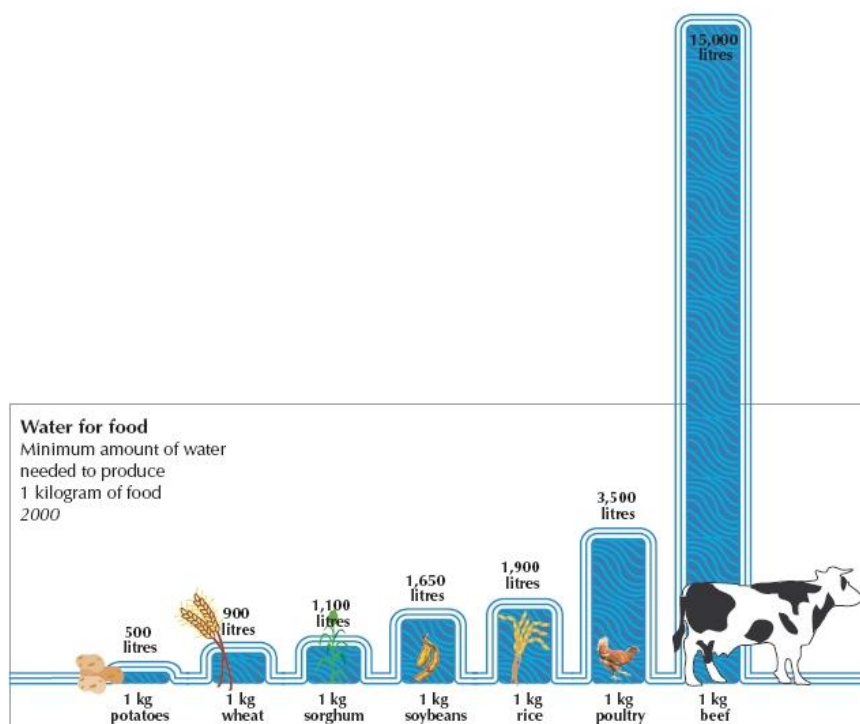


Figura 9 - Água necessária para a produção de alimentos (Fonte: documento interno da empresa).

Para se alcançar uma gestão sustentável da água, as áreas da agricultura e da indústria alimentar devem ponderar sobre o seu papel de consumidores e poluidores de água. A primeira etapa passará por gerir a utilização da água disponível mais eficientemente uma vez que, uma utilização regrada da água utilizada implicará uma redução da água poluída (Kirby, Bartram, & Carr, 2002).

Como se pode verificar na Figura 10, a água é usada em toda a cadeia de fornecimento. Iniciando-se na agricultura, por irrigação e aquacultura, de seguida dentro da indústria, no decorrer do processo de fabricação/transformação do produto,

depois pelos distribuidores e, por fim, pelo cliente final (Glavic & Simonič, 2008; Meneses, Stratton, & Flores, 2017).



Figura 10 - Cadeia de fornecimento (Adaptado de (Glavic & Simonič, 2008)).

De forma a garantir a segurança alimentar e a continuidade da produção, para além da existência de grandes quantidades de água é essencial que esta apresente uma elevada qualidade já que, uma água de baixa qualidade, pode contaminar os alimentos e, conseqüentemente, colocar em risco a segurança da vida humana no planeta (Glavic & Simonič, 2008).

Tendo em conta o destino final da água, uma vez que esta pode ser adicionada como ingrediente ou estar presente como matéria-prima, existem diferentes requisitos no que diz respeito a parâmetros como qualidade e quantidade, conforme mostra a Tabela 1 (Kirby et al., 2002).

Tabela 1 - Requisitos de quantidade e qualidade de água para os diferentes processos (Kirby et al., 2002).

Processo	Quantidade relativa de água	Qualidade da água
<b>Agricultura</b>		
Aquacultura	Elevada	Baixa / média
Irrigação	Elevada	Baixa
Casos Especiais	Elevada	Elevada (potável)
<b>Indústria Alimentar</b>		
Preparação direta de produto	Baixa	Elevada (potável)
Engarrafamento de água	Elevada	Elevada (potável)
Torres de refrigeração	Elevada	Média / elevada
Lavagem de produto	Média / elevada	Média / elevada
Produção de água gelada / quente e vapor	-	Média / elevada
Controlo de ar	-	Média / elevada
Arranques, enxaguamento e limpezas de equipamentos	Elevada	Elevada
Limpezas e desinfestação	Elevada	Média
Água de saneamento	-	-
Água de alimentação caldeiras e rede de incêndio	Elevada	Média

## 2.5 Água na indústria alimentar

A indústria alimentar recorre a elevadas quantidades de água e, em muitos dos alimentos produzidos, a água é um ingrediente essencial. Por outro lado, a água desempenha um papel igualmente importante, nas etapas de limpeza ao longo do processo de produção.

De acordo com (Joint Research Centre of European IPPC Bureau, 2018), na indústria alimentar a água pode ser fornecida através de seis fontes principais:

- Água da rede (município): a água fornecida é do tipo potável e o fornecedor é o responsável por garantir a qualidade da água e pela sua verificação constante;
- Água subterrânea: a composição desta água é razoável, especialmente em poços profundos. Contudo, geralmente é necessário um pequeno tratamento para que seja possível utilizar esta água nos processos;
- Água da superfície: esta água não pode ser usada como água de processo. Habitualmente, quando disponível, é usada como água de alimentação ao circuito de refrigeração;
- Água da chuva: após o devido tratamento e o seu controlo, pode ser usada como água do processo;
- Água proveniente de matérias-primas;
- Água reutilizada.

A escolha de um determinado tipo de água para alimentar um respetivo processo deve ser rigorosa, de forma a estar alinhada com os requisitos de qualidade e segurança dos consumidores e utilizadores. A necessidade de um tratamento para a produção de água de qualidade depende maioritariamente da fonte de alimentação (Rito, 2010).

Na maior parte das vezes, tratamentos complementares como a descalcificação, a desmineralização, a eletrocloração e a osmose inversa são necessários em determinados processos alimentares, que requerem diferentes tipos de água.

Nesta indústria, os requisitos de qualidade dependem se existe ou não contacto entre a água e o produto alimentar. A água, que entra em contacto com o produto deve, com algumas exceções, ser do tipo água potável. Caso haja o risco de um equipamento falhar e, exista contacto entre a água e o produto alimentar, esta deve ter no mínimo, qualidade de água potável (Bureau, 2017).

Para (Joint Research Centre of European IPPC Bureau, 2018), na indústria alimentar a água é usada para:

- Produção de alimentos, neste caso a água está em contacto com o produto ou é adicionada ao produto;
- Limpeza de equipamentos e instalações;
- Lavagem de matérias-primas;

- Água que não entra em contacto direto com o produto, por exemplo caldeiras, circuitos de refrigeração, arrefecimento de água, ar condicionado e aquecimento de água;
- Água para a rede de incêndio.

Ao longo de todos os processos, verificam-se grandes consumos de água residual, o que torna fundamental o tratamento de águas residuais bem como a gestão da mesma e, assim, garantir a sua sustentabilidade (Sánchez et al., 2011).

Os efluentes de água residual podem ser produzidos continuamente por processos onde existam entrada e saída de água contínua. Estes podem ser derivados de sistemas de aquecimento e arrefecimento (condensadores, torres de refrigeração, caldeiras) ou por processos de limpeza industrial (sistemas CIP (*cleaning-in-place*), para limpezas de interiores de tubagem, equipamentos incluídos no processo, filtros e outros acessórios). Também podem ser gerados a partir de operações intermédias, como por exemplo, nas limpezas de material. Estes tipos de efluentes tendem a ser os mais poluídos dentro da indústria.

As águas residuais na indústria alimentar são caracterizadas pelo seu alto teor orgânico, por apresentarem elevados agentes de limpezas, sais e sólidos suspensos.

Os custos associados à água são resultado de um elevado consumo de água de alta qualidade e do tratamento de água residual. Perante isto, a procura constante por alternativas rentáveis, torna-se necessária de forma a minimizar o consumo de água e, ao mesmo tempo, encontrar estratégias de tratamento amigas do meio ambiente (Sánchez et al., 2011).

## 2.6 Ferramentas de apoio à gestão da água

Atualmente, as organizações, no seu quotidiano, socorrem-se de diversos tipos de ferramentas de gestão, que são úteis na resolução de problemas, permitindo criar propostas de melhoria e contribuindo para o sucesso do trabalho em equipa (Duret & Pillet, 2006).

Nos próximos subcapítulos enunciam-se as ferramentas que se consideraram essenciais para a realização deste trabalho.

### 2.6.1 Medição e calibração

De acordo com Lord Kelvin “O conhecimento amplo e satisfatório sobre um processo ou fenómeno somente existirá quando for possível medi-lo e expressá-lo através de números”, esta afirmação retrata a verdadeira importância da medição para o conhecimento de um processo (Kuhle, 2016).

A medição define-se como o processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza segundo o

“Vocabulário Internacional de Metrologia” (VIM). Esta medição é essencial para toda a monitorização, controlo e constante melhoria de um determinado processo, produto ou serviço (Almacinha, 2016).

É de realçar que associado à medição, existe sempre uma incerteza, que se caracteriza pelo “grau de confiança” que se detém nas medições efetuadas, sendo uma indicação dos limites máximos (superior e inferior) dos erros cometidos na medição de uma determinada grandeza. Não sendo possível prever estes erros, a incerteza é sempre indicada como “±” (Alves, 2003).

Todas estas incertezas numa determinada medição são provocadas pelas seguintes fontes:

- Instrumento de medição utilizados;
- Medição padrão;
- Operador que executa a medição;
- Método de medição;
- Condições ambientais.

Por outro lado, a calibração de um determinado equipamento confere uma boa medição, sendo necessário proceder-se à calibração dos instrumentos de medição, de forma a estes manterem as suas características de qualidade (Alves, 2003).

Segundo (Alves, 2003) os seus resultados podem traduzir-se por:

- Uma calibração válida, em conformidade com as especificações do fabricante, concluindo que o equipamento está apto para o serviço;
- Uma calibração inválida, levando a uma decisão de ajuste, reparação ou descontinuação do equipamento.

Em suma, tendo por base a citação de Peter Drucker, *“You can’t manage what you don’t measure”*, a medição e a calibração são importantes no dia a dia da indústria, pois sem elas é impossível gerir um determinado processo ou produto, e assim garantir que a indústria seja mais produtiva, desenvolvendo constantemente produtos e serviços com mais qualidade.

### 2.6.2 Recolha de dados e folhas de verificação

Todas as ações de melhoria devem basear-se em dados. O objetivo é ponderar todas as propostas com base em dados e não em impressões. Para isso, existem diferentes tipos de recolhas de dados, nomeadamente, folhas de verificação e folhas de dados (que permitem ao colaborador registar os dados de forma contínua e sistemática, estes dados são recolhidos e analisados de forma a verificar a frequência de um determinado acontecimento durante um certo período) e listas de verificação (lista simples com as respetivas etapas a serem seguidas) (Duret & Pillet, 2006; Juran & Godfrey, 1998).

As principais vantagens destas listas são a facilidade de aplicação e de percepção, pois permitem ainda produzir uma imagem clara de um acontecimento e das condições da organização. Traduzem-se em ferramentas poderosas e eficientes para identificar problemas com frequência (Neyestani, 2017).

### 2.6.3 Fluxograma

O fluxograma ou diagrama de fluxo é uma ferramenta essencial para a percepção e controlo dos processos, que ilustra a solução para um determinado problema. É representado por um diagrama em linha que exhibe o fluxo de um certo produto ao longo das suas diferentes operações de acordo com a sequência delineada (Kiran, 2017b).

Através da sua análise, é possível obter uma visão geral das diversas operações do produto. Em termos visuais, as caixas revelam as operações do processo, as várias etapas e ações, enquanto as setas indicam a ordem dos acontecimentos (Kiran, 2017b).

Esta ferramenta é muito útil, quando o processo necessita de ser analisado detalhadamente (passo a passo) (Roldão & Ribeiro, 2007).

### 2.6.4 Histograma

O histograma diz respeito a um gráfico, que relaciona os valores medidos de uma determinada grandeza com a frequência com que eles acontecem. Normalmente, o histograma apresenta-se sob a forma de barras paralelas verticais, que demonstram a evolução dos acontecimentos (Roldão & Ribeiro, 2007).

Este tipo de gráfico fornece uma quantidade elevada de informação, baseada na sua estrutura, permite ainda, visualizar o valor mais frequente, a dispersão, a variabilidade, bem como as diferentes medidas de tendência central (média, moda e mediana) (Neyestani, 2017; Roldão & Ribeiro, 2007).

### 2.6.5 Diagrama Pareto

O Diagrama de Pareto é utilizado para encontrar e priorizar problemas de qualidade nas organizações. Assente no pressuposto da lei de Pareto, indica que 80% das consequências advêm de 20% das causas (Lopes Silva, Delai, De Castro, & Ometto, 2013; Neyestani, 2017).

Neste diagrama, os dados são dispostos num gráfico semelhante ao de barras, mas por ordem decrescente de valor acumulado, da esquerda para a direita (Roldão & Ribeiro, 2007) (Neyestani, 2017).

Este diagrama torna o processo de tomada de decisão mais fácil, através da quantificação dos dados de tal forma que, permite efetuar comparações devidamente fundamentadas pelos factos. Permite, ainda, fundamentar pesquisas cujo tema passa pela melhoria da eficiência, o desperdício de material, a conservação de energia, a redução de custos, de entre outros (Neyestani, 2017).

### 2.6.6 Diagrama Sankey

Desenvolvido pelo engenheiro Riall Sankey, o Diagrama de Sankey é uma ferramenta útil e eficaz na representação do fluxo de energia e na sua distribuição pelos diversos sistemas energéticos. A sua representação é feita através de setas, onde a sua largura varia de acordo com a quantidade de fluxo energético (Schmidt, 2008; Soundararajan, Ho, & Su, 2014).

Atualmente, muitos países e agências internacionais reconhecem o Diagrama Sankey como uma ferramenta que pode ser utilizada no processo de revisão energética, permitindo visualizar os fluxos energéticos em diversas aplicações, ajudar a compreender as perdas e ineficiências ao longo do processo, mapear os processos de produção, e ainda, possibilitar uma visão geral de todo o sistema energético (Lupton & Allwood, 2017; Soundararajan et al., 2014).

### 2.6.7 Diagrama Ishikawa

O Diagrama Causa-efeito, também designado por Diagrama Ishikawa, trata-se de uma ferramenta de análise, que permite examinar as possíveis causas de um efeito. Para isso, todas as ideias numa fase inicial, podem ser classificadas de seis formas distintas, quando aplicada a metodologia 6M – métodos, materiais, máquinas, mão de obra, medição e meio ambiente (Figura 11) (Kiran, 2017b; Lopes Silva et al., 2013).

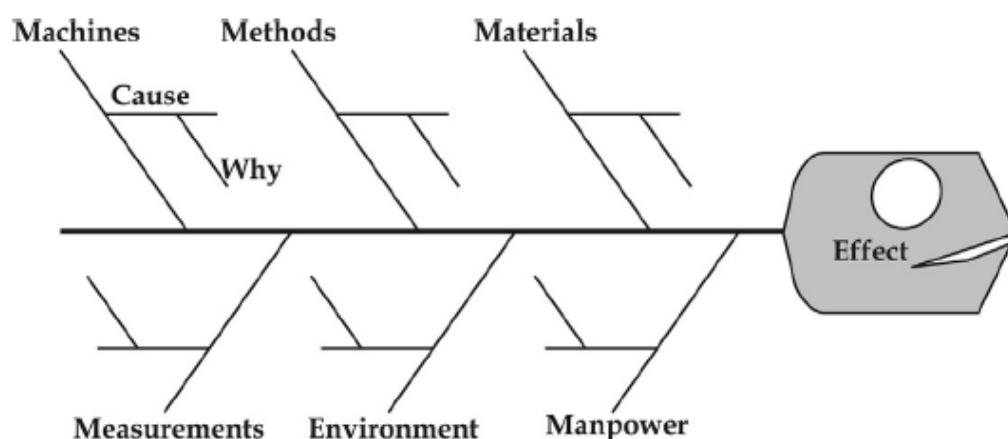


Figura 11 – Diagrama Ishikawa utilizando a metodologia 6M (Kiran, 2017b).

### 2.6.8 Ferramenta 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta muito simples e eficaz, que permite descrever as ações planejadas, objetivamente e de forma organizada, numa determinada situação (Lopes Silva et al., 2013).

Segundo (Lopes Silva et al., 2013), existem diversas versões para esta ferramenta, umas mais simples (por exemplo o 5W e o 5W1H), a sua escolha depende

da complexidade necessária para cada situação em causa, no entanto, a versão mais completa é o 5W2H, que resulta na reposta às seguintes perguntas:

*What?* (O quê?); *Why* (Porquê?); *Where* (Onde?); *When* (Quando?); *Who* (Quem?);  
*How* (Como?); *How much* (Quanto?).

### 2.6.9 Brainstorming

O *Brainstorming* estimula a criatividade, através da qual, pensamentos e ideias de uma equipa multidisciplinar são partilhados espontaneamente entre os membros a fim de se alcançar soluções para os problemas práticos (Al-Samarraie & Hurmuzan, 2018).

Para (Kiran, 2017a) existem diferentes técnicas de *brainstorming*:

- Técnica de grupo nominal: os participantes, anonimamente, apontam as suas ideias. O moderador recolhe-as, enuncia-as e o grupo vota em cada uma delas;
- *Brainstorming* individual: cada participante escreve as suas ideias de forma livre, no final, todas as ideias são recolhidas e estudadas;
- Técnica de troca de ideias entre o grupo: cada pessoa expõe num papel uma ideia, depois passa o papel para outro membro do grupo que, por sua vez, adiciona a sua própria ideia, e assim sucessivamente até que o papel passe por todos os membros do grupo;
- Método de mapeamento de ideias em equipa: cada participante produz individualmente as suas ideias, no final, todas as ideias são colocadas num mapa para análise;
- *Brainstorming* pergunta e resposta: esta técnica envolve a troca de perguntas e respostas rápidas, com o objetivo de encontrar soluções a curto prazo.

## 2.7 Metodologias de apoio à gestão da água

De um modo global, para se solucionar os problemas com sucesso é necessário recorrer-se a metodologias de resolução de problemas, assentes na utilização rigorosa das ferramentas apresentadas anteriormente (Duret & Pillet, 2006).

Na Figura 12, é possível identificar uma metodologia de resolução de problemas onde, numa primeira fase se procede à recolha e análise de dados, de forma a identificar os problemas. De seguida, identificam-se as respetivas propostas de melhoria, posteriormente priorizam-se essas propostas, avaliam-se e, finalmente, procede-se à sua implementação, no caso de serem validadas.

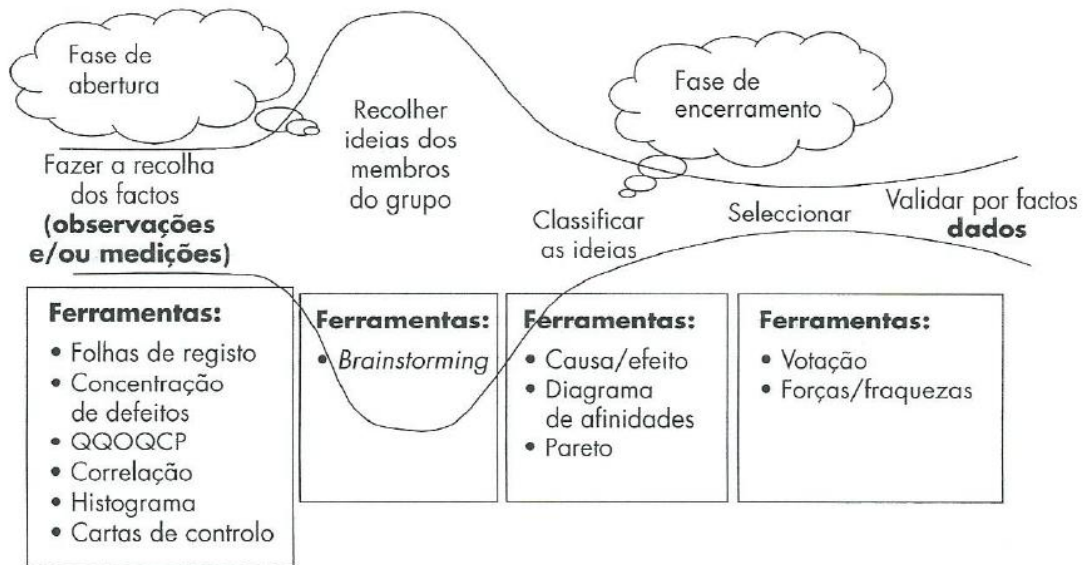


Figura 12 – Metodologia de resolução de problemas (Duret & Pillet, 2006).

Nos próximos subcapítulos, apresentam-se outros tipos de metodologias que permitem igualmente solucionar problemas.

### 2.7.1 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma metodologia de gestão, desenvolvido por Edwards Deming, baseada em quatro etapas e é amplamente utilizada nas organizações para o controlo e a melhoria contínua de determinados processos e produtos (Kiran, 2017c).

Segundo (Juran & Godfrey, 1998; Kiran, 2017c; Kumiega & Vliet, 2008) na Figura 13, apresentam-se as quatro etapas do ciclo que se definem por:

1. Planear (*plan*) - nesta etapa é necessário identificar, analisar o problema e criar a solução;
2. Fazer (*do*) - nesta fase implementa-se o plano, executa-se o processo e faz-se o produto;
3. Controlar (*check*): após a execução do plano definido, medem-se os resultados e analisa-se de que forma podem ser melhorados;
4. Atuar (*act*): neste passo, caso a mudança tenha sido bem-sucedida, implementa-se as soluções encontradas a uma escala macro e avaliam-se continuamente os resultados. Caso a mudança não funcione, inicia-se o ciclo novamente.

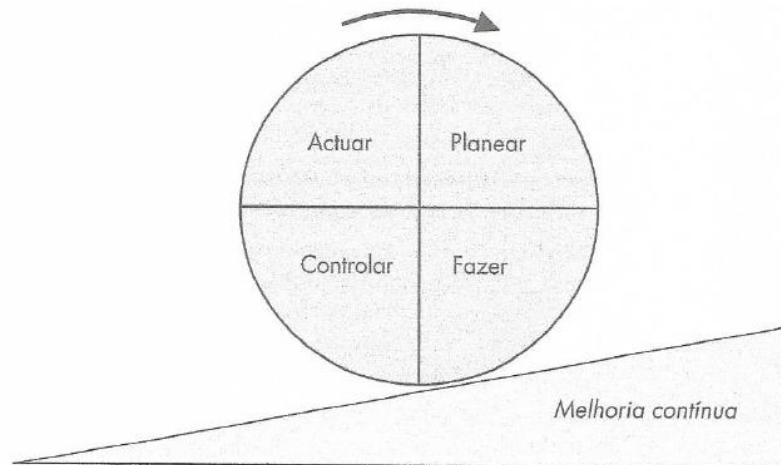


Figura 13 - Ciclo PDCA (Duret & Pillet, 2006).

O PDCA é uma metodologia diretamente relacionada com o *Kaizen*, uma vez que tem por base o princípio da melhoria contínua dos processos. (Salgueiro, 2015)

### 2.7.2 Metodologia 8D (8 disciplinas)

A metodologia 8D desenvolvida pela Ford Motor Company, em 1980, permite a resolução de problemas. Foi desenhada para encontrar a causa raiz do problema, desenvolver ações de contenção, a curto prazo, e implementar uma solução, a longo prazo, por forma a evitar problemas semelhantes no futuro. (Quality-One International, 2015)

Todo o processo de resolução de problemas implícito nesta metodologia é uma abordagem detalhada para solucionar problemas críticos ao longo da produção, através da orientação para o trabalho de equipa. Hoje em dia, o 8D é uma metodologia eficaz e de fácil aprendizagem, muito comum na indústria.

Segundo (Duret & Pillet, 2006) a metodologia 8D está estruturada nas seguintes etapas:

- Formar uma equipa de trabalho;
- Descrever o problema;
- Implementar ações de contenção temporárias,
- Identificar e verificar as causas raiz;
- Desenvolver ações corretivas permanentes;
- Implementar as ações corretivas permanentes;
- Prevenir a recorrência;
- Reconhecer e congratular a equipa.

### 2.7.3 Metodologia seis sigma

O seis sigma foi criado pela Motorola, em 1987, como um método estruturado de melhoria de qualidade. Desde então, evoluiu para uma estratégia de gestão disciplinada e altamente quantitativa, que tem por objetivo aumentar drasticamente a rentabilidade da organização, através da melhoria da qualidade de produtos e processos existentes, com o intuito de satisfazer as exigências e necessidades dos seus clientes e consumidores (Fonseca, 2016; Salgueiro, 2015).

(Snee, 2000) descreve o seis sigma como: *“A business improvement approach that seeks to find and eliminate causes of mistakes or defects in business processes by focusing on outputs that are of critical importance to customers.”*

A implementação do seis sigma envolve uma série de etapas focadas na melhoria contínua e os modelos adotados são o DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) e o DMADV (*Define, Measure, Analyse, Design, Verify*); o modelo DMAIC foi concebido para a melhoria da qualidade nos produtos existentes, enquanto o modelo DMADV é adotado para novas implementações de processos, produtos ou serviços (Fonseca, 2016; Salgueiro, 2015).

#### 2.7.3.1 Modelo DMAIC

Como referido anteriormente, o DMAIC tem como propósito a melhoria dos processos e produtos existentes. Este modelo foi criado tendo por base o ciclo PDCA, considerado por vários autores como as cinco etapas do seis sigma (Salgueiro, 2015).

Segundo (Hahn, Hill, Hoerl, & Zinkgraf, 1999; Salgueiro, 2015), as especificações de cada etapa são:

- Definir (*define*): Definir com precisão o objetivo do projeto e selecionar as respostas apropriadas que se pretendem melhorar;
- Medir (*measure*): Determinar o foco do problema, efetuando uma recolha de dados que permita validar e quantificar o problema;
- Analisar (*analyse*): Identificar as causas raiz de cada problema, priorizar as oportunidades de melhoria e identificar as fontes de variação;
- Melhorar (*improve*): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário;
- Controlo (*control*): efetuar a monitorização do processo de forma a sustentar todas as melhorias implementadas, para isso, definir planos a longo prazo.

#### 2.7.3.2 Modelo DMADV

O DMADV, paralelamente ao DMAIC, também apresenta cinco etapas. Contudo, este modelo foca-se na melhoria da qualidade das novas implementações de processos, produtos ou serviços. Segundo (Salgueiro, 2015), as etapas são:

- Definir (*define*) – definir os objetivos de projeto e requisitos dos clientes (internos ou externos);

- Medir (*measure*)– medir e determinar as necessidades e expectativas dos consumidores;
- Analisar (*analyse*) – analisar as opções de processo para ir de encontro as expectativas do consumidor;
- Planear (*design*) – planejar detalhadamente o processo para atendimento das necessidades do consumidor;
- Verificar (*verify*) – verificar o desempenho do projeto e a habilidade de atender a tais necessidades.

## 2.8 Estratégias de apoio a otimização de água na indústria alimentar

Cada vez mais as empresas do setor alimentar têm como objetivo reduzir o consumo de água durante todo o processo de transformação do produto e os custos inerentes, de forma significativa.

Segundo (Kirby et al., 2002), existem cinco formas distintas de reduzir o consumo de água no processo de produção alimentar:

- Redução de usos descontrolados;
- Melhoria no planeamento e no controlo;
- Reutilização da água;
- Reciclagem da água após tratamento;
- Melhoria dos *layouts*.

Por outro lado, de acordo com (Oppenheimer, Badruzzaman, Cherchi, Weakley, & Pohl, 2016), existem 3 fases principais para a redução, reutilização e reciclagem de água, como se pode verificar na Figura 14.

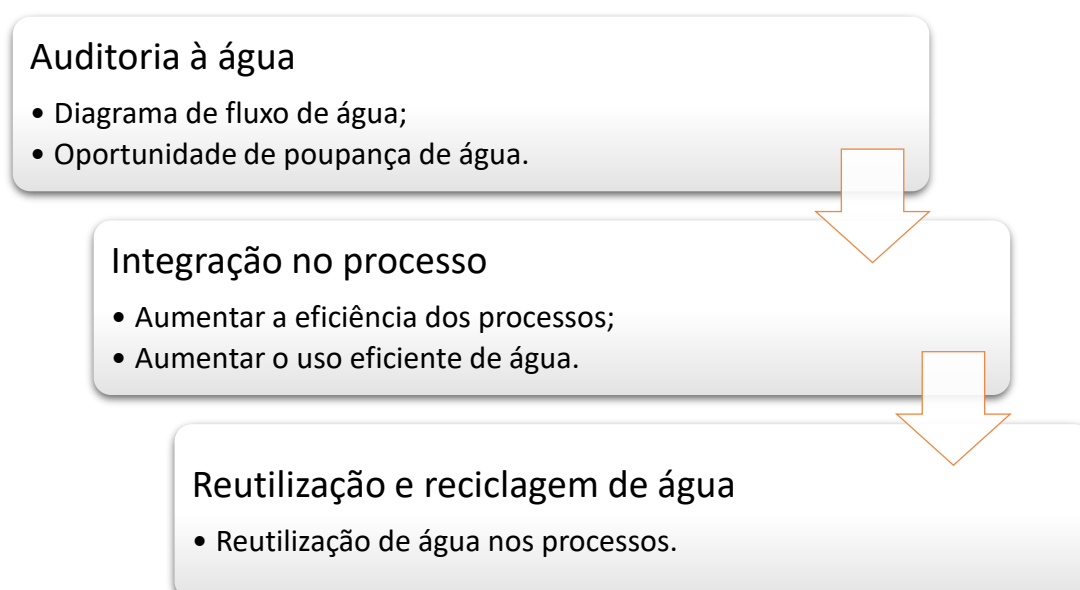


Figura 14 – Principais fases para minimização do consumo de água (Oppenheimer et al., 2016).

Numa primeira fase, é necessário proceder à realização de uma auditoria no que diz respeito à água e a todos os processos que a envolvem, para tal, existe uma ferramenta, intitulada por *water mapping* (Figura 15), associada à conservação e gestão da água. Normalmente, recorre-se a este diagrama para desenvolver novos projetos, bem como para avaliar as instalações já existentes, que permitirá determinar e ilustrar, mais rapidamente, os consumos de água nas diferentes instalações e processos. Esta ferramenta torna-se muito oportuna, pois permite identificar possíveis oportunidades de melhoria (Alkaya & Demirer, 2015).

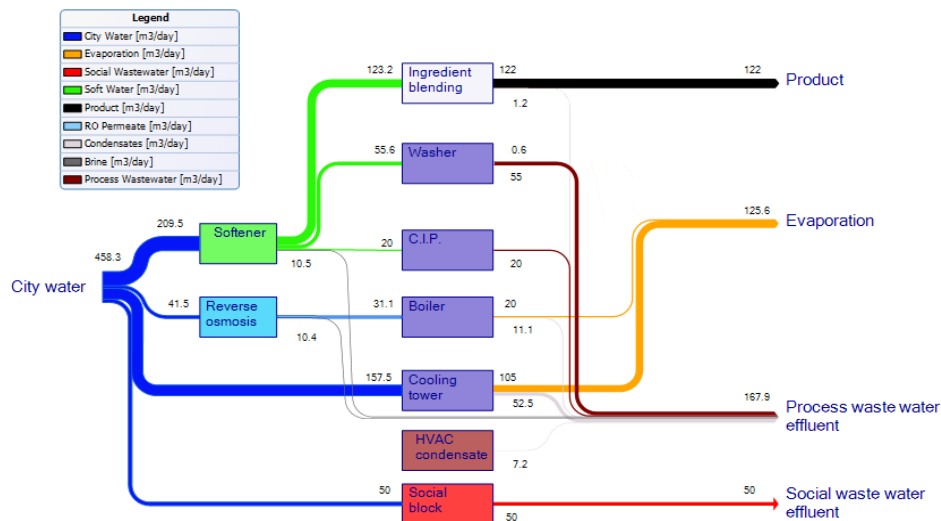


Figura 15 - Exemplo de um *water mapping* (Fonte: documento interno da empresa).

Durante a construção do *water mapping* é necessária atenção redobrada, uma vez que este deve identificar todas as fontes de água existentes, o propósito da sua existência, para que finalidade são usadas e qual a quantidade usada. Deve incluir, também, todos os efluentes de água residuais bem como as respetivas quantidades.

Nem sempre é fácil aceder aos dados, que comprovam o consumo atual de água, mas para isso, (Environment Agency, 2001), existem inúmeras técnicas, que possibilitam a realização de estimativas aproximadas aos respetivos consumos, tais como:

- Consultar as informações fornecidas pelo fabricante do equipamento;
- Usar um balde e um cronómetro para medir o caudal de água;
- Estimar o uso de água através dos valores padrões usados.

Após a conclusão do mapeamento de água, é necessário identificar o impacto do seu consumo nas diferentes zonas existentes e, assim, avaliar as zonas críticas. Deste modo, as ferramentas de análise, como o histograma, o Diagrama de Pareto, o Diagrama Sankey e o gráfico circular, exemplificados na Figura 16, são extremamente úteis na análise dos dados verificados no *water mapping* e permitem selecionar as zonas de maior impacto.

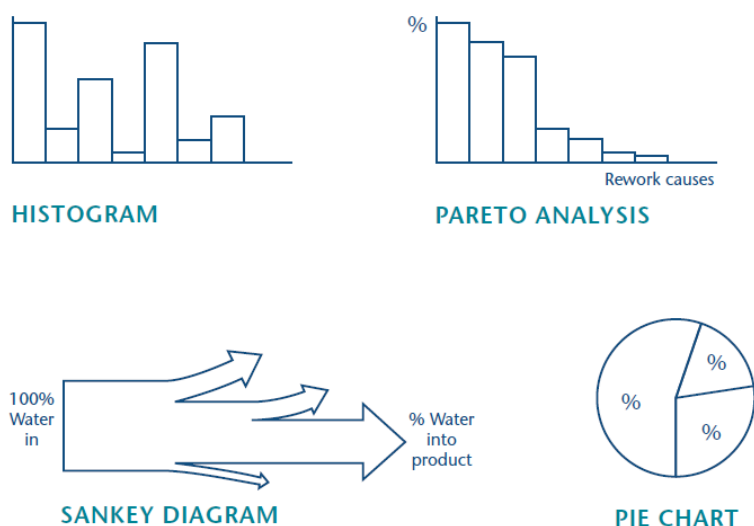


Figura 16 – Exemplos de ferramentas de análise de dados (Environment Agency, 2001).

No que diz respeito ao processo de auditoria da água, e correlacionando todo esse estudo com os processos existentes, os requisitos de qualidade da água associados a cada uso, devem ser identificados, de forma a posteriormente se poderem identificar oportunidades de melhoria, com o intuito de substituir o uso de água por fontes alternativas (Environment Agency, 2001).

Complementando esta ideia, os requisitos de qualidade da água, devem estar alinhados com o seu tipo de utilização. Para isso, é necessária uma análise dos pontos críticos de controlo de qualidade e, por sua vez, uma validação do seu potencial de contaminação dos produtos alimentares. Concretizando, a utilização de água de menor qualidade pode ser apropriada para lavagens do chão da fábrica, já que, por outro lado, se a sua utilização for para lavagens de equipamentos, que estejam em contacto com a produção alimentar, pode ser um risco para a saúde alimentar (Kirby et al., 2002).

Em última instância, procede-se ao estudo das possibilidades de reutilização e reciclagem de água, para isso, (Wan Alwi & Manan, 2013) introduziu a Hierarquia de Gestão da água (ou WMH (*Water Management Hierarchy*)) representada na Figura 17, a qual propõe que as indústrias devem reduzir de forma sistemática a procura de água e tornar a sua utilização “economicamente legítima”. Na WMH existem 5 níveis diferentes, organizados desde o nível 1, que é o nível preferível, até ao nível 5, menos preferível (Wan Alwi & Manan, 2013).

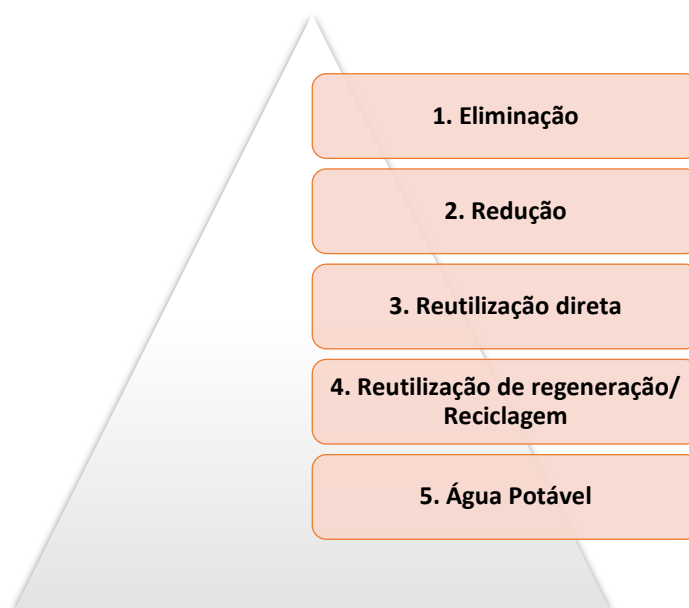


Figura 17 - Hierarquia da gestão da água (WMH) (Adaptado de (Wan Alwi & Manan, 2013)).

No topo da hierarquia, em primeiro lugar, a eliminação diz respeito à total exclusão do uso de água potável em determinado processo. Caso esta opção não seja possível, o próximo passo é a redução, nível 2 do WMH, neste caso, procede-se a uma avaliação sobre a possibilidade de redução do consumo de água num respetivo processo. Quando não é possível eliminar ou reduzir a fonte de água potável, a reutilização e a reciclagem devem ser consideradas a próxima opção. De seguida, o nível 3 e 4 no WMH representam as duas formas de reciclagem de água (reutilização direta, nível 3, e reutilização de regeneração/ reciclagem, nível 4) (Leite, 2017).

Segundo (Rito, 2010), num dado processo, podem ser adotadas quatro estratégias para a conservação da água numa indústria:

- a)** Reutilização direta: o efluente de uma unidade do processo é encaminhado para outra unidade e não volta a entrar na unidade onde foi utilizado anteriormente;
- b)** Reciclagem direta: o efluente volta a entrar na unidade onde foi anteriormente utilizado;
- c)** Regeneração-reutilização: o efluente é enviado para uma unidade de regeneração, com o objetivo de a água ser purificada e posteriormente reutilizada num outro processo;
- d)** Regeneração-reciclagem: ocorre quando o potencial máximo de reutilização/reciclagem direta é esgotado, o efluente é enviado para uma unidade de regeneração (unidade de purificação que melhora a qualidade da água) e depois inserida no mesmo processo.

Na Figura 18 estão esquematizadas as quatro estratégias referidas.

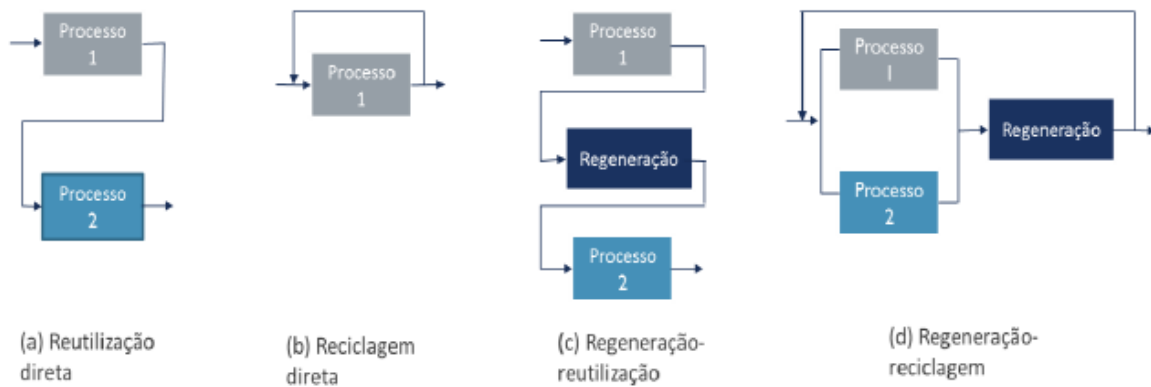


Figura 18 - Estratégias para a conservação da água num dado processo (Adaptado de (Leite, 2017)).

Por fim, o uso de água potável, nível 5 do WMH, é a opção menos desejável do ponto de vista da minimização de água e apenas deve ser considerado quando não existe a possibilidade de reutilização ou reciclagem de água de um determinado processo.

Paralelamente à hierarquia de gestão de água WMH, outra metodologia de abordagem, para minimizar o consumo de água, é o princípio dos 3R's, que foi lançado oficialmente, em 2005, numa conferência do ministério do Japão, em paralelo com a OECD.



Figura 19 - Princípio dos 3R's (Fonte: documento interno da empresa).

No topo da hierarquia na Figura 19, observa-se as oportunidades de redução, que estão relacionadas com a conservação da água na indústria. De seguida, observa-se a importância da ação de reutilização e, depois, a reciclagem (Pombo, 2011).

No que diz respeito ao último pilar, a reciclagem, esta requer um maior investimento de capital e está associada a um maior custo operacional. Consequentemente, o princípio da reciclagem apenas é aplicado quando os pilares da redução e reutilização foram executados.

Após a análise de todos os consumidores de água, dos seus consumos e das suas oportunidades de poupança, o passo seguinte é identificar as respetivas propostas de melhoria. Para isso, uma das ferramentas utilizadas recorrentemente é o *Brainstorming*, que permite solucionar os problemas existentes. No final deste o objetivo é priorizar as diferentes soluções encontradas e, colocá-las em prática. Segundo (Environment Agency, 2001; Kirby et al., 2002) nas empresas, existem inúmeras medidas simples, práticas e económicas para aumentar a eficiência hídrica, tais como:

- Torres de refrigeração com um circuito fechado para alimentação de água;
- Reutilizar água do sistema de refrigeração de bombas para alimentação de outros processos, nomeadamente torres de refrigeração;
- Armazenar e reutilizar a água proveniente da chuva para algumas operações, nomeadamente limpezas;
- Reciclagem de água proveniente de determinados processos para outras utilizações;
- Implementar uma política na empresa de apenas se comprar equipamentos que utilizem pouca água.

Depois da implementação das propostas de melhoria, deve ser criado e colocado em prática um plano de ação, que deve ser revisto anualmente. Este plano de ação deve incluir um procedimento de controlo de toda a tubagem existente, de forma a reduzir o desperdício por fugas e deve incluir também um programa para eliminar ou minimizar os usos de água em processos de limpeza e lavagens (Environment Agency, 2001).

O plano de ação definido deve estabelecer e promover metas para a redução do consumo de água no local.

# DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Apresentação da empresa
- 3.2 Objetivos do trabalho prático
- 3.3 Metodologia de abordagem ao problema proposto
- 3.4 Infraestrutura de distribuição de água
- 3.5 Definição da zona alvo
- 3.6 Estudo zona alvo - Setor 3
- 3.7 Síntese dos problemas identificados no Setor 3
- 3.8 Tempestade de Ideias sobre propostas de melhoria
- 3.9 Desenvolvimento das propostas



## 3 Estudo de Caso (Trabalho Prático)

### 3.1 Apresentação da empresa

A empresa, onde foi desenvolvido o presente trabalho, é uma das muitas unidades de uma multinacional inserida na indústria alimentar que possui milhares de marcas, globais e locais, e está presente em mais de 100 países. A empresa filial situada em Portugal é constituída por cerca de 382 funcionários, dos quais 74 apresentam formação superior.

A visão da empresa é ser reconhecida mundialmente como líder em Nutrição, Saúde e Bem-estar, e ao mesmo tempo ser uma referência na indústria a nível de performance financeiro e com total confiança por parte de todos os seus *stakeholders*.

Tem como compromisso contribuir para melhorar a vida das pessoas, através da produção de alimentos saborosos e saudáveis e bebidas adequadas a todas as fases da vida. Foca-se em construir o sucesso, antecipando o futuro e adaptando-se continuamente, trabalhando lado a lado com os seus parceiros, tendo sempre como base os seus valores e como pilar central da atividade a nutrição.

Relativamente ao futuro, a empresa definiu três ambições globais, no âmbito do apoio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, que irá orientar o seu trabalho de forma a alcançá-los até 2030.

- Ajudar 50 milhões de crianças a terem uma vida mais saudável;
- Ajudar a melhorar as condições de vida de 30 milhões de pessoas das comunidades onde operam;
- Atingir zero impacto ambiental nas suas operações.

Conforme ilustrado na Figura 20, a conformidade com os princípios corporativos empresariais é a base do compromisso da conformidade legal com a sustentabilidade ambiental e a criação de valor partilhado, que consiste em promover as suas principais atividades e parcerias visando o benefício conjunto das populações e dos seus acionistas.

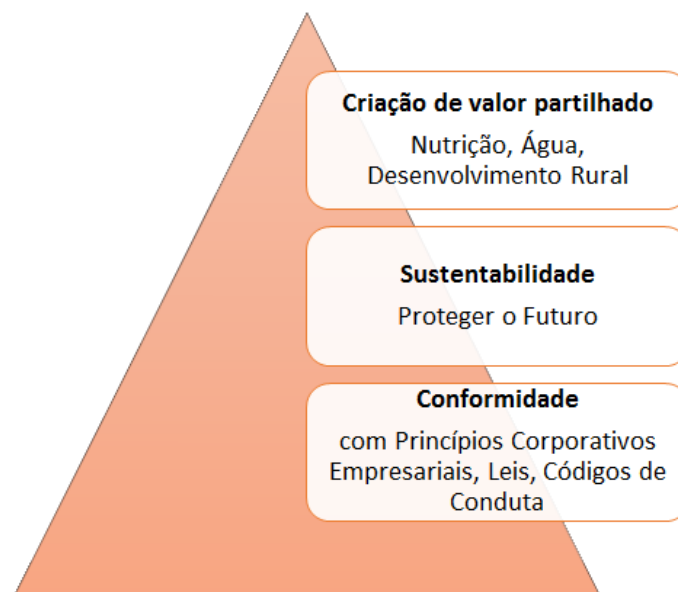


Figura 20 - Princípios corporativos empresariais da empresa (Fonte: documento interno empresa).

A empresa analisou a sua cadeia de valor e determinou que as áreas de maior potencial para uma otimização conjunta de valor com a sociedade são a Nutrição, a Água e o Desenvolvimento Rural. Sendo estas atividades essenciais, no quadro da sua estratégia empresarial e, vitais para o bem-estar das populações dos países onde opera.

Atualmente, a empresa conta com mais de 400 fábricas espalhadas por todo o mundo.

O presente trabalho foi realizado numa dessas fábricas situada em Portugal Continental, na qual se produzem diversos produtos alimentares, nomeadamente, farinha infantil, cereais para toda a família, cereais de pequeno-almoço, bebidas de cereais solúveis com e sem café, produtos de base mistura a seco e aglomerado de leite em pó.

Na seguinte figura é possível visualizar a planta (piso 0) da área principal da fábrica e a respetiva distribuição dos setores existentes.

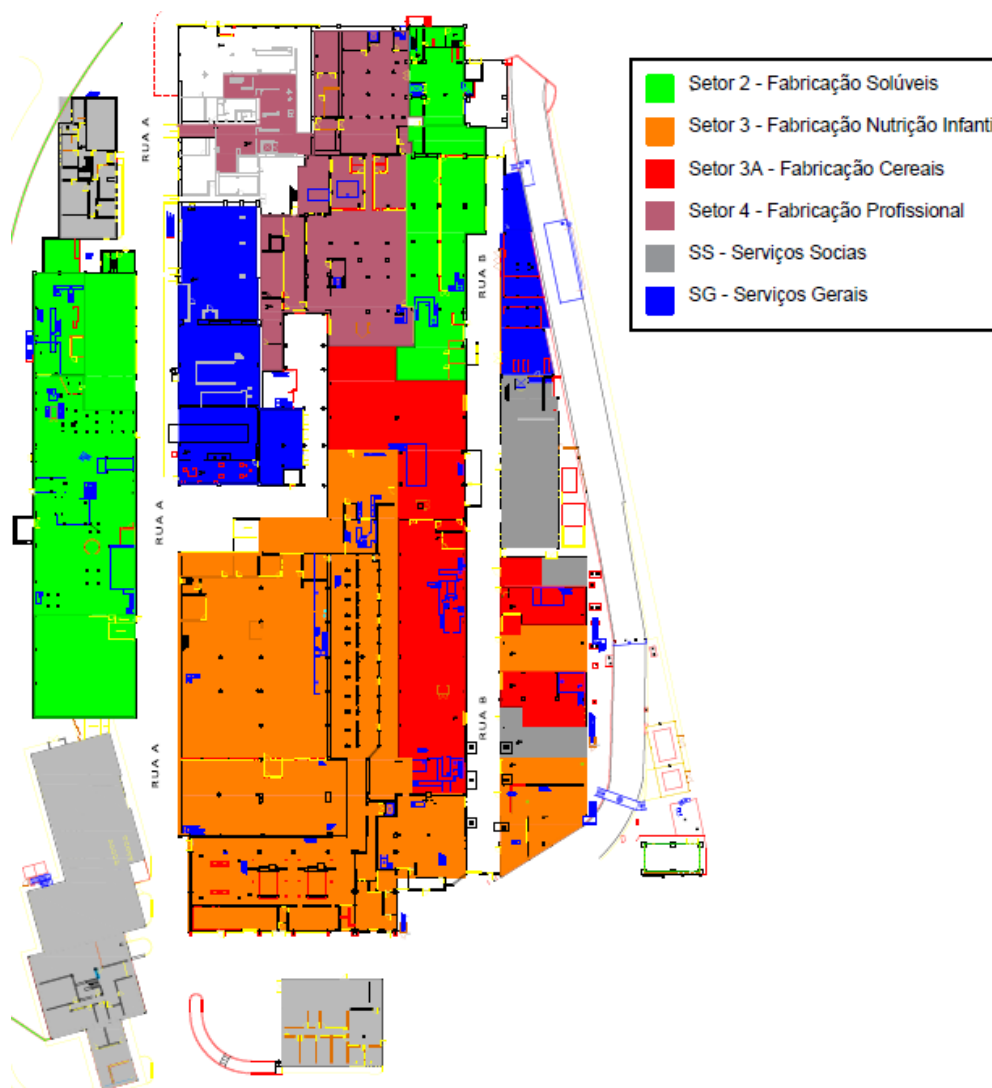


Figura 21 - Planta da fábrica e seus respectivos setores.

A fábrica é dividida em seis setores principais, quatro deles são setores produtivos, nomeadamente: o Setor 2, responsável pela Fabrico de Solúveis, o Setor 3 e 3A responsável pela Nutrição Infantil e Fabrico de Cereais (respetivamente), e por fim o Setor 4 pela Fabrico Profissional (Produtos de base mistura a seco e Aglomerado de leite em pó).

Para além destes setores produtivos, existem dois setores generalistas, os Serviços Gerais, onde estão incluídos torres de refrigeração, caldeiras, entre outros, e os Serviços Sociais, que inclui o edifício administrativo, armazéns técnicos, oficina, cantina, entre outros.

No presente relatório todas as referências aos setores serão designadas pela sua designação genérica, Setor 2, Setor 3, Setor 3A, Setor 4, Serviços Gerais e Serviços Sociais.

### 3.2 Objetivos do trabalho prático

As quatro áreas prioritárias da empresa são: a água, as matérias-primas agrícolas, a transformação e distribuição dos seus produtos e o seu acondicionamento.

No que diz respeito à água, a empresa pretende uma utilização responsável aquando da sua aplicação nas operações da fábrica, respeitando os recursos hídricos locais, mas, também, envolvendo os seus fornecedores, em particular os agricultores, e alertando outros sectores da sociedade para a necessidade da preservação e do acesso responsável à água.

Na assunção da sua responsabilidade ambiental, a meta estabelecida pela fábrica relativamente ao consumo de água, passa pela redução do seu consumo em cerca de 25%. Este trabalho assume-se como uma primeira etapa para atingir aquela meta, tendo por base os objetivos referidos no capítulo 1.

### 3.3 Metodologia de abordagem ao problema proposto

A metodologia de abordagem ao problema proposto adotado foi o método DMAIC, apresentado no capítulo 2. Contudo Face à dimensão da infraestrutura de distribuição de água de que a fábrica é dotada e de modo a ser possível alcançar resultados em tempo compatível com o prazo de realização do presente relatório, houve necessidade de delimitar o estudo a uma zona mais estrita, designada por “zona alvo”. Para isso, antes da aplicação da metodologia DMAIC foi realizado um diagnóstico a toda a rede de distribuição de água da fábrica, de forma a definir os problemas principais e definir-se uma “zona alvo” abordar.

Na Figura 22 encontra-se representado o diagrama da metodologia de abordagem mais detalhada, com as respetivas ações executadas ao longo de cada etapa e as ferramentas de apoio à gestão utilizadas.



Figura 22 – Metodologia de abordagem à resolução dos problemas baseada no método DMAIC.

### 3.4 Infraestrutura de distribuição de água

No presente capítulo, expõe-se o diagnóstico realizado à rede de distribuição de água que contempla diversas medições e análises, cujo objetivo é identificar os principais problemas verificados e, assim, validar a atual situação da empresa. A esta análise está subjacente o *water mapping*, apresentado no Anexo 3 – *water mapping*, que permite de uma forma visual e sequencial identificar toda a rede de distribuição de água. Este representa todas as fontes de água existentes, respetivos tratamentos de água, processos e todos os efluentes gerados por cada operação. Para além disso, também é possível identificar os diferentes consumos de água nos diversos processos e os diferentes custos associados a cada operação, no final do *water mapping*, deve existir um equilíbrio, ou seja, a água de entrada na fábrica deve ser a mesma que a água de saída.

A água de alimentação à fábrica tem duas entradas independentes, uma de água da rede (ENEF) e outra de água dos furos próprios (poço 101). Esta água é reencaminha para um pequeno reservatório, no qual existe um reforço de hipoclorito através de uma eletrocloração, como mostra a Figura 23.

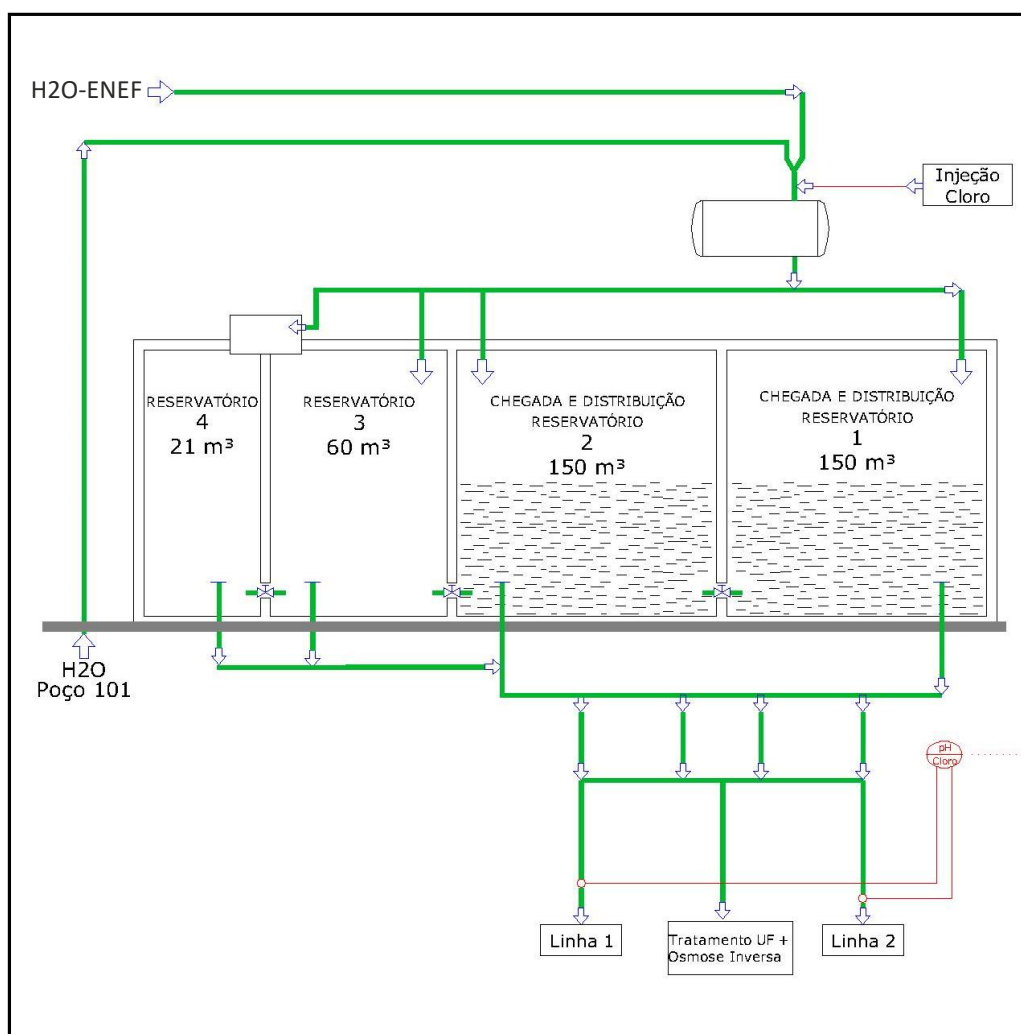


Figura 23 - Fluxograma de armazenamento e distribuição de água potável.

A existência da eletrocloração deve-se ao facto da necessidade de garantir o valor alvo de concentração volúmica exigido pela empresa em cloratos. Para tal, procede-se à injeção de hipoclorito, mediante uma bomba injetora, sendo esta controlada manualmente em função daquele valor pré-estabelecido. O valor exigido é de 0,30 ppm e é medido à saída do depósito de água tratada, como identificado na Figura 23.

Seguidamente, a água é distribuída por quatro reservatórios, com um volume total de 381 m<sup>3</sup>, que se encontram ligados entre si.

No que diz respeito à distribuição, esta é feita através de duas bombas de alta pressão que alimentam três linhas principais. Uma primeira que alimenta o tratamento de Ultrafiltração, que por sua vez, irá alimentar o tratamento de Osmose Inversa. A segunda rede de água potável, intitulada de Linha 1, alimenta diversos consumidores da fábrica. Esta linha, das três existentes é a que apresenta menor consumo mensal, cerca de 20% do consumo total de água. Por fim, a terceira rede principal, designada por Linha 2, que para além de alimentar diversos consumidores da fábrica, em paralelo com a Linha 1, também alimenta o tratamento de descalcificação existente (Figura 24).

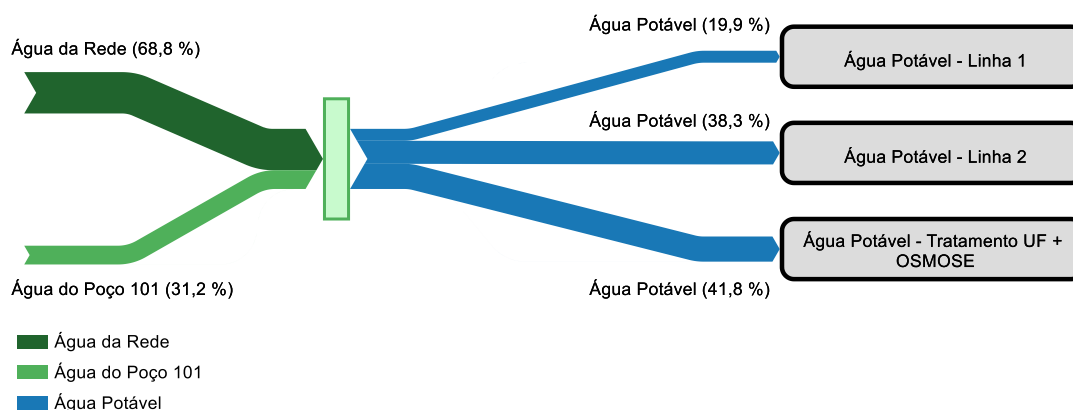


Figura 24 – Distribuição principal de água potável.

Em todos os diagramas de fluxo presentes ao longo deste capítulo, os valores apresentados correspondem a um estudo anual.

A distribuição de água pelos tratamentos existentes e respetiva fábrica pode ser identificada no diagrama de fluxo da Figura 25. Cerca de 60% do consumo da fábrica é distribuído pelos tratamentos existentes, sendo que 20% desta água é perdida pelos mesmos. Os restantes 40% são distribuídos pela Linha 1 e 2 e alimentam os diferentes consumidores secundários e terciários da fábrica e respetiva incorporação no processo de fabrico dos vários bens alimentares.

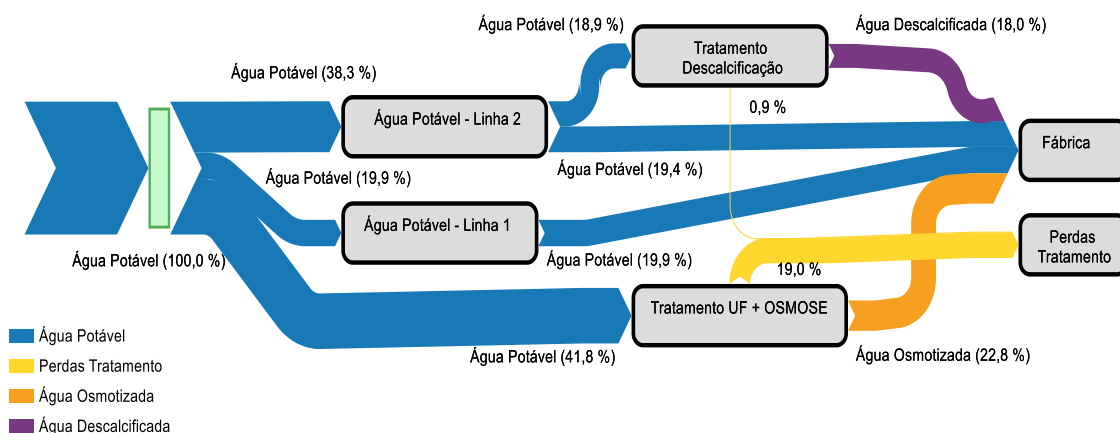


Figura 25 – Diagrama de fluxo da distribuição de água pelos tratamentos e pela fábrica.

Os diferentes tipos de água existentes são distribuídos da seguinte forma, Figura 26:

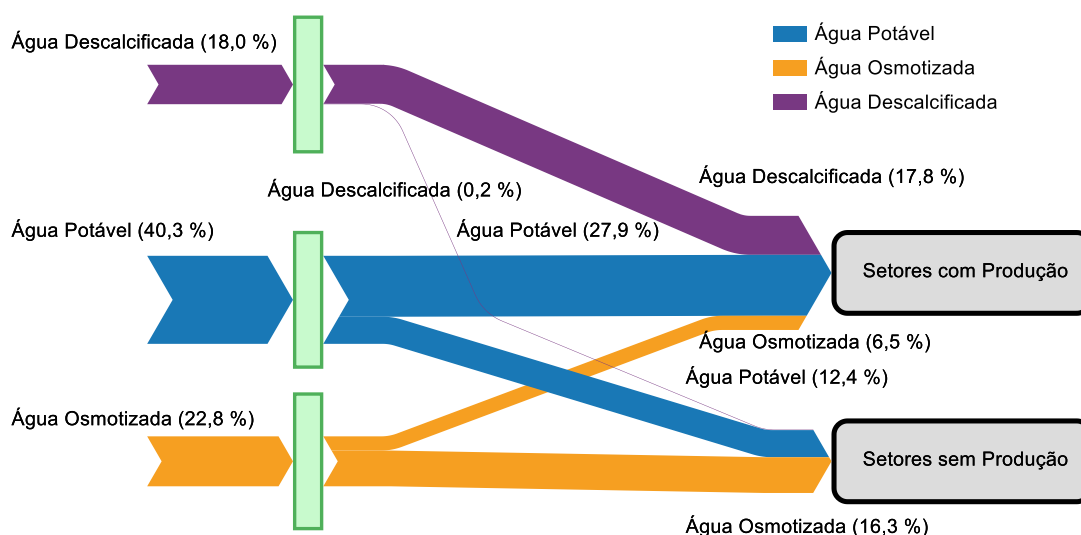


Figura 26 - Diagrama de fluxo da distribuição de água pelos setores com e sem produção.

Através de uma análise mais pormenorizada da Figura 26, verifica-se que ambas as áreas são alimentadas por todos os tipos de água, contudo, a área com produção, no somatório representa 52,2% do consumo de água existente por toda à fábrica, enquanto, a área sem produção apenas representa o somatório de 28,9%. Os restantes 19% são perdas devidas aos tratamentos de descalcificação, ultrafiltração e osmose inversa.

O setor de produção é alimentado pelos diferentes tipos de água como mostra a Figura 27. É importante referir que a maior fatia de água distribuída é para o conjunto do Setor 3 com o Setor 3A e para o Setor 2. No somatório estes 3 setores apresentam cerca de 51,6% do consumo de água pela fábrica.

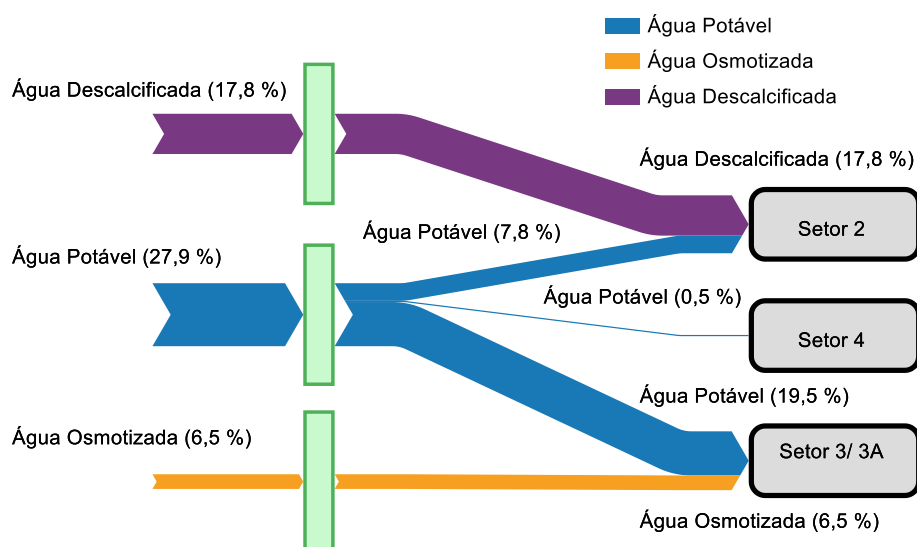


Figura 27 -Diagrama de fluxo da distribuição de água pelos setores com produção.

Relativamente aos setores sem produção (Serviços Gerais, Serviços Sociais e Laboratório), a Figura 28 revela a distribuição dos vários tipos de água pelos diferentes setores. O Setor Serviços Gerais é o que apresenta um maior consumo de água, cerca de 26%, tendo como principais consumidores finais, torres de refrigeração, bancos de gelo, caldeiras e a ETAR.

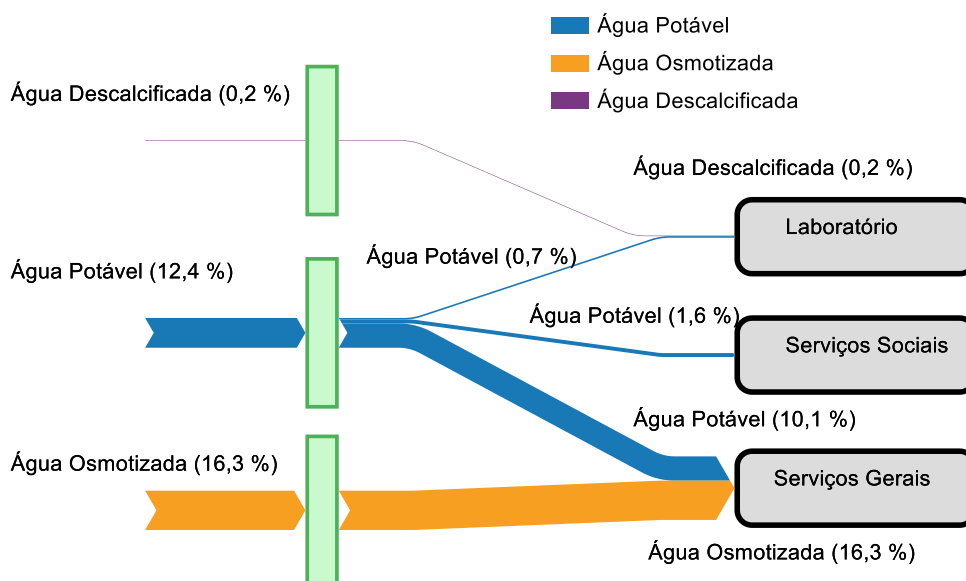


Figura 28- Diagrama de fluxo da distribuição de água pelos setores sem produção.

Para compreender a análise macro da rede de distribuição de água pela fábrica, é necessário perceber para onde é que a água é reencaminhada após a passagem pelos consumidores finais. A água utilizada pela fábrica é maioritariamente reencaminhada para a rede de água residual, outra parte para a rede de incêndio e a restante é perdida por evaporação nos processos.

### 3.4.1 Água de alimentação da fábrica

A alimentação de água da fábrica está distribuída da seguinte forma: a água da rede (ENEF) é a maior fonte de alimentação, responsável por cerca de 70% do consumo de água. Paralelamente a água proveniente do poço 101 representa os restantes 30%.

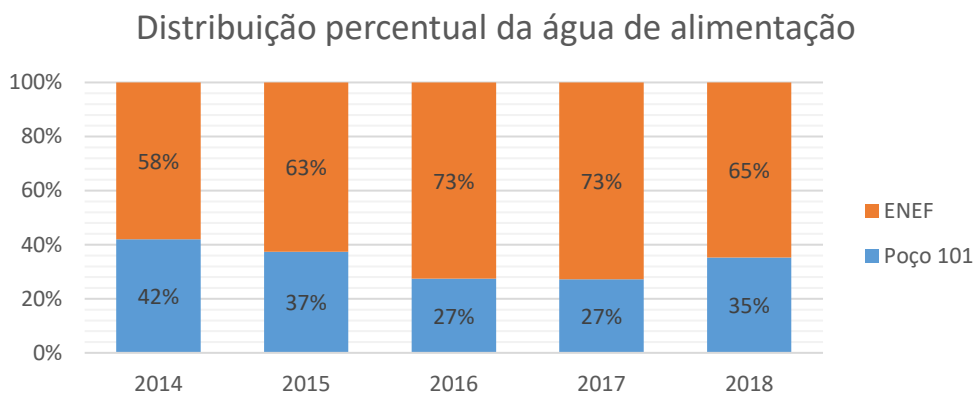


Figura 29 – Distribuição de água de alimentação a fábrica.

Na Figura 29, verifica-se que os valores percentuais de distribuição de água proveniente do poço 101 e da rede, tiveram um aumento na percentagem de água proveniente da rede e por consequente uma diminuição na água proveniente do poço 101, entre 2014 e 2016. Após este crescimento os valores estabilizaram nos últimos três anos. De forma a constatar a razão deste aumento, foi necessário realizar um estudo mais pormenorizado às duas fontes de alimentação.

Inicialmente verificou-se a quantidade de água, em m<sup>3</sup>/ano que alimentou a fábrica através das diferentes linhas, Figura 30. Seguindo da análise da captação da água do poço 101, Figura 31.

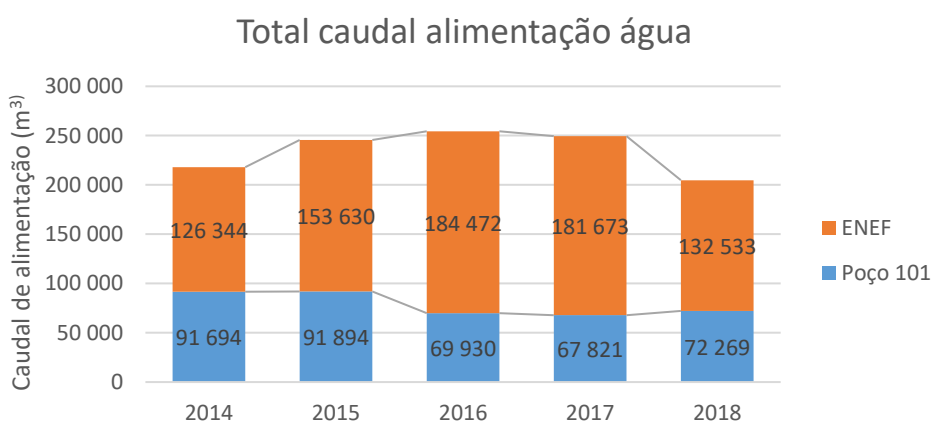


Figura 30 - Consumo de água verificado pela fábrica.

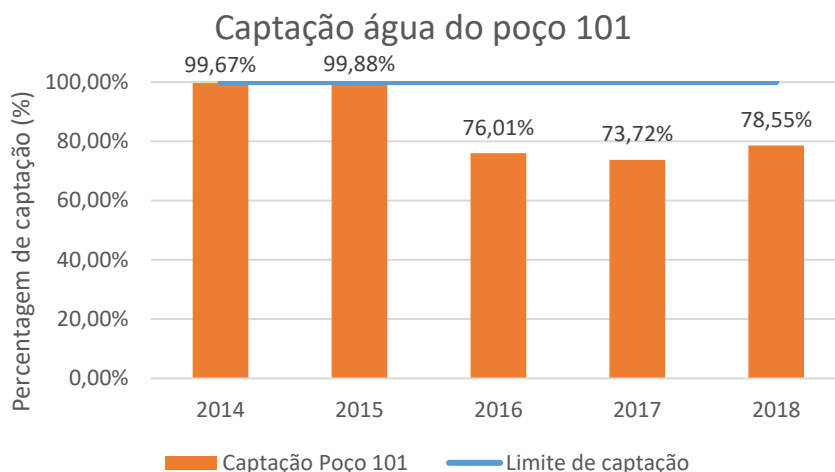


Figura 31 – Percentagem de captação de água do poço 101.

A captação de água pelo poço 101 está limitada a 92 000 m<sup>3</sup>/ano. Contudo, por questões de requisitos de qualidade, tanto ao nível do pH, como das imposições de qualidade requeridas pelo Setor 3 (nutrição infantil), a partir de 2015, como verificado na Figura 31, a captação tem estado limitada a 75% da sua capacidade o que leva a um maior consumo da água da rede.

A Figura 32 traduz a relação entre o custo total da água e a quantidade de água consumida. Revela ainda, que houve um aumento do custo total de água de ano para ano. No entanto, é de realçar que o aumento de 2014 até 2016 é elevado, desta forma para compreender a razão desse aumento foi necessário averiguar o custo de água por m<sup>3</sup>.

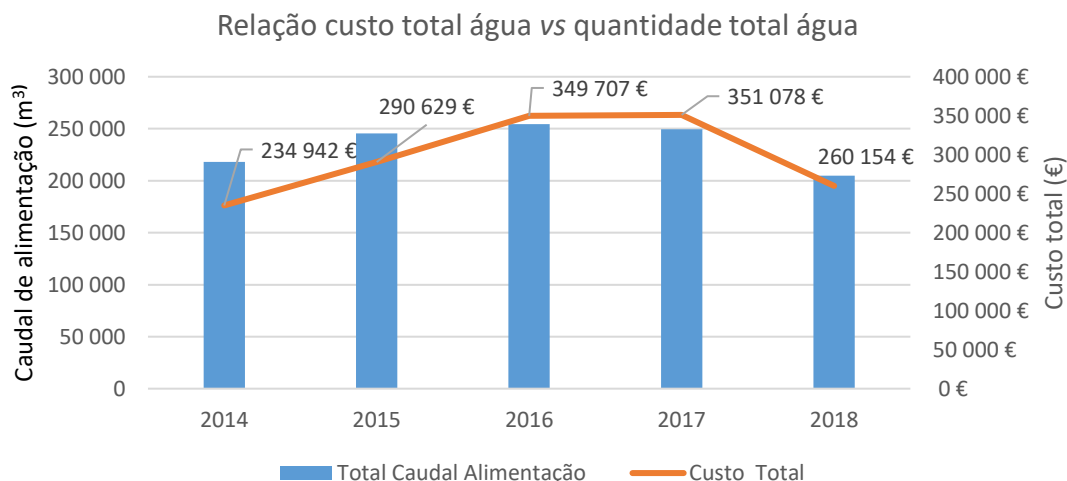


Figura 32 - Relação custo total de água vs quantidade total de água consumida.

Na Tabela 2 verifica-se que 99,5% do custo anual de água é imputado à ENEF uma vez que o custo da água do poço é apenas representado pelo custo elétrico (funcionamento da bomba), sendo este de 0,02 €/m<sup>3</sup>.

No que diz respeito ao custo da água municipal, em 2018, foi de 1,95 €/m<sup>3</sup>, tendo apresentando um crescimento no seu valor por m<sup>3</sup> de 5,4% ao longo dos últimos 5 anos.

Tabela 2 – Custo anuais de água de alimentação.

Ano	Percentagem Poço 101	Custo Poço 101 (€/m <sup>3</sup> )	Percentagem ENEF	Custo ENEF (€/m <sup>3</sup> )
2014	0,70%	0,02	99,30%	1,85
2015	0,57%	0,02	99,43%	1,88
2016	0,36%	0,02	99,64%	1,89
2017	0,35%	0,02	99,65%	1,93
2018	0,50%	0,02	99,50%	1,95

Uma vez que a água da rede tem um custo muito elevado face a água proveniente dos furos próprios da fábrica, além de que o valor custo da água por m<sup>3</sup> tem aumentado cerca de 1,4% ao ano, uma das propostas de melhoria seria otimizar a extração de água do poço para 100% do seu valor limite e eventualmente, obter uma licença de modo a que este valor limite seja maior.

Como a água consumida está diretamente ligada à produção, na Figura 33, procede-se à comparação entre as toneladas produzidas e o consumo de água.

Verifica-se que os valores de produção nos anos de 2014 a 2017 são, praticamente, semelhantes, mas houve um acréscimo relativo no consumo de água. Já no ano 2018, verificou-se um decréscimo da produção que foi acompanhado pelo consumo de água. Para um melhor entendimento desta comparação foi necessário realizar um estudo ao KPI definido pela empresa para o consumo de água vs produção.

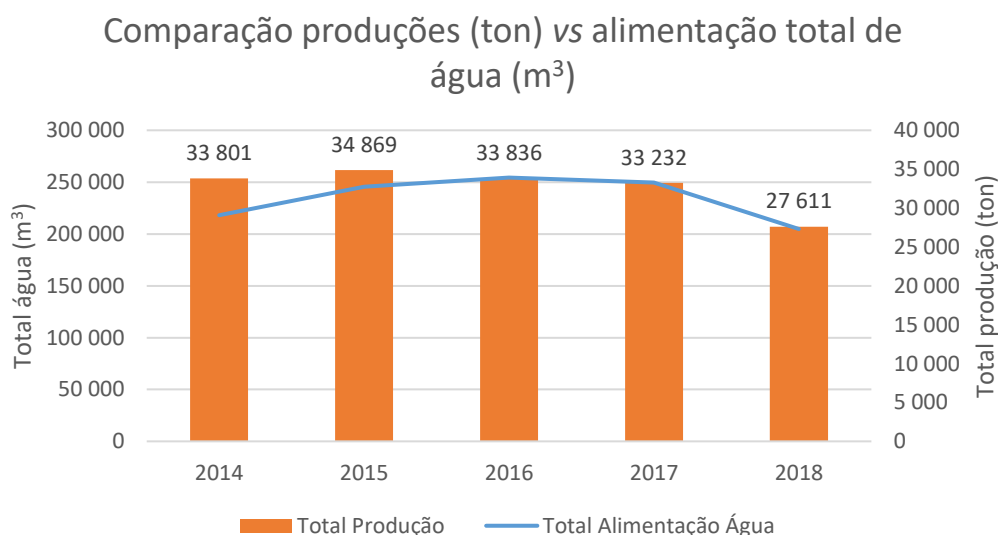


Figura 33 – Produções de produto e consumo de água potável pela fábrica.

O *Key Indicator Performance* (KPI) definido pela empresa é calculado da seguinte forma:

$$KPI \text{ Geral} = \frac{\text{Quantidade de água consumida (m}^3\text{)}}{\text{Quantidade de produto produzido (ton)}} \quad (1)$$

Analisando a Figura 34, conclui-se que a fábrica, ao longo dos últimos 5 anos, não cumpriu com os requisitos impostos ao nível do KPI.

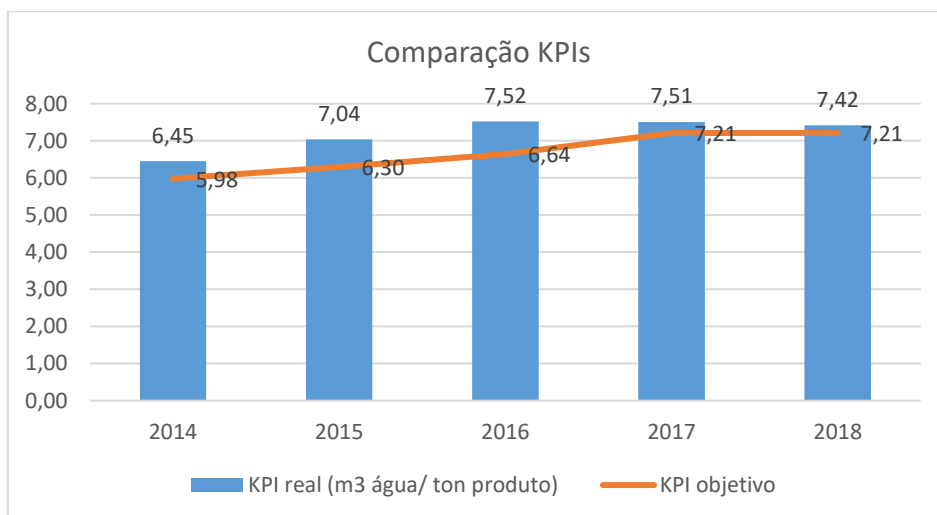


Figura 34 – Análise KPI geral fábrica.

Verificou-se também que o KPI objetivo estabelecido pela empresa, sofreu um aumento ao longo dos anos, que se deveu aos diversos ensaios de produção realizados durante 2016 e à redução do tempo dos ciclos de produção obrigando a paragens, arranques e limpezas com maior frequência.

Outro fator que influenciou negativamente estes dois indicadores foi a instalação de uma unidade de tratamento de água por osmose inversa substituindo o anterior sistema de tratamento por desmineralização, isto porque o consumo de água exigido por este tratamento é maior e os consumidores finais que utilizam água osmotizada aumentaram em comparação com os que utilizavam água desmineralizada.

### 3.4.2 Tratamentos de água

Como referido no subcapítulo anterior, a fábrica apresenta dois tratamentos de água principais, um tratamento de Osmose Inversa e um outro de Descalcificação. Estes tratamentos existem devido aos elevados requisitos de qualidade de água impostos pelo setor alimentar e pela própria empresa. Nos próximos subcapítulos serão apresentados estes tratamentos bem como o seu impacto no consumo de água.

#### 3.4.2.1 Tratamento de ultrafiltração e osmose inversa

Os tratamentos de ultrafiltração e osmose inversa encontram-se representados na seguinte Figura 35. Anteriormente existia um tratamento de desmineralização, no entanto, devido ao aumento dos requisitos impostos pela empresa ao nível da qualidade

da água utilizada para o produto e para a produção de vapor culinário, no ano de 2016 foi necessário proceder à instalação de um tratamento de osmose inversa.

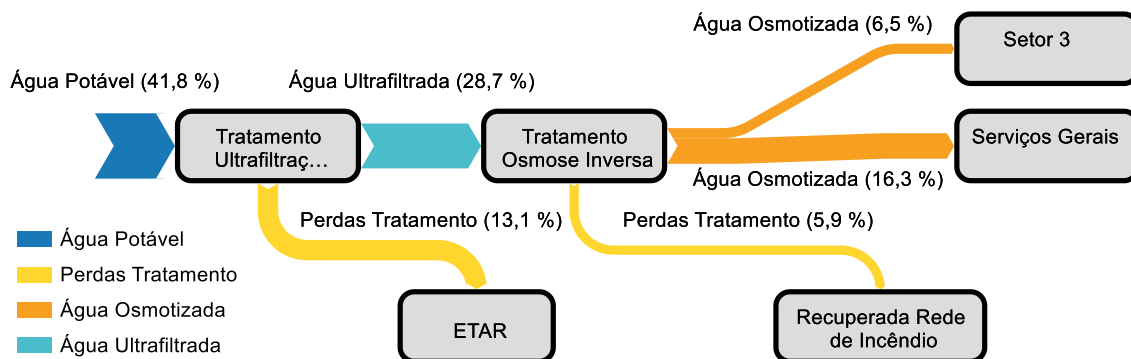


Figura 35 – Diagrama de fluxo da distribuição de água pelo tratamento osmose inversa.

O Laboratório é um consumidor final de água osmotizada, no entanto por ser insignificante não está identificado no diagrama anterior.

Relativamente ao processo de ultrafiltração, como mostra a Figura 36, o rendimento deste processo é cerca de 69%, toda esta água resulta em água ultrafiltrada. Os restantes 31%, é água rejeitada durante o processo de ultrafiltração, seguindo diretamente para a rede de esgotos, não apresentando qualquer tipo de reaproveitamento ou recuperação.

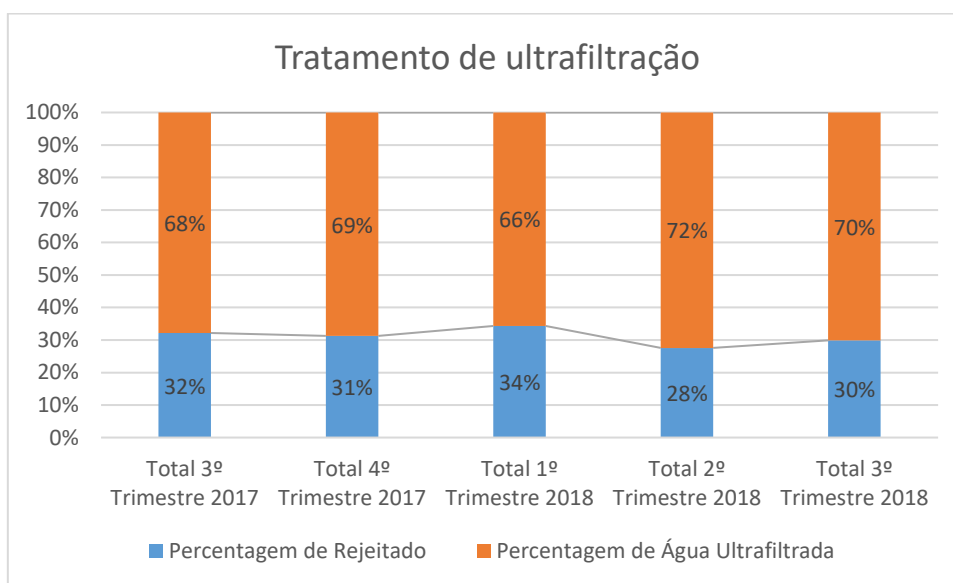


Figura 36 – Rendimento do tratamento de ultrafiltração.

Após o processo de ultrafiltração, toda a água ultrafiltrada segue para um tratamento de osmose inversa. Este tratamento apresenta uma percentagem de água rejeitada de cerca de 21%, no entanto é de assinalar, através da análise da Figura 37 que desde a instalação do tratamento, o valor percentual de água rejeitada aumentou gradualmente, sendo que num período de 15 meses o valor aumentou de 18% para 24%, como observado em setembro de 2018. Constatou-se que este aumento esteve relacionado com um problema técnico no processo de osmose inversa, que levou ao

aumento dos poros das membranas da osmose e, como consequência traduziu-se num menor rendimento no tratamento, rejeitando-se maior quantidade de água.

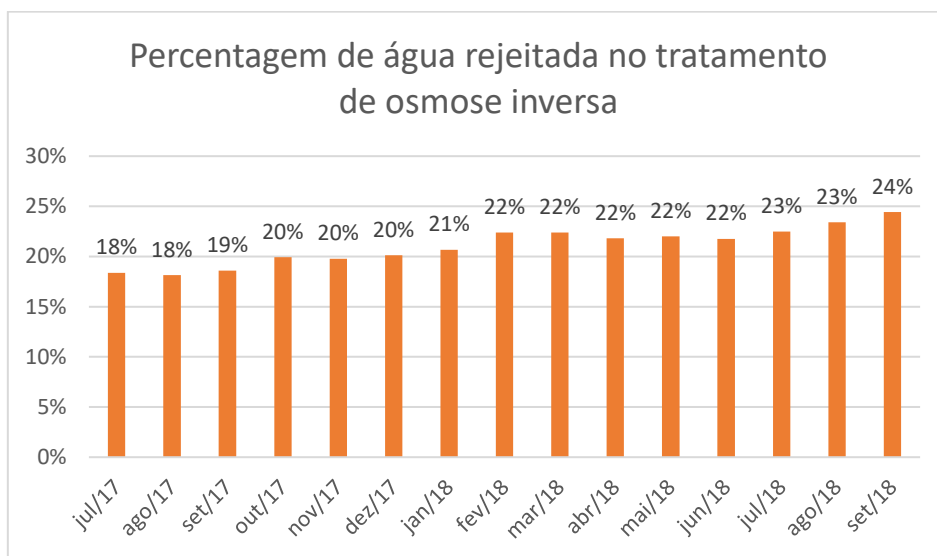


Figura 37 – Percentagem mensal de rejeitado do tratamento de osmose inversa.

Observando a Figura 38, que exibe o total de água osmotizada produzida, denota-se que o valor de água osmotizada consumido pela fábrica é, em média, trimestralmente, cerca de 13 500 m<sup>3</sup>, sendo que cerca de 4 000 m<sup>3</sup> são distribuídos pelo Setor 3 e os restantes 9 500 m<sup>3</sup> são distribuídos pelos Serviços Gerais.

Ainda, na Figura 38 é possível comparar o consumo de água osmotizada em ambos os sectores. No caso do Setor 3, a utilização de água osmotizada serve para a produção de produto final e nos Serviços Sociais para alimentação das caldeiras e assim permitir a produção de vapor culinário.

A figura permite também, comprovar o vínculo existente entre o consumo de água osmotizada pelo Setor 3 e a produção de produto final neste setor.

No Setor Serviços Gerais, existe também, uma conexão entre o consumo de água pelo setor e a produção de vapor culinário. No entanto, no 2º trimestre de 2018 observa-se um aumento significativo de cerca de 1 900 m<sup>3</sup> face ao valor médio do consumo de água osmotizada, contudo, esse mesmo aumento, não se verifica a produção de vapor culinário, uma vez que a água osmotizada é também utilizada no Setor 3, daí o aumento de produção de água osmotizada, mas que não se reflete na produção de vapor.

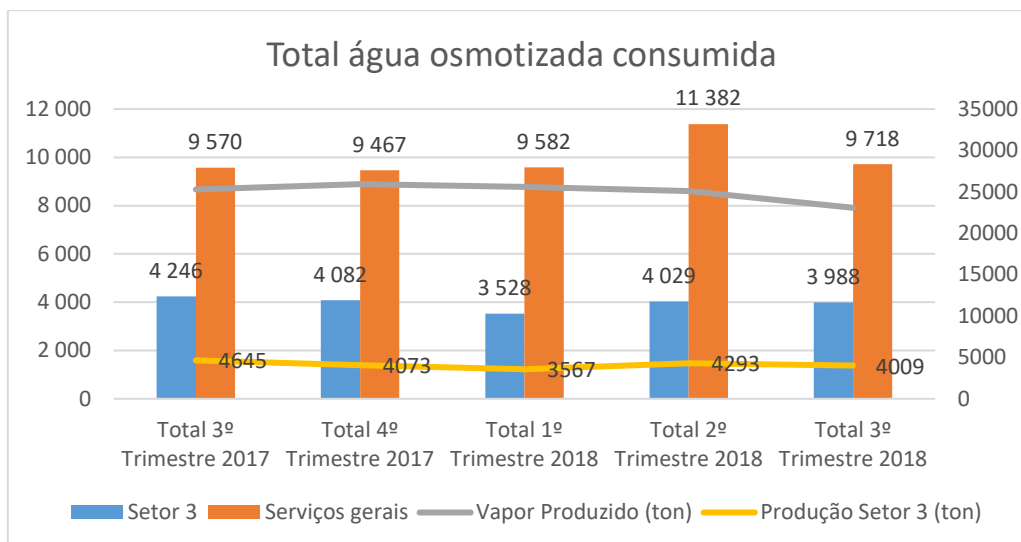


Figura 38 – Total de água osmotizada produzida, vapor produzido e produto final produzido pelo Setor 3.

A Figura 39 traduz o custo total de água osmotizada produzida e o custo de água perdida em ambos os tratamentos. No caso do tratamento de ultrafiltração, a água perdida durante o tratamento é reencaminhada diretamente para a rede de água residual, que por sua vez é enviada diretamente na estação de tratamento de águas residuais (ETAR), enquanto que o rejeitado de água no tratamento de osmose inversa é direcionado para o tanque da rede de incêndio, como apresentado no diagrama de fluxo na Figura 35.

O custo da água por m<sup>3</sup> está relacionado com os tipos de tratamento efetuados (Figura 39). Neste caso, a água de alimentação do tratamento de ultrafiltração é de 1,39 €/m<sup>3</sup>, após o tratamento é de 1,56 €, que corresponde a um incremento de 12,2% e, no final, a água osmotizada apresenta um custo total de 3,12 €/m<sup>3</sup> que revela um incremento de 100% face ao custo de água de entrada no tratamento de osmose inversa e um incremento de 124% face ao custo de água de entrada no tratamento de ultrafiltração.

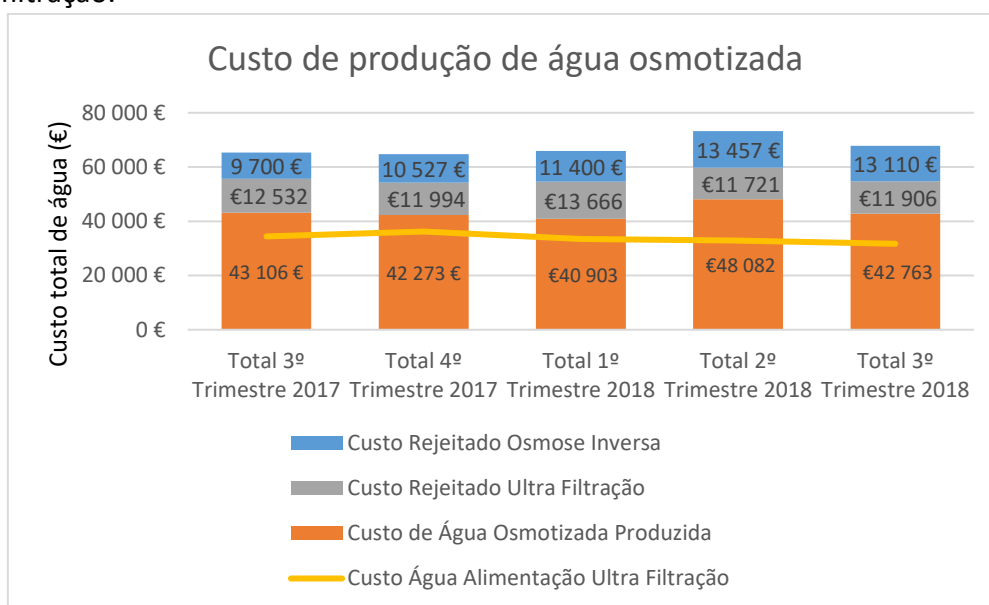


Figura 39 - Custo Trimestral da Produção de Água Osmotizada.

Através da análise da figura anterior, conclui-se que a produção de água osmotizada tem um elevado custo (cerca de 174.364 € anual) para a fábrica. Assim, é necessário otimizar ao máximo o rendimento de todo o tratamento, minimizar o seu consumo pelos consumidores finais, nomeadamente em todos aqueles que não necessitam de uma água de tão elevada qualidade, e aumentar a percentagem de reutilização da água rejeitada por ambos os tratamentos.

### 3.4.2.2 Tratamento de descalcificação

O segundo tipo de tratamento designa-se por tratamento de descalcificação, no qual a alimentação da água se efetua pela Linha 2. Cerca de 50% do consumo de água nesta linha, deve-se a este processo.

Este tratamento possui dois consumidores, o Setor 2, responsável por 99% do consumo de água descalcificada produzida, dentro deste sector, em que a água é utilizada para diversos consumidores, no entanto está relacionada com o fabrico de produtos solúveis (cafés). O segundo consumidor é o Laboratório que, representa 1% do consumo de água descalcificada (Figura 40).

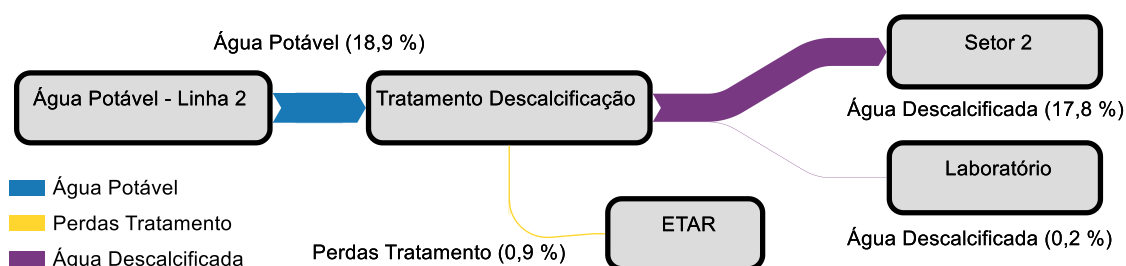


Figura 40 - Diagrama de fluxo da distribuição de água pelo tratamento de descalcificação.

Comparando o consumo de água descalcificada pelo Setor 2 com a sua respetiva produção (Figura 41), verifica-se que nos dois últimos trimestres houve um decréscimo de 60% face ao consumo de água nos trimestres anteriores.

Esta redução justifica-se pelas otimizações realizadas no Setor 2. Durante o primeiro trimestre de 2018 foram efetuadas otimizações ao nível do consumo de água descalcificada e ao respetivo aproveitamento da mesma por alguns consumidores finais deste setor.

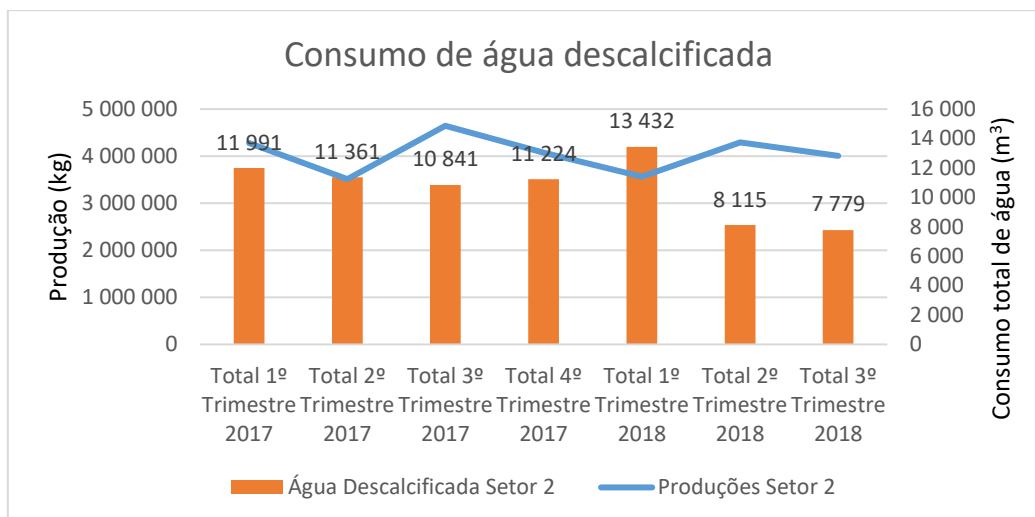


Figura 41 - Consumo de água descalcificada no Setor 2.

Na Figura 42 estão representados os custos de água descalcificada produzida ao longo dos trimestres, bem como o custo de água rejeitada pelo tratamento.

O custo da água descalcificada produzida é de 1,60 €/m<sup>3</sup>, ou seja, um acréscimo de 0,21 €/m<sup>3</sup>, ou seja 15%, no valor inicial da água potável de alimentação ao tratamento (1,39 €/m<sup>3</sup>).

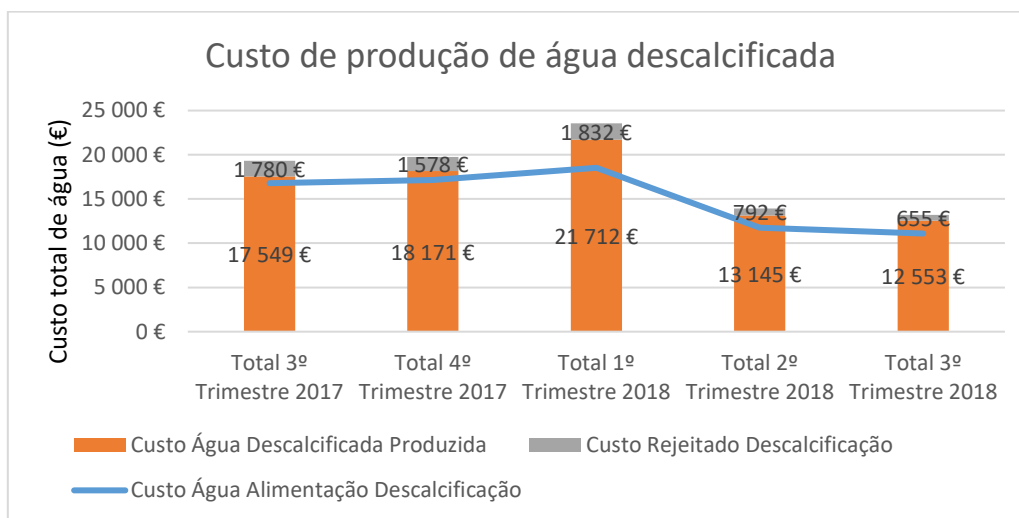


Figura 42 – Custo de produção de água descalcificada.

Verifica-se que a produção de água descalcificada atinge cerca de 70.577 € (anual), valor muito inferior comparando com o valor água osmotizada.

### 3.4.3 Setores sem produção

Os principais setores sem produção são os Serviços Gerais, Serviços Sociais e Laboratório.

Na Figura 43, comprova-se que o maior consumidor dos setores sem produção é o Setor Serviços Gerais, que representa cerca de 80% do consumo desta área.

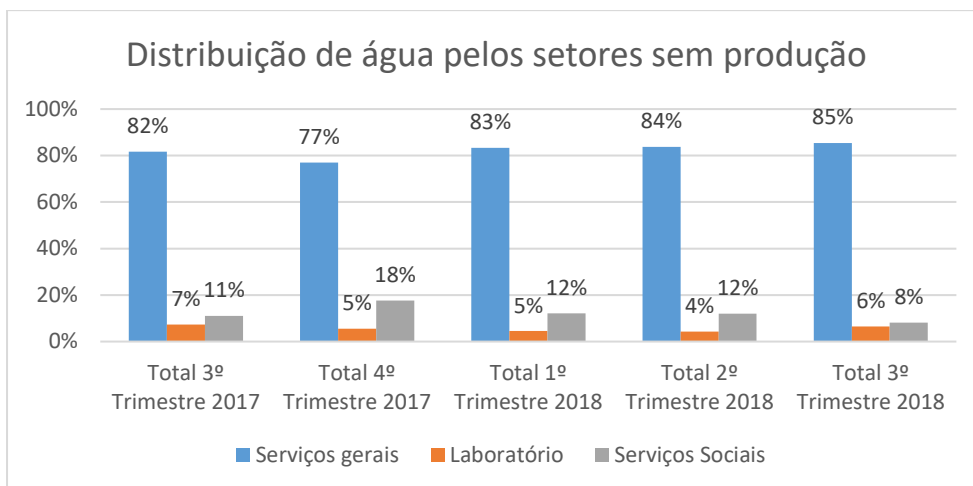


Figura 43 - Distribuição trimestral de água pelos setores sem produção.

Na Figura 44, no que diz respeito ao custo de água nos setores sem produção, verifica-se que a água osmotizada é a que apresenta um maior custo representado, em média, cerca de 75% do custo de água nesta área.

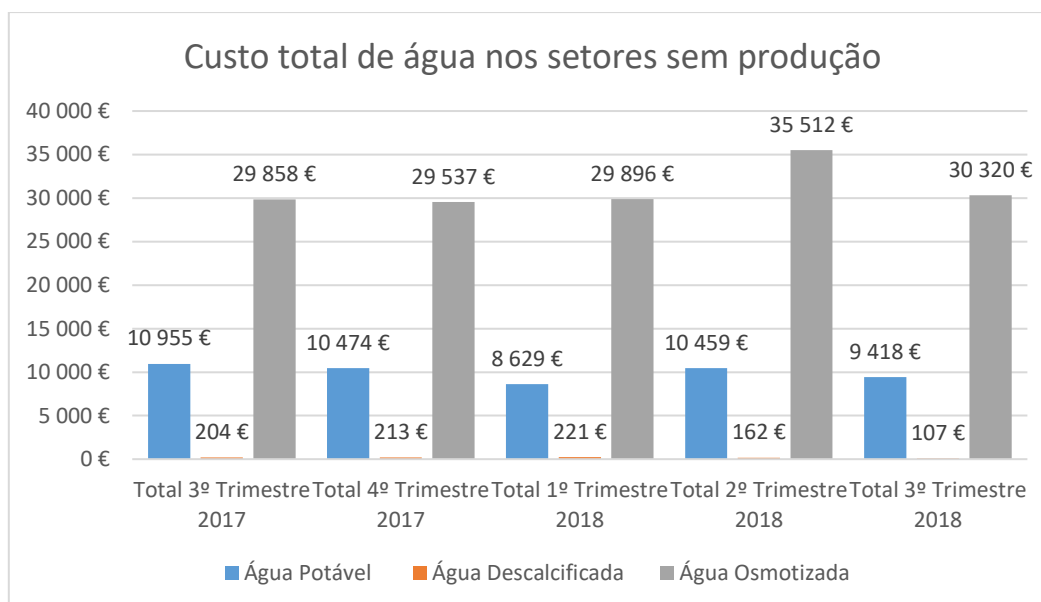


Figura 44 – Custo dos diferentes tipo de água nos setores sem produção.

#### 3.4.4 Setores com produção

Como referido anteriormente, a fábrica está dividida em quatro setores produtivos principais: Setor 2, Setor 3, Setor 3A e Setor 4.

A seguinte figura, ilustra a distribuição percentual de água pelos diversos setores produtivos, de forma trimestral.

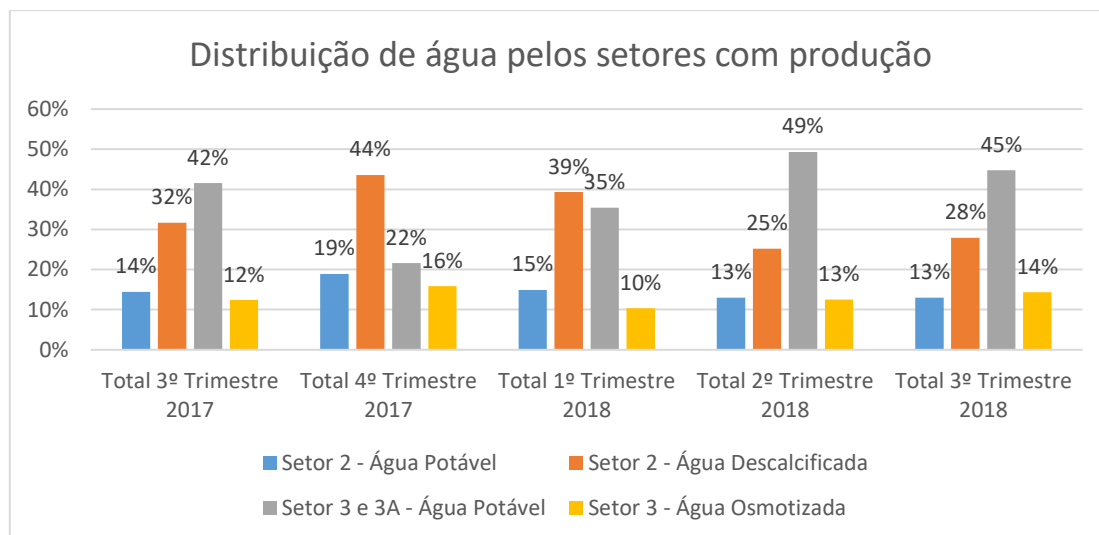


Figura 45 - Distribuição trimestral de água pelos setores com produção.

Através da sua análise, pode concluir-se que:

- Nos trimestres analisados, em termos percentuais, o consumo de água potável no Setor 2 tem sido constante e apresenta uma média de cerca de 15%, relativamente ao consumo total de água nos setores com produção;
- No 4<sup>a</sup> trimestre de 2017, o consumo de água potável no Setor 3 apresentou um decréscimo de 20%, relativamente ao consumo total de água existente nos setores com produção: aquele decréscimo não é, à partida, real mas decorrente de um problema de contabilização daquele consumo verificado nos meses de novembro e dezembro de 2017;
- Os valores de consumo de água descalcificada no Setor 2 são muito díspares, variando entre 25% e 44%, relativamente ao consumo total de água registado nos setores com produção. No entanto, é de realçar que, nos últimos dois trimestres os valores observados (25% e 28%) são efetivamente menores que nos trimestres anteriores, nomeadamente 39%, 44% e 32%, devido a otimizações no consumo de água descalcificada pelo Setor 2;
- Os valores globais de consumo de água osmotizada são constantes ao longo dos trimestres.

No que diz respeito à produção, na Figura 46, verifica-se que o Setor 3 é o mais representativo, com cerca de 50% da produção trimestral da fábrica, seguindo-se o Setor 3A com cerca de 27% da produção e, por fim, os outros dois setores, Setor 2 e Setor 4, que em conjunto completam os restantes 23%.

É de evidenciar que a produção está associada diretamente à procura do mercado, ou seja, o produto é produzido consoante aquilo que o mercado necessita. Neste caso, os produtos mais procurados são os cereais de pequeno-almoço, produzidos no Setor 3A, e os produtos de nutrição infantil produzidos no Setor 3.

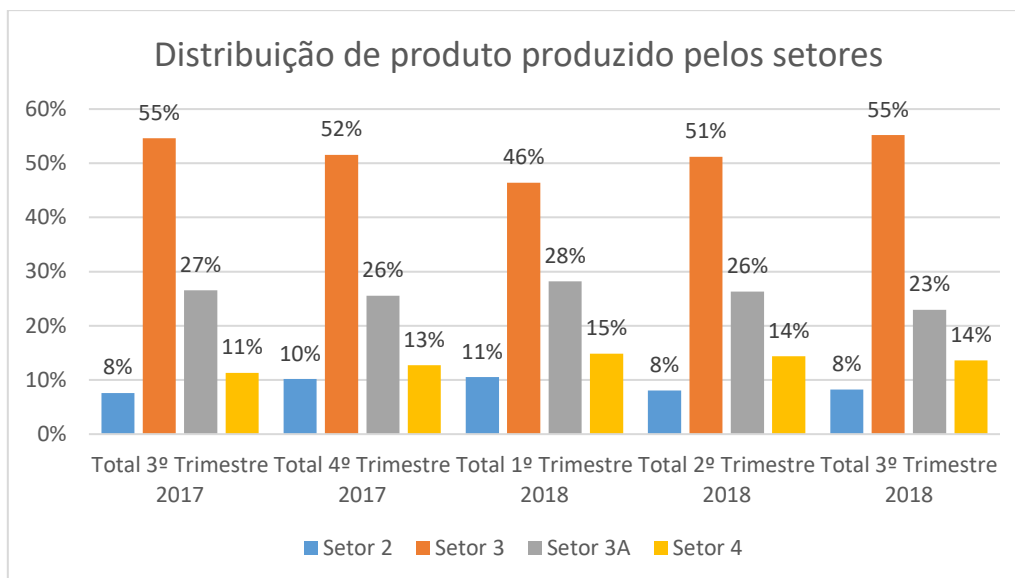


Figura 46 -Distribuição de produto produzido pelos setores.

Assim, selecionou-se os sectores 3 e 3A para uma análise mais pormenorizada.

De forma a relacionar o consumo de água com a produção nos respetivos setores, está estabelecido pela empresa um *KPI* por sector.

Analisando o Setor 3, e de acordo com a Figura 47, no ano de 2017 verifica-se que o *KPI* definido foi cumprido durante 6 meses, enquanto em 2018, dos nove meses analisados, apenas foi cumprido no mês de setembro.

Analisando a distribuição dos valores obtidos ao longo dos meses para ambos os anos, verifica-se, tendencialmente, um pico do *KPI* nos meses de verão (junho e julho), sofrendo um decréscimo até setembro, estabilizando, a partir daí, para um valor próximo do *KPI* objetivo.

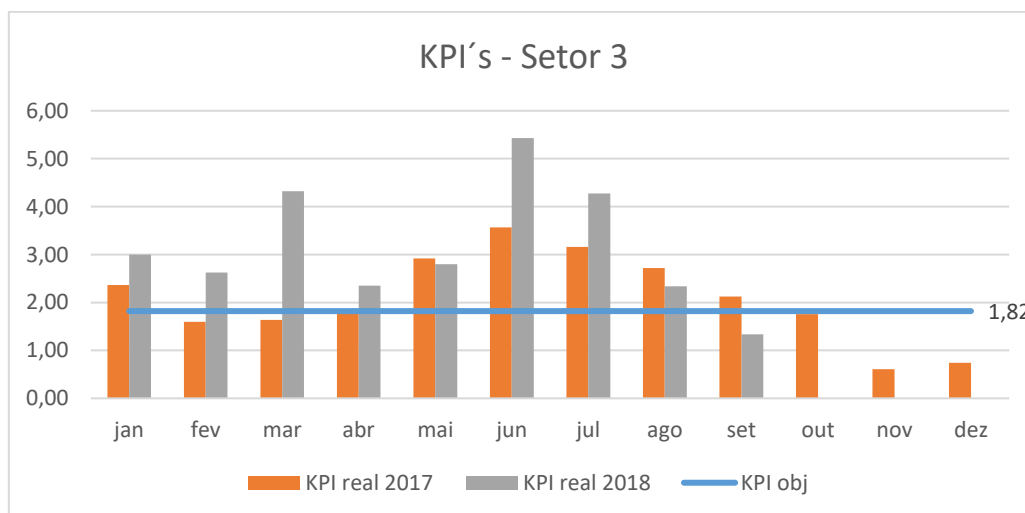


Figura 47 - Análise do *KPI* observado no Setor 3 para 2017 e 2018.

Na Figura 48, que analisa o KPI registado no Setor 3A, existe um padrão evidente relativamente ao não cumprimento do KPI, ou seja, para os primeiros 5 meses de cada ano o valor do KPI manteve-se constante e, na maior parte dos meses este requisito era cumprido. Contudo, nos meses de junho até outubro o mesmo não acontece, para estes o valor do KPI observado em média aumenta 100% face ao valor objetivo. Nos dois últimos meses do ano de 2017, os valores reduziram novamente, mostrando-se semelhantes aos observados nos primeiros meses do ano de 2017 e 2018. Com isto, percebe-se que nos meses de Verão (maior calor) o KPI aumenta consideravelmente.

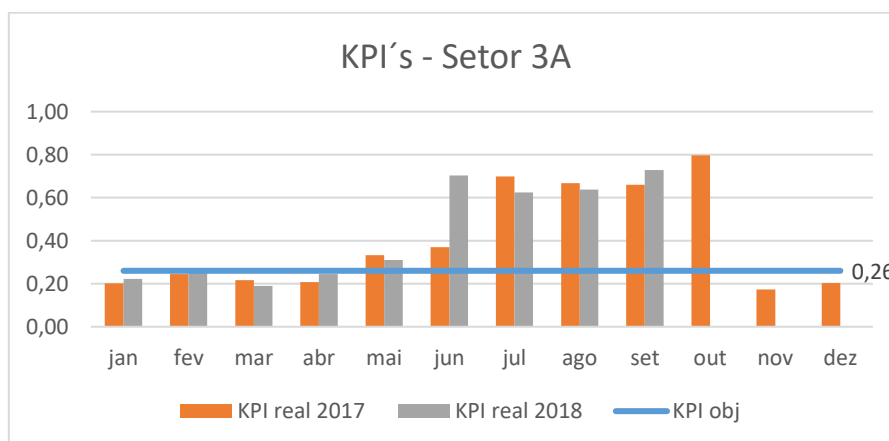


Figura 48 - Análise do KPI observado no Setor 3A para 2017 e 2018.

Após análise aos KPI's verificados para os diferentes setores produtivos, conclui-se que o Setor 3 e o Setor 3A são aqueles em que a avaliação da distribuição de água se mostra mais premente, para se apurar as causas do incumprimento do KPI estabelecido pela empresa ao longo dos anos de 2017 e 2018.

Na Figura 49 apresentam-se os custos devidos aos consumos de água potável, osmotizada e descalcificada nos setores com produção, ao longo dos 2 últimos anos.

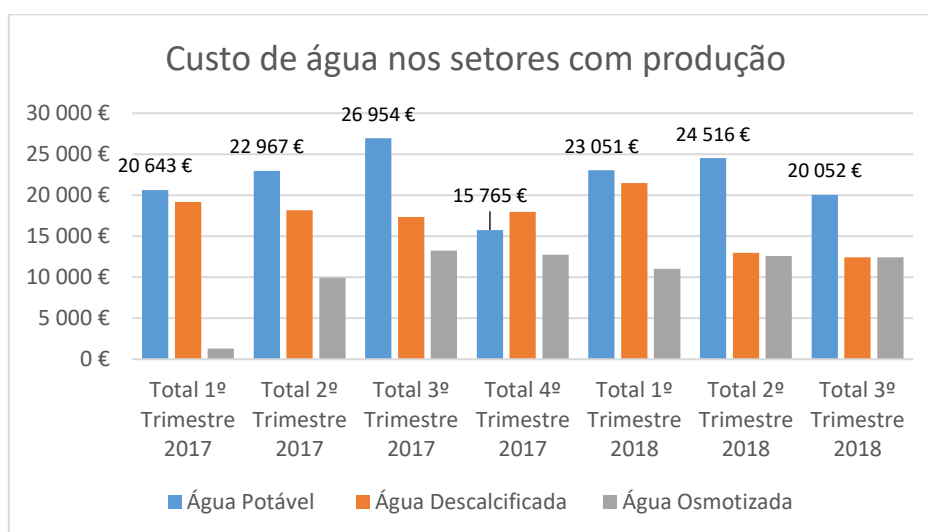


Figura 49 - Custo dos diferentes tipos de água nos setores com produção.

### 3.4.5 Distribuição de efluentes

De acordo com a Figura 50, conclui-se que cerca de 60% da água utilizada pela fábrica é reencaminhada diretamente para a sua rede de água residual, seguindo depois para a ETAR. Dos restantes 40%, cerca de 6% é água recuperada e reencaminhada para a rede de incêndio, os restantes 34% é, na sua grande maioria, água perdida por evaporação ao longo dos diversos processos existentes.

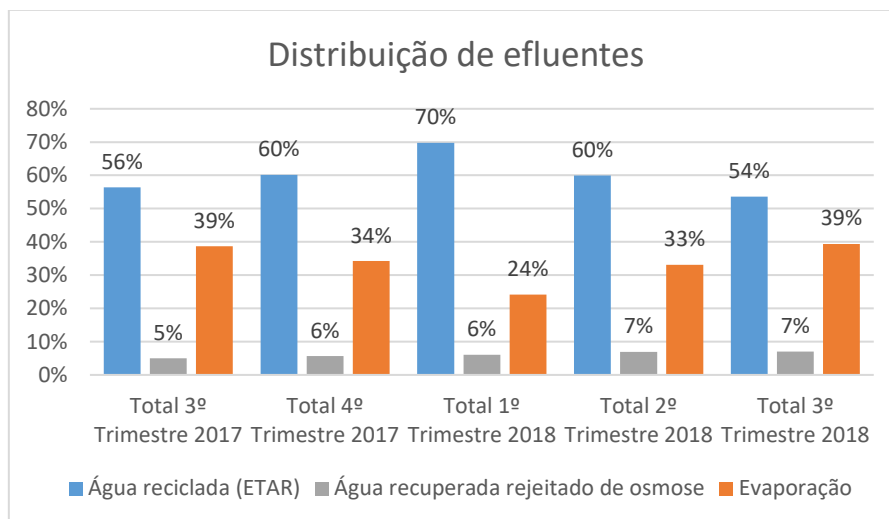


Figura 50 – Distribuição de efluentes.

Apesar de, ao longo dos diversos processos de limpeza no Setor 3, Setor 3A e Setor 2, existirem diversas otimizações, que se traduzem numa reutilização de água, a percentagem de água recuperada é muito reduzida, comprovando pelo valor de água reciclada de cerca de 60%.

### 3.4.6 Regime de contagem de água

A rede de distribuição da fábrica é dotada de 61 contadores que contabilizam a quantidade de água consumida pelas diferentes redes existentes (Tabela 3). Estes contadores inicialmente foram divididos pelo seu estado de funcionamento:

- Contadores em funcionamento, calibrados: contadores que se encontram em funcionamento e apresentam uma calibração válida;
- Contadores em funcionamento, mas não calibrados: encontram-se em funcionamento, no entanto, não estão devidamente calibrados, não sendo possível aferir quando foi realizada a sua última calibração;
- Contadores desativados: continuam instalados na tubagem, no entanto esta está desativada;
- Contadores avariados: encontram-se instalados em tubagem com utilização, no entanto não funcionam.

Tabela 3 – Pontos de medida na rede de distribuição de água.

Estado de Funcionamento	Número de contadores	Distribuição percentual
Contadores em funcionamento, calibrados	5	11,4%
Contadores em funcionamento, não calibrados	38	86,4%
Contadores avariados	1	2,2%
<b>Número de Contadores Total</b>	<b>44</b>	<b>100%</b>

Analisando a tabela anterior, conclui-se que apenas 5 contadores, dos 44 contadores que integram a rede de distribuição de água em utilização, na fábrica apresentam valores de medição aferidos, correspondendo a 11% dos valores medidos, sendo que os demais 86% dos valores medidos carecem de validação.

Não colocando em causa a validade do presente trabalho, é evidente e premente a necessidade de um plano de ação que vise a calibração de todos os contadores afetos à rede de distribuição de água da fábrica, mostrando-se uma condição necessária para que os resultados da medição registada sejam, efetivamente, fiáveis, a par da substituição daquele que se encontra avariado e, eventualmente, de outros que se encontrem para além do período de vida útil, em complemento, o Anexo 2 – características dos contadores, apresenta uma listagem dos contadores com as suas características principais, o estado de funcionamento e calibração, bem como, a periodicidade com que esta deve ocorrer.

De acordo com os tipos de contadores existentes na fábrica (*Electromagnetic meters, Turbine Water Meter, Multi-jet meters*), e analisando todos os contadores em funcionamento (calibrados e não calibrados), existem três tipos de modo contabilização:

- **Contabilização manual**, uma contabilização semanal em que um operário está encarregue de retirar o valor observado no contador, sendo que dos 43 contadores em funcionamento, 67% (29 contadores) são contabilizados desta forma;
- **Contabilização automática**, todos os valores registados pelos contadores são enviados diretamente para uma base de dados, dos quais 28% (12 contadores) utilizam este sistema de contabilização;
- **Não existe contabilização**, neste caso, não há registo dos consumos de água destes contadores, representa apenas 5% (2 contadores).

Ao longo deste relatório, para todos os valores obtidos através da leitura dos 43 contadores em funcionamento, está sempre associada uma incerteza de medição que, tendo em conta os dados disponíveis e assumindo-os como representativos, é de  $\pm 2\%$ , de acordo com as especificações apresentadas no Anexo 2 – características dos contadores.

### 3.4.7 Síntese do diagnóstico à distribuição de água

Através do diagnóstico genérico, realizado neste capítulo, e com o auxílio do *water mapping* apresentado no Anexo 3 – *water mapping*, foi possível perceber o funcionamento de toda a rede de distribuição da fábrica.

A distribuição inicia-se nas duas fontes de alimentação de água, a ENEF que representa 70% do consumo de água e os restantes 30% provenientes do poço 101. Posto isto, a água é distribuída por toda a fábrica, nomeadamente pelos tratamentos de ultrafiltração, descalcificação e osmose inversa que representam 60% do consumo de água e 40% pelos restantes consumidores finais.

De seguida, realizou-se um estudo mais específico onde se dividiu a fábrica em duas áreas principais, setores com produção e setores sem produção, com este estudo, conclui-se que, a área com produção, representa 52,2% do consumo de água existente por toda a fábrica, enquanto, a área sem produção apenas 28,9%.

Na área com produção constatou-se que o Setor 3 é o que representa um maior impacto económico, sendo responsável por cerca de 50% da produção trimestral da fábrica.

Ao longo deste estudo, verificou-se também que a fábrica não cumpriu com o KPI imposto pela mesma. No que toca ao Setor 3, averiguou-se exatamente o mesmo, o incumprimento do KPI estabelecido pela fábrica ao longo do ano de 2017 e 2018.

Verificou-se ainda que cerca de 60% da água utilizada pela fábrica é reencaminhada diretamente para a sua rede de água residual, 34% é na sua grande maioria água perdida por evaporação ao longo dos processos e os restantes 6% é água recuperada.

Por fim, realizou-se uma análise à rede de contagem da fábrica onde se averiguou que dos 61 contadores existentes, 92% não são fiáveis, como é possível verificar mais detalhadamente no Anexo 2 – características dos contadores, no entanto o anexo apenas contém registos de calibração de 5 contadores. Assim, denota-se que existe uma enorme probabilidade que toda análise realizada anteriormente seja pouco fiável.

Durante este diagnóstico foram identificados diversos problemas, todos eles serão inumerados no próximo capítulo.

### 3.4.8 Problemas gerais identificados

Nos subcapítulos anteriores foi caracterizada, de forma macro, toda a rede de distribuição de água à fábrica e os seus diversos setores. Ao longo daquela caracterização, foram identificados diversos problemas, alguns dos quais associados à totalidade da rede de distribuição de água, outros apenas a alguns setores em particular. Na Tabela 4 enunciam-se de forma resumida todos os problemas identificados.

Tabela 4 – Problemas identificados

<b>Problemas identificados</b>	
<b>Problema 1 -</b>	Fiabilidade dos valores contabilizados
<b>Problema 2 -</b>	Subaproveitamento da extração de água do poço 101
<b>Problema 3 -</b>	Não cumprimento do <i>KPI</i> geral fábrica
<b>Problema 4 -</b>	Baixo rendimento do tratamento de Ultrafiltração e Osmose Inversa
<b>Problema 5 -</b>	Baixo nível de recuperação de água rejeitada pelos tratamentos
<b>Problema 6 -</b>	Não cumprimento do <i>KPI</i> no Setor 3 e Setor 3A
<b>Problema 7 -</b>	Baixa percentagem de água recuperada
<b>Problema 8 -</b>	Ausência de controlo da quantidade de água recuperada e reutilizada

Todos os problemas devem ser ponderados de forma a otimizar a rede de distribuição de água, sendo necessário procurar agir por forma a encontrar as respetivas soluções, atuando na causa efetiva.

Todos os problemas enunciados anteriormente estabelecem uma conexão com um dos compromissos principais da empresa, que é atingir a meta de zero impacto ambiental nas suas operações.

No caso particular dos problemas 3 e 6, para além da eventual não otimização da utilização da água, pode estar subjacente o estabelecimento de *KPI*'s demasiado ambiciosos.

Pela complexidade da rede de distribuição de água da fábrica e por imposição de um limite de tempo definido pelo estágio, após análise geral da fábrica, definiu-se uma zona alvo, com o objetivo de realizar uma análise mais detalhada, de forma a identificar os problemas e encontrar as propostas de melhoria e possíveis implementações. Todos os problemas identificados anteriormente que não forem analisados durante o estudo da zona alvo são excelentes oportunidades para trabalhos futuros.

### 3.5 Definição da zona alvo

O presente capítulo, retrata a primeira fase da metodologia DMAIC, *define*, onde será definida a “zona alvo”. Para seleção desta, foram definidos os seguintes critérios, a saber:

1. Setor diretamente ligado com a produção com o maior consumo de água;
2. Setor com maior impacto económico na fábrica;
3. Setor com maior não cumprimento do KPI.

Tendo em conta os critérios estabelecidos e o diagnóstico realizado à rede de distribuição da fábrica, o Setor 3, foi o selecionado. Ao longo do diagnóstico verificou-se que este setor consome 20% do consumo total de água, sendo o setor que representa maior impacto económico (50% do total), um dos problemas identificados anteriormente era que este não cumpria o KPI definido pela fábrica. De referir que, através da auscultação prévia dos colaboradores, verificou-se que, existiam elevadas oportunidades de melhoria relativas ao consumo de água neste setor.

No fluxograma apresentado na Figura 51, é possível identificar todo o processo de distribuição de água e, em especial, a zona selecionada (ponto 4).

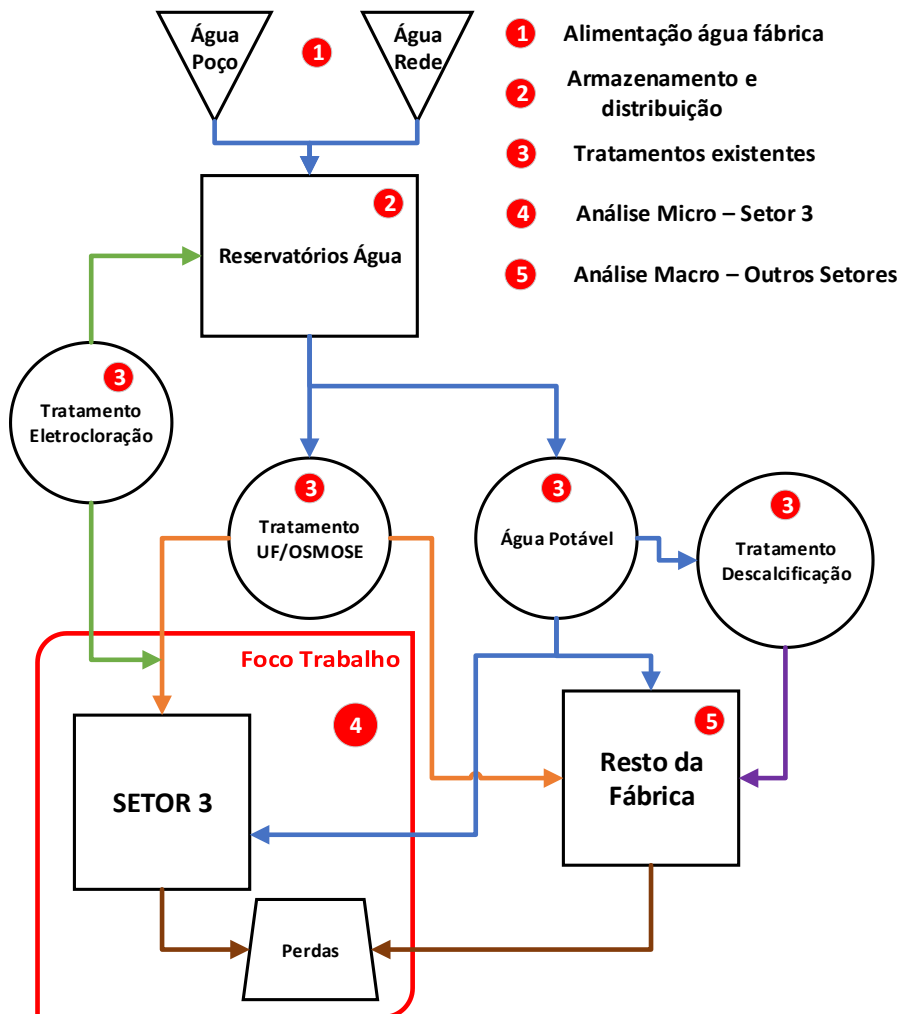


Figura 51 – Fluxograma de definição da zona alvo.

### 3.6 Estudo zona alvo - Setor 3

O objetivo deste capítulo passa por proceder a uma recolha de dados que permita validar e quantificar os problemas verificados anteriormente, aplicando o segundo passo da metodologia DMAIC, *measure*. Este encontra-se dividido em diversos subcapítulos, nos quais toda a rede de alimentação de água potável e osmotizada, bem como a sua distribuição pelo setor, serão abordados pormenorizadamente, de forma a identificar todos os seus problemas e, respetivas oportunidades de melhoria.

Para a elaboração deste capítulo, tal como no diagnóstico anterior, foi necessário a utilização do *water mapping* apresentado no Anexo 3 – *water mapping*, bem como o *flowsheet* apresentado no Anexo 1 – *flowsheet*, que caracteriza a rede de distribuição da fábrica de forma genérica pelos seus consumidores e a sua localização.

O Setor 3 é responsável pela produção de dois produtos de nutrição infantil, que apresentam diversas variações ao longo de todo o processo de fabrico. Este setor apresenta o maior volume de produção da fábrica.

De acordo com o processo de fabrico deste Setor 3 é necessário ter dois tipos de água uma vez que os requisitos da qualidade para os respetivos processos assim o exigem.

Como ilustrado na Figura 52, os requisitos de qualidade à água utilizada para a dissolução em ingredientes, ou seja, a água em contacto direto com a produção de produto, necessita de elevados requisitos de qualidade, daí, neste setor, ser usada a água osmotizada. Para todos os outros processos existentes neste setor, que não contactem diretamente com o produto, a água potável contém a qualidade suficiente necessária.

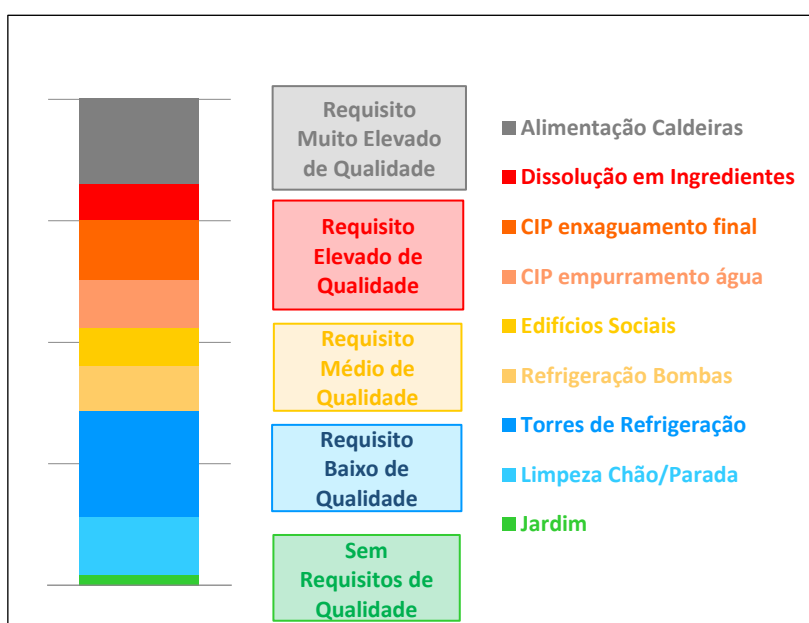


Figura 52 – Requisitos de qualidade de água.

De forma a aferir a fiabilidade dos valores observados do consumo de água na zona alvo estabelecida, foi necessário realizar uma análise à rede de distribuição de água que alimenta este setor, nomeadamente a todos os seus consumos e principalmente ao sistema de contabilização.

### 3.6.1 Consumos e custos de água

Como já verificado na análise geral, neste setor são utilizados dois tipos de água, a água potável e a água osmotizada, cujos respetivos consumos e custos estão representados na Figura 53.

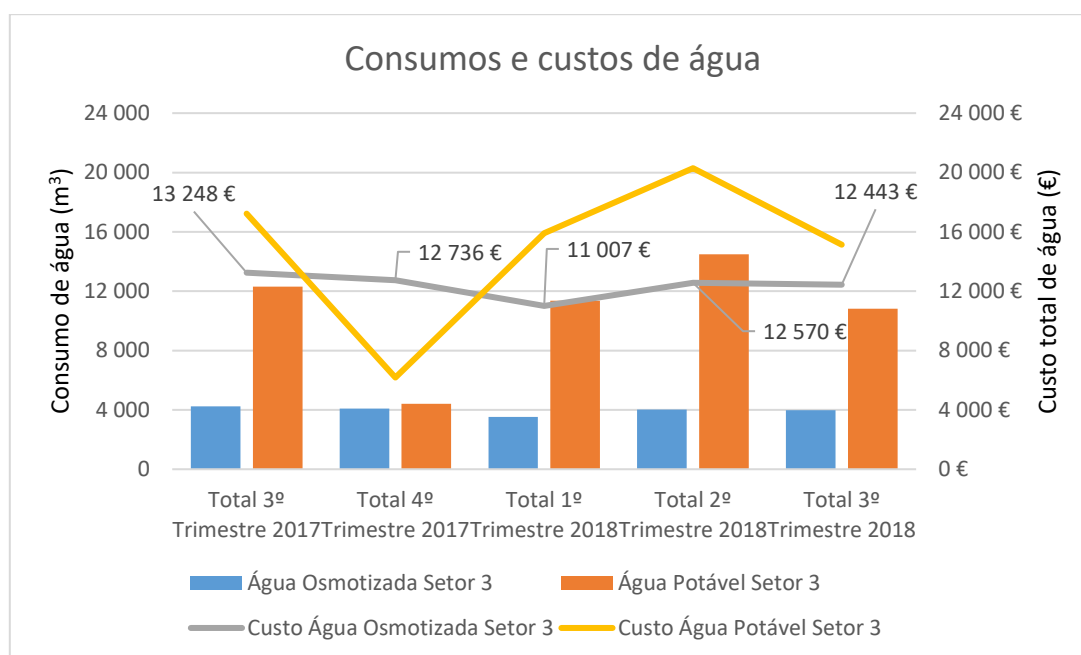


Figura 53 – Consumos e custos de água.

Através da análise da referida figura, conclui-se que o consumo de água osmotizada e o seu respetivo custo mantêm-se contantes ao longo dos trimestres estudados, uma vez que esta é usada na produção de forma constante, de acordo com a procura de mercado. Relativamente ao consumo de água potável, identificou-se que os valores do 4º trimestre de 2017 não são representativos, uma vez que não existe contabilização de alguns valores para o mês de novembro e dezembro de 2017, daí o valor reduzido de consumo de água face aos outros trimestres analisados.

### 3.6.2 Alimentação e distribuição de água osmotizada

Como mostra a Figura 54, a água osmotizada, que alimenta o Setor 3, primeiro é direcionada para um tanque de armazenamento de 50 m³ e, posteriormente, enviada para todos os processos. Ao longo da sua distribuição, existem oito consumidores finais diferentes, divididos por nove picagens diferentes ao longo da tubagem. É importante referir que não existe uma contabilização individual para todos estes consumidores, apenas existe uma contabilização da água de recirculação, apresentada pelo contador FT 06.14 na Figura 54.

Toda a água reencaminhada para o Setor 3 leva um reforço de hipocloreto, através do tratamento de eletrocloração existente, mais uma vez este reforço existe por questões de requisitos de qualidade de água impostos pela empresa.

Para cada consumidor final, a água osmotizada é utilizada na produção de produto ou para limpezas (limpeza de tubagens, limpezas de tinas, entre outros).

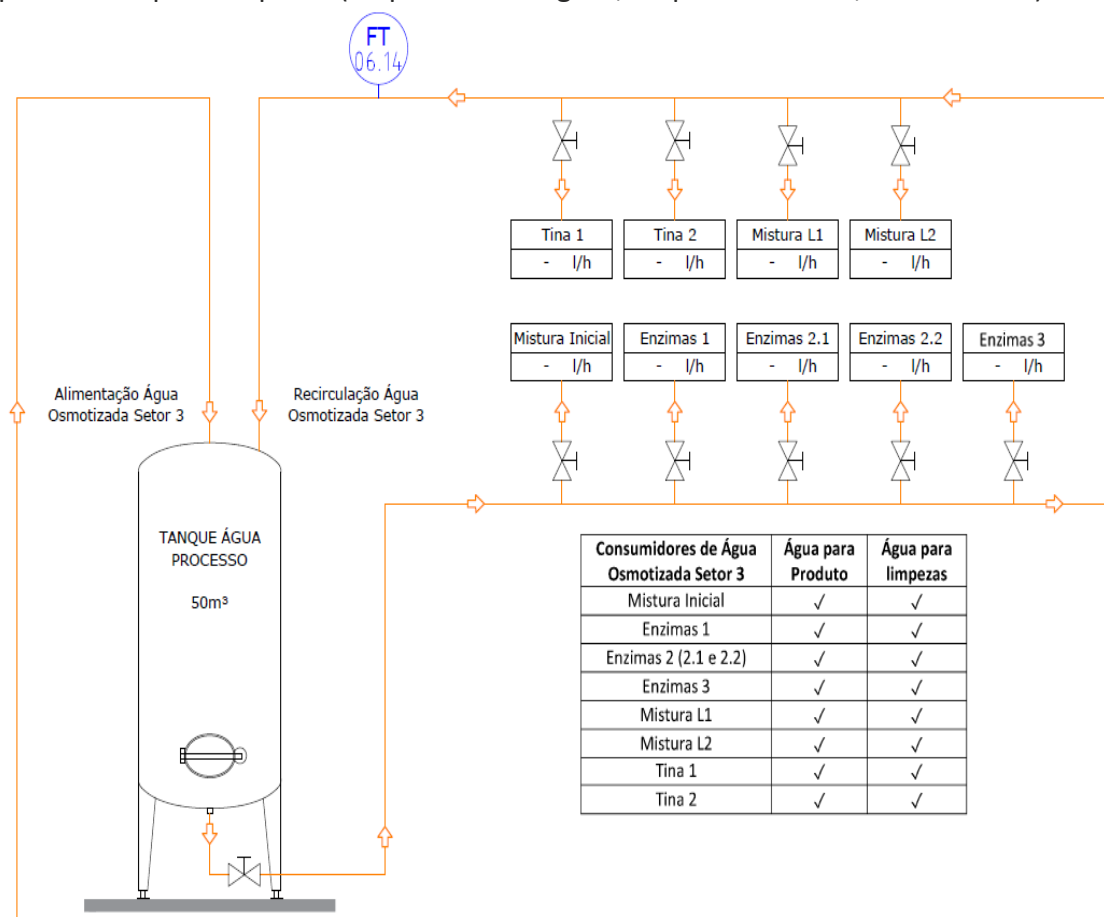


Figura 54 - Diagrama de distribuição de água osmotizada.

Como explicado anteriormente, para este estudo foram usadas contagens a partir de junho de 2017, uma vez que os dados anteriores são inconstantes e inviáveis, devido ao tratamento de osmose inversa ainda se encontrar numa fase inicial de testes.

Numa primeira análise, quantificou-se a percentagem de água osmotizada que era utilizada pelos dois destinos finais (produto e limpezas). Na Figura 55, visualizam-se as percentagens ao longo dos últimos trimestres.

O valor percentual calculado de água que vai para o produto foi obtido teoricamente, neste caso, através da relação entre quantidade de produto final produzido e quantidade de água necessária para fabricar cada kg de produto.

A percentagem de água utilizada para limpezas foi obtida pela diferença entre a quantidade de água osmotizada de alimentação ao Setor 3 e o valor calculado teoricamente de água osmotizada utilizada para fabricação de produto.

O produto desperdiçado, referenciado na Figura 55, contabiliza o produto que estava no processo de produção, no entanto, por alguma não conformidade foi necessário rejeitar esse produto e iniciar a produção de um novo.

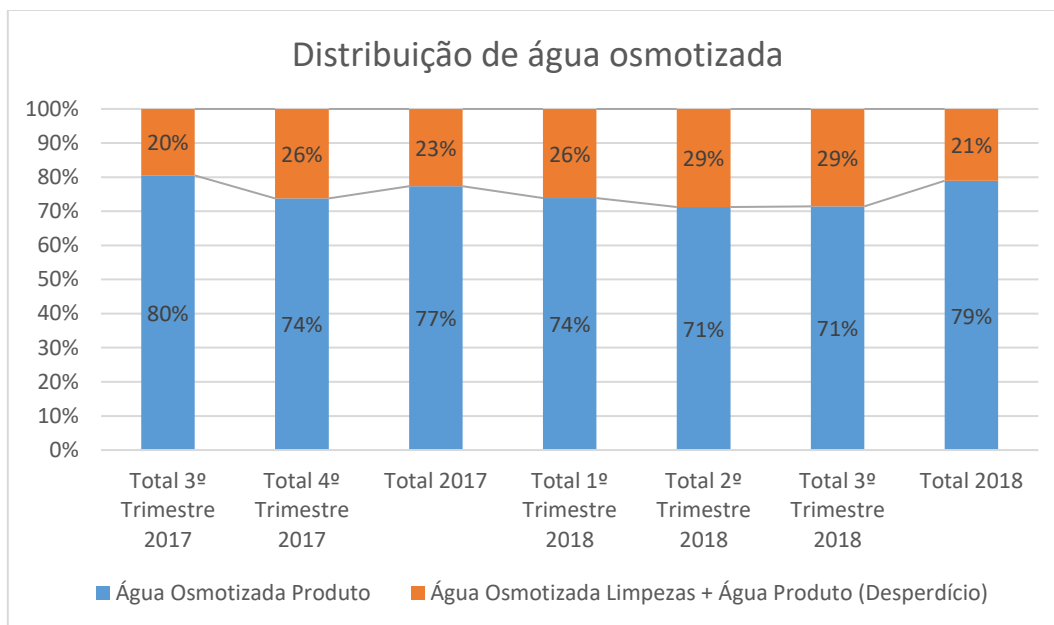


Figura 55 - Distribuição de água osmotizada.

Os valores referentes a Figura 55, que dizem respeito a distribuição de água osmotizada pelo Setor 3, foram calculados teoricamente, de modo a constatar a fiabilidade deste estudo foi necessário realizar uma análise rigorosa com valores reais observados para ambas as utilizações (água osmotizada para produto e para limpezas).

### 3.6.2.1 Água osmotizada utilizada para produto

Na Figura 56, identifica a sequência de fabrico para a produção dos dois produtos finais existentes.

O processo inicia-se na mistura inicial, que como o nome indica é a mistura das diversas matérias-primas, como a farinha, enzimas, água osmotizada, de entre outros. Após esta etapa, segue para duas linhas principais, onde podem ser inseridos aromas (que podem alterar apenas o sabor sem alterar a constituição principal). Antes do produto final, ainda existe uma operação de mistura (L1 e L2) de forma a homogeneizar a mistura.

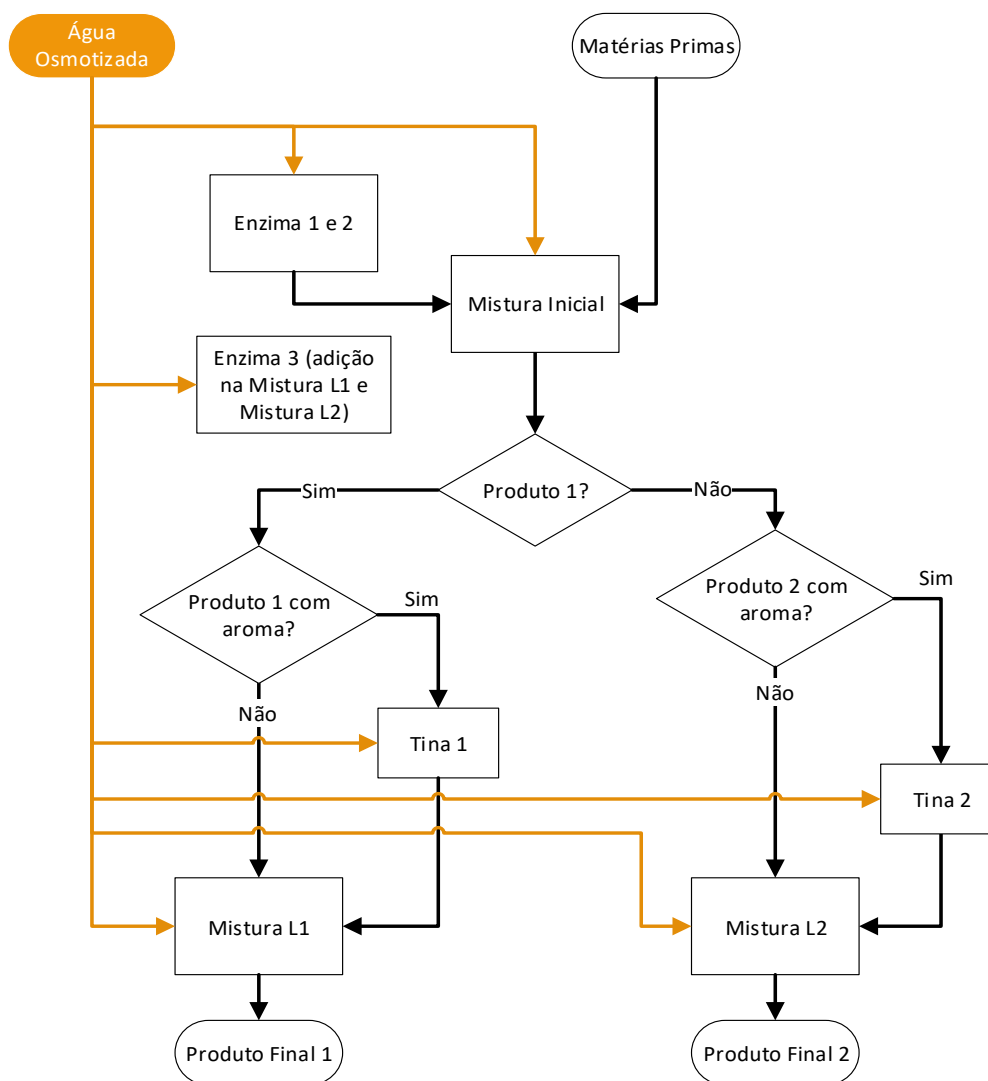


Figura 56 - Diagrama de produção do produto 1 e 2.

Para realizar este estudo, foram usados dois tipos de dados, uns calculados teoricamente, através da receita e do valor produzido para cada processo/produto e outros são dados reais. Deste modo, na Tabela 5 é possível perceber de que forma foram obtidos ambos os valores para cada processo que necessita de água osmotizada na sua constituição.

Tabela 5 – Formas de obtenção de valores teóricos e reais para o consumo de água osmotizada.

Processo	Valores Teóricos	Valores Reais
Mistura Inicial + Enzima 1 + Enzima 2		Valor real de teor de sólidos e obtenção do valor desperdiçado de produto
Enzima 3 Tina 1 + Tina 2	Obtido através da receita e da quantidade de produto fabricado	Impossibilidade de medição; no entanto, o valor é muito baixo, não tendo impacto na análise
Mistura L1		Valor obtido através de pesagem
Mistura L2		Valor obtido através de pesagem

Partindo do explicitado na Tabela 5, para obtenção dos valores teóricos para cada processo, na Figura 57, identificam-se os valores teóricos percentuais da distribuição de água osmotizada pelos diferentes processos para a produção.

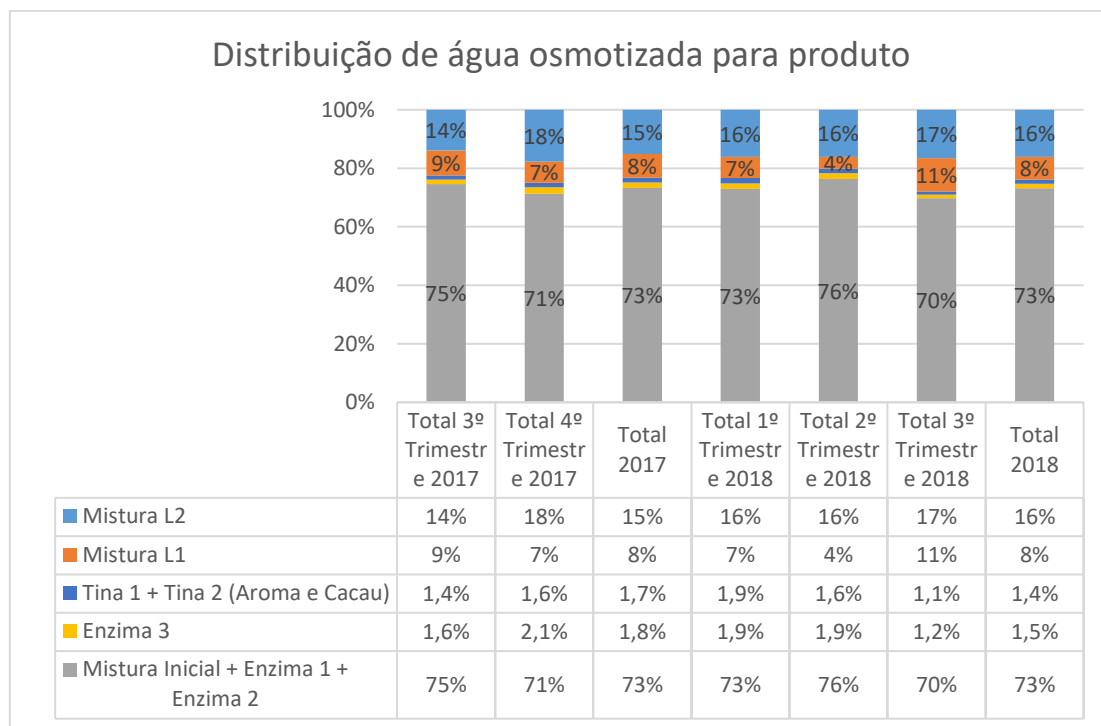


Figura 57 – Distribuição água osmotizada produto (valores teóricos).

Analisando a Figura 57, o maior consumidor é a Mistura Inicial, nesta mistura está incluído o valor de água consumida para diluição da Enzima 1 e 2, e representa cerca de 73% (valor médio) do consumo de água osmotizada no produto. O Misturador da Linha 2 e o Misturador da L1 representam em média cerca de 24% do consumo de água osmotizada para o produto. Por fim, os restantes 3% do consumo são distribuídos pelas Tina 1 e 2 (tina de aroma e cacau) e a Enzima 3, constituintes que necessitam de água osmotizada para diluição.

Comparativamente, numa análise da Figura 58, constata-se que, face aos valores teóricos calculados e explicitados anteriormente na Figura 57, os valores reais apresentam um aumento de cerca de 6% no consumo total de água osmotizada utilizada para inserção no produto.

De referir que os dados reais para os diferentes trimestres foram obtidos com a realização de uma interpolação com dados reais de uma amostra de três meses, não sendo possível validar com 100% de credibilidade estes valores, mas crê-se ser uma boa aproximação.

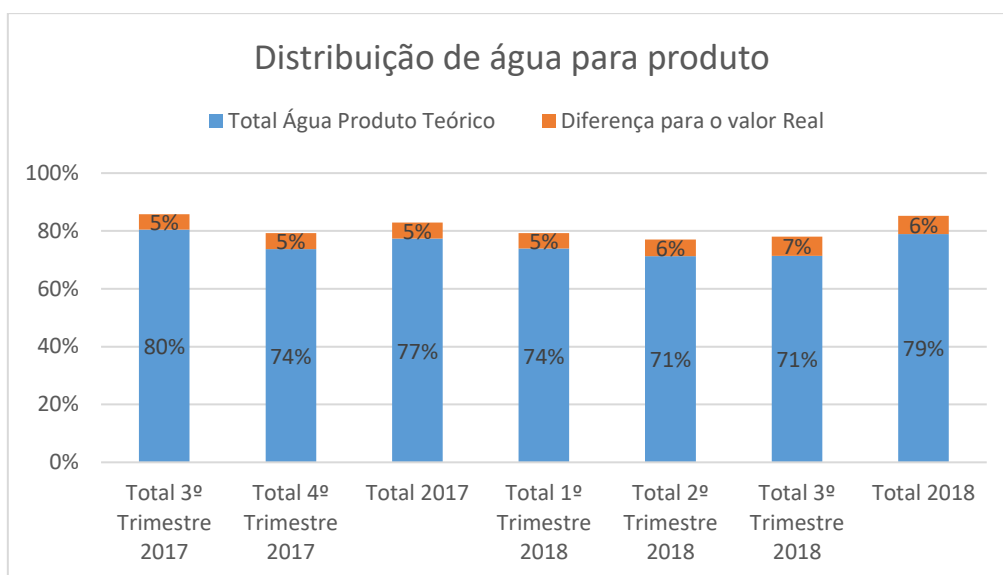


Figura 58 – Distribuição de água para o produto (valores teóricos e reais).

### 3.6.2.2 Água osmotizada utilizada para limpezas

No que diz respeito às limpezas realizadas no Setor 3, a água osmotizada, é utilizada nas seguintes limpezas:

- processo de Mistura Inicial (limpeza da tubaria, empurros, drenos, arranques e pré-aquecimentos);
- tinas Enzima 1,2 e 3;
- processo de Mistura L1 (enxaguamento);
- processo de Mistura L2 (enxaguamento).

Na Tabela 6, estão apresentados o número de limpezas existentes por processo. Para este estudo, similarmente ao estudo anterior, também foram analisados dados teóricos e dados reais, neste caso, para um mês específico e depois através de uma interpolação para um ano completo.

Tabela 6 – Número de limpezas existentes por processo.

Processo	Número de Limpezas	Valores Teóricos (agosto de 2018)	Valores Reais (agosto de 2018)
Mistura Inicial	12	Standard estabelecidos pela fábrica	Valores obtidos por medição
Enzima 1, 2 e 3	6		
Mistura L1	1		
Mistura L2	1		

Na Figura 59, estabelece-se a relação entre os valores teóricos e reais, relativos ao consumo de água osmotizada para limpezas em agosto de 2018.

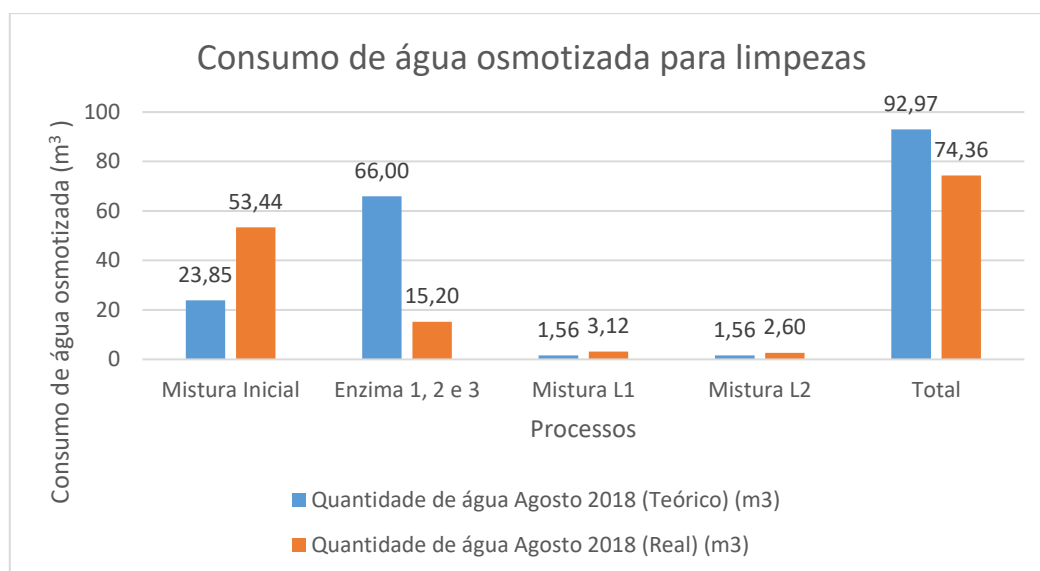


Figura 59 -Consumo de água osmotizada para limpezas em agosto de 2018.

Analisando o gráfico anterior, verifica-se que os valores de água osmotizada para a limpeza da Mistura L1 e da Mistura L2 podem ser desprezados, uma vez que os valores são insignificantes para esta análise. Relativamente aos valores observados para a limpeza da mistura inicial existe um aumento superior a 100% do valor real observado face ao valor teórico estipulado pela fábrica. Neste caso, a empresa terá de averiguar o porquê deste elevado consumo no presente mês.

O consumidor de água osmotizada com maior expressão na limpeza é a Enzima 1,2 e 3. Verifica-se que o valor teórico é muito superior ao valor real observado, havendo uma diminuição de cerca de 400% face ao valor teórico. Neste caso, a empresa deve analisar este cenário de forma a constatar se isto aconteceu por ser um mês de menor produção e daí menor periodicidade de limpezas ou, então, perceber se os valores teóricos estipulados não são demasiado elevados.

No entanto, analisando todo o processo de limpeza, que utiliza água osmotizada, verifica-se que é totalmente viável substituir o uso de água osmotizada por uma água de menor qualidade, nomeadamente água potável e assim reduzir significativamente o impacto económico do consumo de água na fábrica.

Na totalidade, no mês de agosto de 2018, ao contrário do acontecido para o consumo de água osmotizada para produto, houve um decréscimo do consumo de água osmotizada para limpezas face ao consumo previsto teoricamente para o respetivo mês.

Na Figura 60, observa-se o consumo de água osmotizada pelos diversos consumidores finais analisados anteriormente, é de notar que cerca de 30% do consumo de água osmotizada de alimentação ao setor não é contabilizado. Este consumo não contabilizado é exercido pela água utilizada para produto desperdiçado ou então por um consumo maior de água para limpezas, daí a necessidade de um maior controlo da água consumida pelas limpezas.

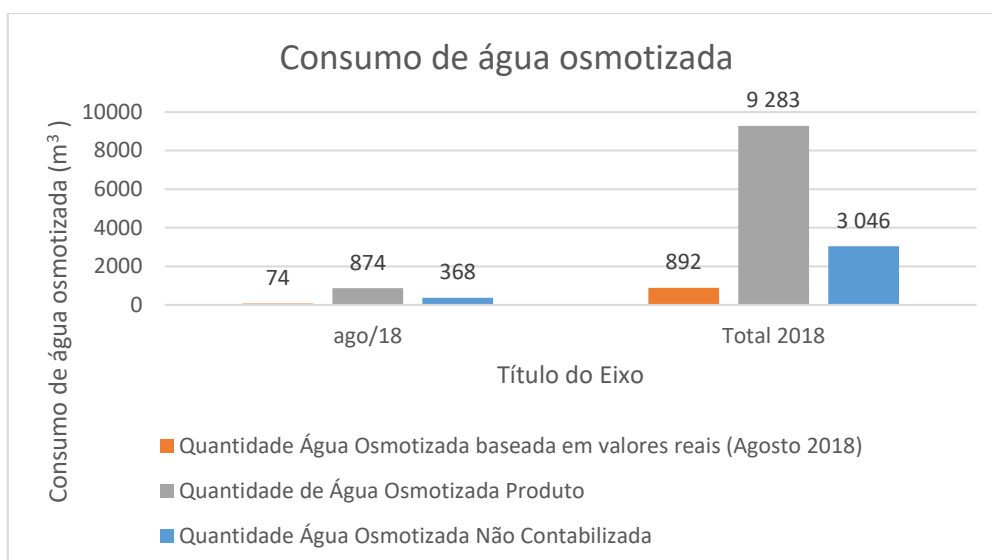


Figura 60 – Consumo de água osmotizada.

### 3.6.3 Regime de contagem de água osmotizada

Relativamente ao tratamento de osmose e toda a sua rede de distribuição pelos diversos setores, visto ter sido instalado muito recentemente, os contadores ainda se encontram sobre o período de calibração. Para além disso, todos eles apresentam uma contabilização automática, na qual os valores são registados numa base de dados existente, não se colocando em causa a fiabilidade deste.

No total existem oito contadores, dois deles estão inseridos no próprio tratamento, apoiando o seu processo de otimização. Dos restantes seis, um deles contabiliza a quantidade de água osmotizada à saída do tratamento, outros quatro dão apoio ao circuito de alimentação de água osmotizada às caldeiras existentes e um outro contabiliza toda a água de recirculação no circuito fechado do Setor 3.

Na Figura 61, identificam-se os diferentes contadores existentes ao longo da tubagem de alimentação de água osmotizada ao Setor 3.

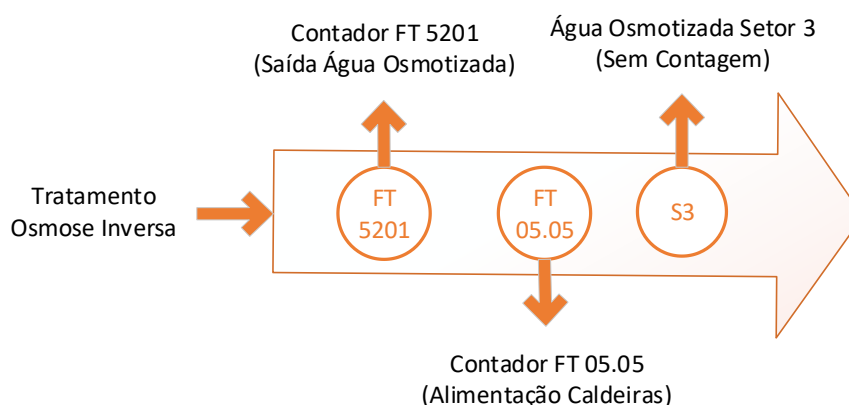


Figura 61 - Distribuição de água osmotizada de alimentação ao Setor 3.

### 3.6.4 Alimentação de água potável

A alimentação de água potável no Setor 3 é efetuada por duas linhas principais distintas uma proveniente da Linha 1 e uma outra proveniente da Linha 2.

De seguida, serão abordadas detalhadamente, as duas linhas de fornecimento de água potável desde a sua origem até à alimentação ao setor.

#### 3.6.4.1 Água potável – linha 1

A rede de distribuição (linha 1) apresenta na sua totalidade catorze contadores, dos quais onze se encontram em funcionamento. Os restantes três não apresentam contabilização, uma vez que estão em zonas inativas.

Dos contadores em funcionamento, verifica-se através da análise da Figura 62 que a contabilização realizada não é correta. Uma vez que 19,9% da água contabilizada pela fábrica é distribuída para a linha 1, esta percentagem é obtida pela leitura do contador de distribuição à saída dos tanques de armazenamento referentes à Linha 1, no entanto, o somatório contabilizado pelos diferentes contadores alojados à entrada dos consumidores finais é maior, correspondendo ao valor de 26,2%. A todos os valores apresentados, está sempre associada uma incerteza da medição que tendo em conta os dados disponíveis e assumindo-os como representativo, é de  $\pm 2\%$ , havendo, ainda a acrescentar e relembrar o facto de a maioria dos contadores não estar calibrada, pelo que o erro aqui referido pode, efetivamente, ser superior ou bem superior.

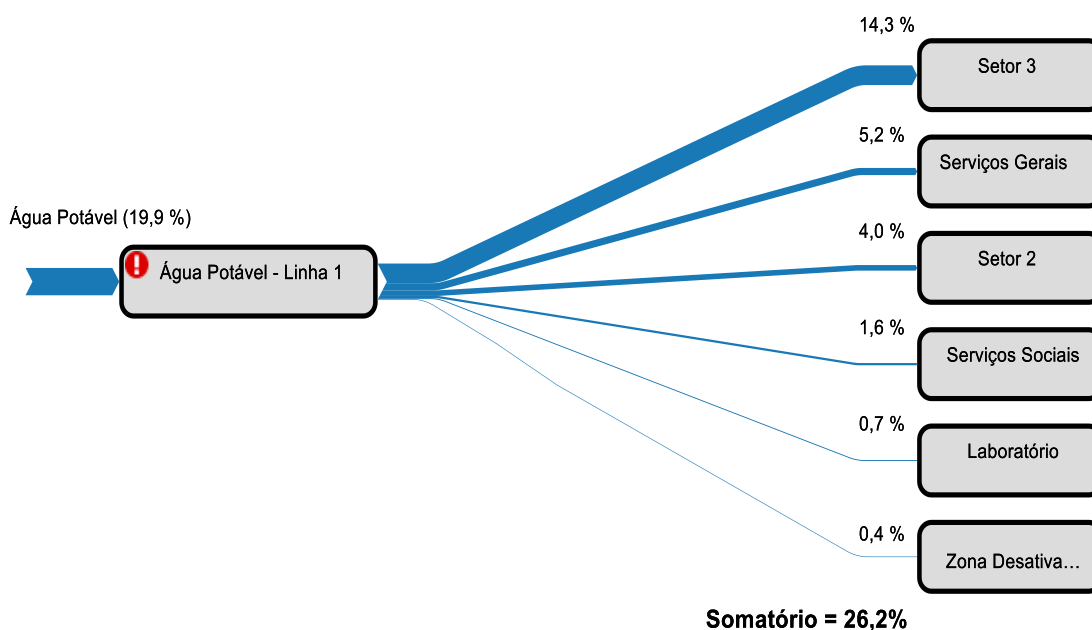


Figura 62 – Diagrama de fluxo de distribuição de água na linha 1.

De forma a despistar esta situação, foi necessário perceber o sentido dos fluxos de água na tubagem principal e nas respetivas picagens, e, ainda, identificar os contadores instalados.

A Figura 63 revela o sentido da distribuição de água pela Linha 1 e os contadores existentes ao longo da tubagem. Cada contador exibido na figura representa uma picagem diferente, com exceção do primeiro contador.

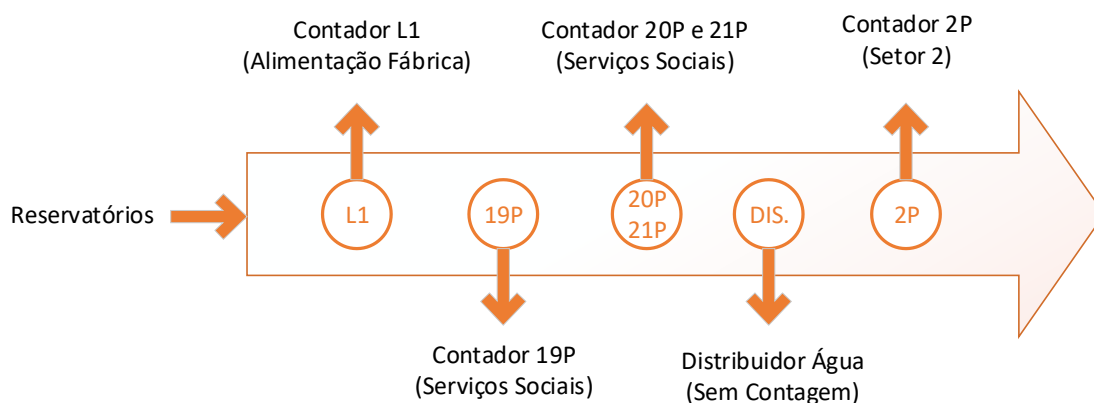


Figura 63 - Distribuição de água potável ao longo da linha 1.

Como é possível verificar, todas as picagens ao longo da rede apresentam uma contagem, à exceção do distribuidor de água apresentado na Figura 64. Este distribuidor é alimentado pela rede de água potável (Linha 1) e apresenta quatro picagens ativas que distribuem água para localizações distintas da fábrica.

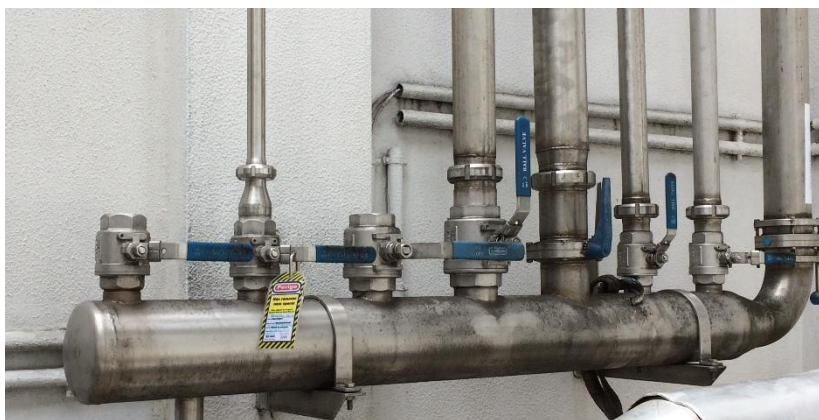


Figura 64 – Distribuidor de água instalado na linha 1.

Na Figura 65 apresenta-se a contagem anual de água pelos diferentes contadores durante o ano de 2018. A quantidade de água que resta corresponde à água que chega ao coletor de distribuição que depois é distribuída pelas quatro linhas ativas. É de realçar que 83% da água consumida pela Linha 1 é utilizada pelos consumidores que estão ligados àquele coletor.

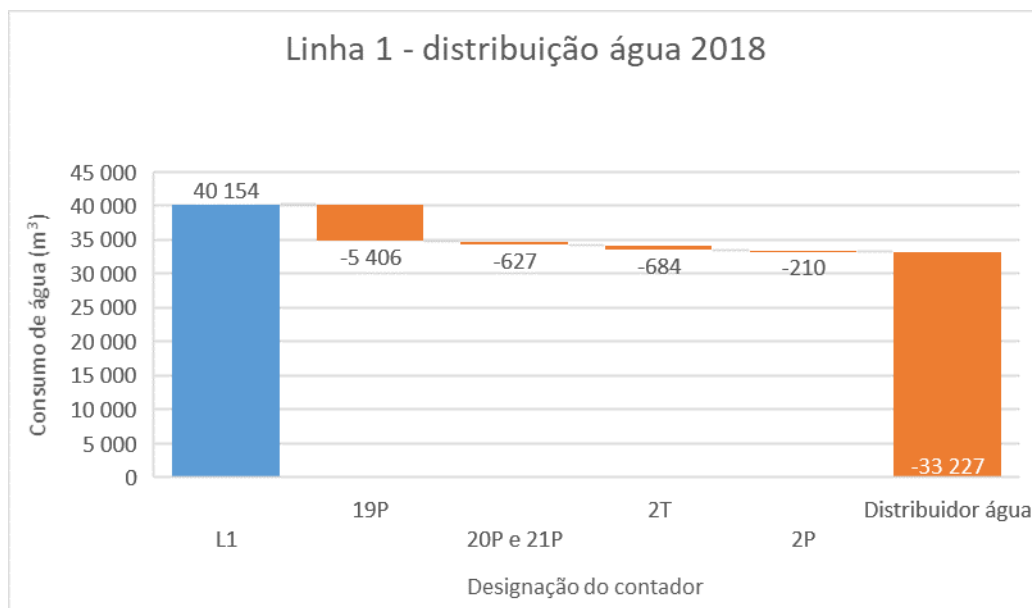


Figura 65 – Distribuição de água na linha 1.

Assim, é necessário proceder a uma análise mais exata dos consumidores ativos do respetivo coletor de distribuição. Na Figura 66, visualiza-se de que forma é realizada a distribuição de água após esta chegar àquele coletor de distribuição de água.

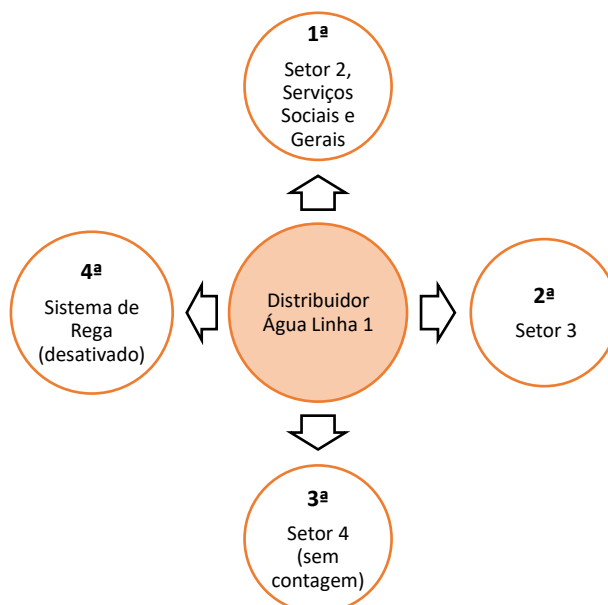


Figura 66 - Distribuição de água pelas linhas ativas do coletor de distribuição da linha 1.

Neste momento, existem quatro distribuições ativas, uma primeira que é a principal alimentação de água potável para o Setor 2, Serviços Sociais e Serviços Gerais e uma segunda rede de distribuição, que é a principal alimentação de água potável para o Setor 3. No que diz respeito às duas restantes distribuições, uma alimenta o Setor 4, no entanto, não existe contabilização desta rede de distribuição e a outra alimenta o sistema de rega, que se encontra desativado. De referir que o valor anual em falta para alimentação do coletor de distribuição de água potável é de 33 277 m<sup>3</sup>.

A Figura 67 apresenta a distribuição de água potável pelo distribuidor, nomeadamente pela 1ª e 2ª rede de distribuição, uma vez que para a 3ª não existe contabilização e a 4ª está desativada. Analisando a figura constata-se que existe uma contagem errada. Para os valores observados em 2018, o coletor de distribuição deveria ser alimentado com um total de 9 266 m<sup>3</sup> a mais de água.

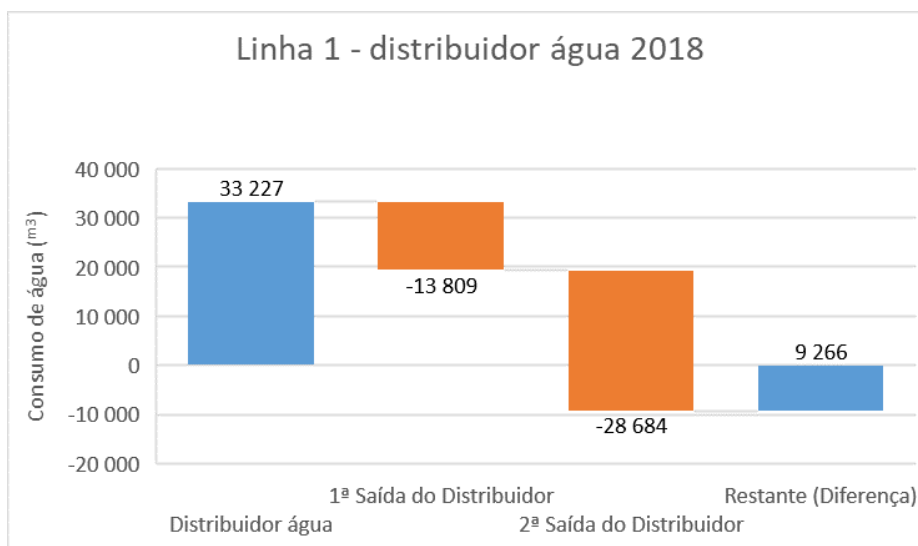


Figura 67 – Distribuição de água pelo coletor de distribuição da linha 1.

Tendo por base a incerteza da medição nos valores verificados de  $\pm 2\%$ , conclui-se que face ao valor de diferença de contagem verificado na Figura 67 (9 266 m<sup>3</sup>), este não terá um impacto significativo no valor final. No entanto, não são de excluir duas causas à diferença encontrada, designadamente, a falta de fiabilidade da maioria dos contadores devido à sua não calibração e/ou, pelo facto da contabilização ser efetuada manualmente, a, eventual, existência da probabilidade de erro humano.

#### 3.6.4.2 Água potável – linha 2

A rede de distribuição, Linha 2, apresenta na sua constituição dezasseis contadores, dos quais catorze se encontram em funcionamento, um desativado e outro avariado.

No diagrama de distribuição de água da Linha 2, presente na Figura 68, mostra-se que o grande consumidor é o tratamento de água descalcificada, que representa cerca de 18,9% do consumo de água da fábrica, os restantes 20% distribuídos pela Linha 2, são redirecionados para diversos setores da fábrica. Contudo é de realçar que 6% do consumo de água não é possível identificar para que setor específico é distribuída.

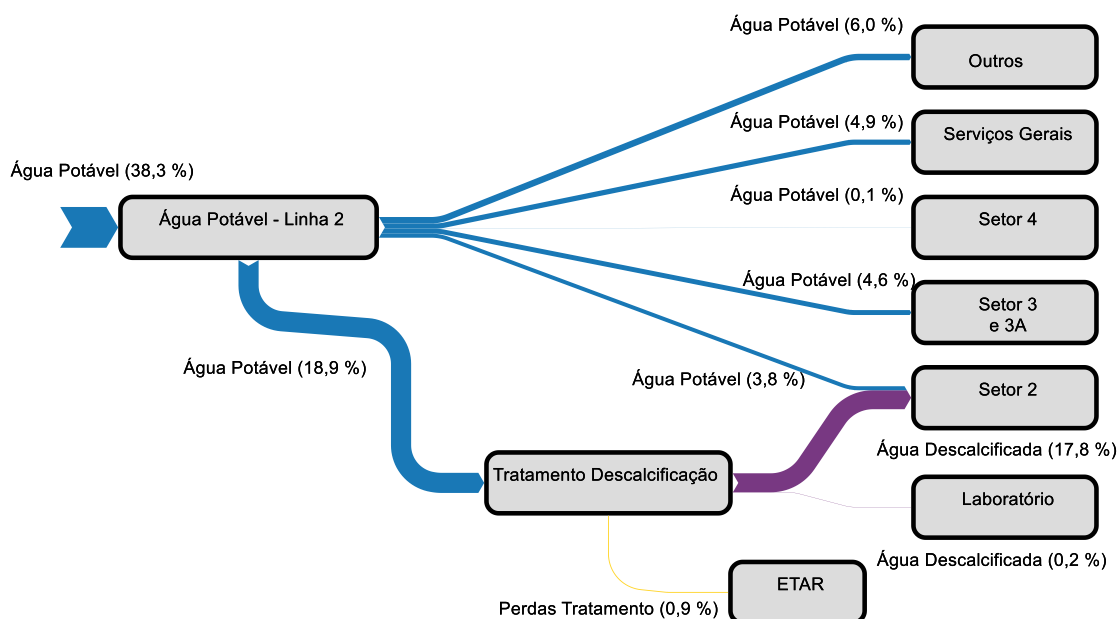


Figura 68 - Diagrama de fluxo de distribuição de água na linha 2.

Como na Linha 1 foram identificados erros de contabilização, realizou-se também um estudo pormenorizado para a Linha 2, para verificação da mesma apesar de o impacto no consumo de água potável do Setor 3 por esta linha ser baixo quando comparado com o da Linha 1. Tal como no estudo anterior, a todos aos valores apresentados, está sempre associada uma incerteza da medição de  $\pm 2\%$ .

Dos catorze contadores em funcionamento referidos anteriormente, sete deles seguem a distribuição indicada na Figura 69, que representa as diversas picagens existentes ao longo da Linha 2. Os restantes sete contadores estão inseridos numa das picagens observadas (contador 6P).

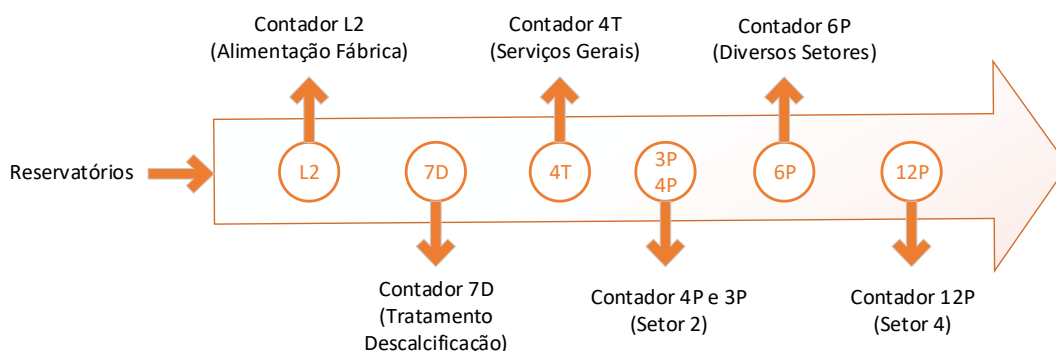


Figura 69 - Distribuição de água potável ao longo da linha 2.

Através da análise da Figura 70, confirma-se que na Linha 2, a picagem correspondente ao contador 7P, que contabiliza o caudal de água de alimentação ao tratamento de descalcificação, é a que apresenta um maior consumo de água na Linha 2, representando 46%, seguindo-se a picagem correspondente ao contador 6P que é o segundo grande consumidor nesta linha, representando 41% do consumo de água na linha 2 e que alimenta vários setores. As picagens correspondentes ao contador 3DE e

3P, apresentam valores nulos, uma vez que alimentam zonas inativas. Por fim, na figura verifica-se um valor restante de - 6 972 m<sup>3</sup>, este representa a diferença entre o valor inicial contabilizado no contador principal da Linha 2 (L2) e a soma de todos os contadores respetivos às picagens existentes nesta linha.

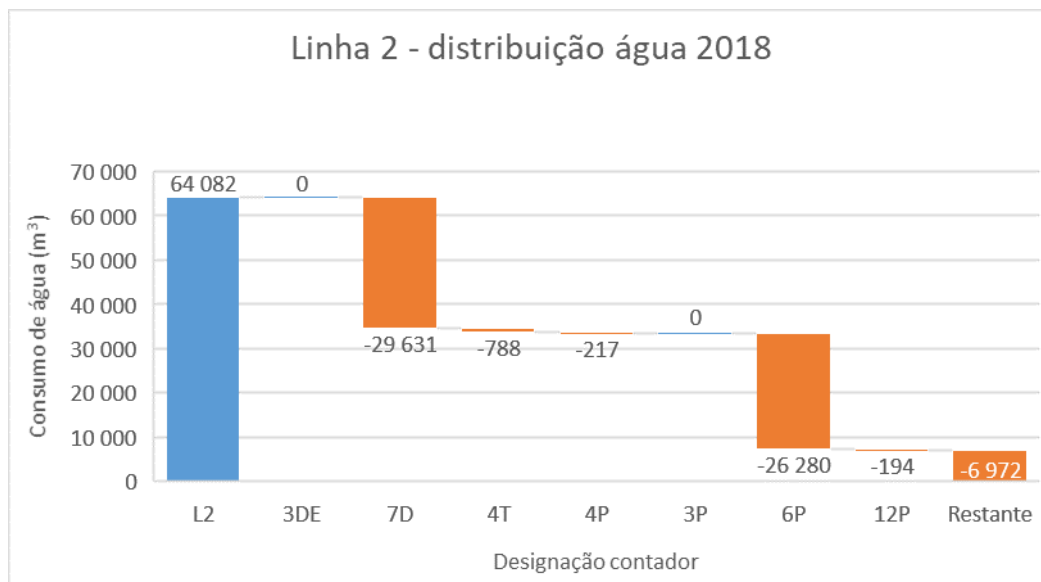


Figura 70 - Distribuição de água na linha 2.

Similarmente ao averiguado na Linha 1, esta diferença de contagem, deve-se a falta de inspeção/ validação dos contadores e ao facto de 86% da contabilização ser registada manualmente.

Uma vez que o objetivo deste estudo é analisar toda a rede de alimentação ao Setor 3, procedeu-se a uma análise da linha secundária de alimentação ao Setor 3, nomeadamente após a contabilização do Contador 6P. Trata-se de um contador generalista, que realiza a contabilização de vários consumidores de setores diferentes, como se visualiza no diagrama de fluxo apresentado na Figura 71. Está ainda localizado numa das ruas principais da fábrica, rua B, e é responsável por cerca de 13% do consumo de água potável pela fábrica.

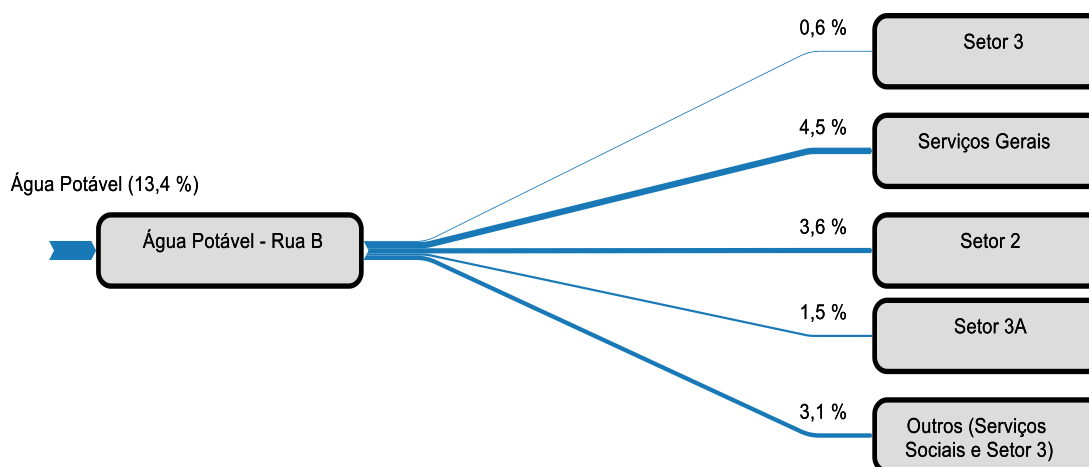


Figura 71 - Diagrama de fluxo de distribuição de água na linha secundária (Rua B).

A rede de distribuição contabilizada pelo contador 6P segue a distribuição apresentada na Figura 72.

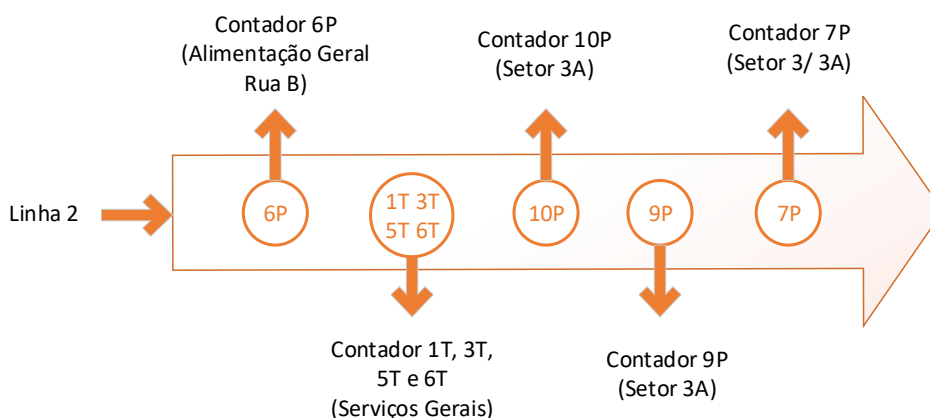


Figura 72 - Distribuição de água potável ao longo da linha secundária instalada na rua B.

Analisando a Figura 73, verifica-se que a o maior consumidor dentro desta linha é o Setor Serviços Sociais, que é contabilizado pelos contadores 1T, 3T, 5T e 6T. O consumo de água pelo Setor 3 é de cerca de 4%, que é contabilizado pelo Contador 7P (existe outro contador, no entanto está avariado). Relativamente ao Contador 7, uma vez que este é de contagem manual e se situa numa zona de difícil visualização por parte do operário, não existe registo de contabilização nos últimos meses e quando existe o valor não é fiável.

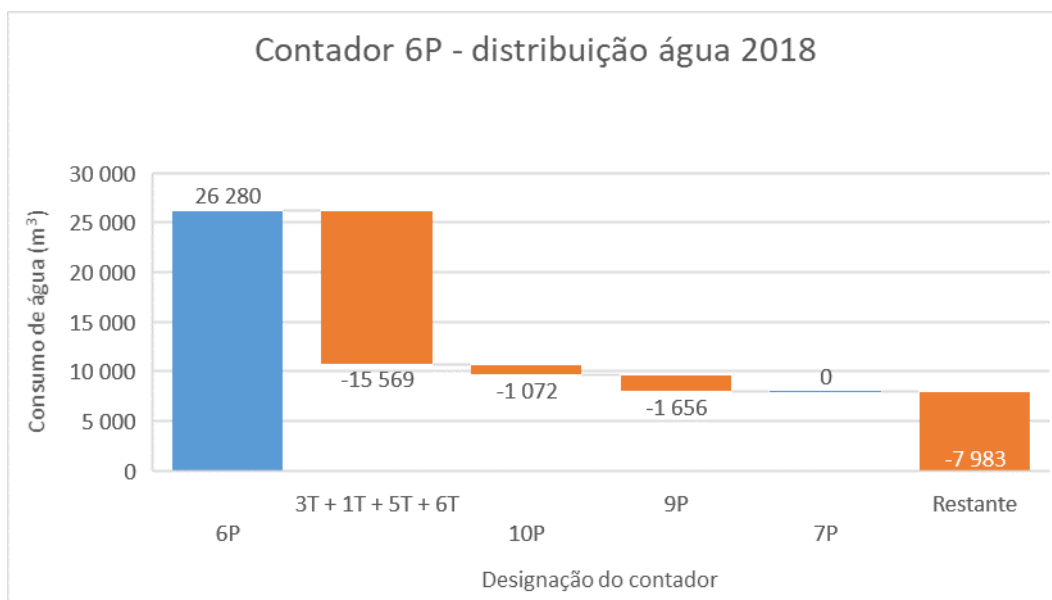


Figura 73 – Distribuição de água pela rua B.

Tal como era de esperar, devido ao elevado número de contadores não calibrados e ao registo manual, ambas as Linhas de água potável principais (Linha 1 e Linha 2) de alimentação apresentaram inúmeras lacunas ao nível da sua contabilização. Perante esta situação, conclui-se que a percentagem de fiabilidade dos contadores e da respetiva contagem é muito reduzida.

### 3.6.5 Distribuição de água potável

Como se descreveu, no subcapítulo anterior, a alimentação de água potável ao Setor 3 é realizada pelas duas linhas principais existentes na fábrica, a Linha 1 e a Linha 2. Os contadores particulares que contabilizam a água proveniente para este setor são o contador 6P e o contador 5P. O contador 6P é um contador generalista, que alimenta diversos setores da fábrica, ao contrário, do contador 5P, que alimenta exclusivamente consumidores finais dentro do Setor 3.

A Figura 74 apresenta o consumo mensal de água para os meses considerados em 2018. Esta análise recaiu apenas em valores de 2018 uma vez que, os valores verificados para o mês de novembro e dezembro de 2017 não eram fiáveis.

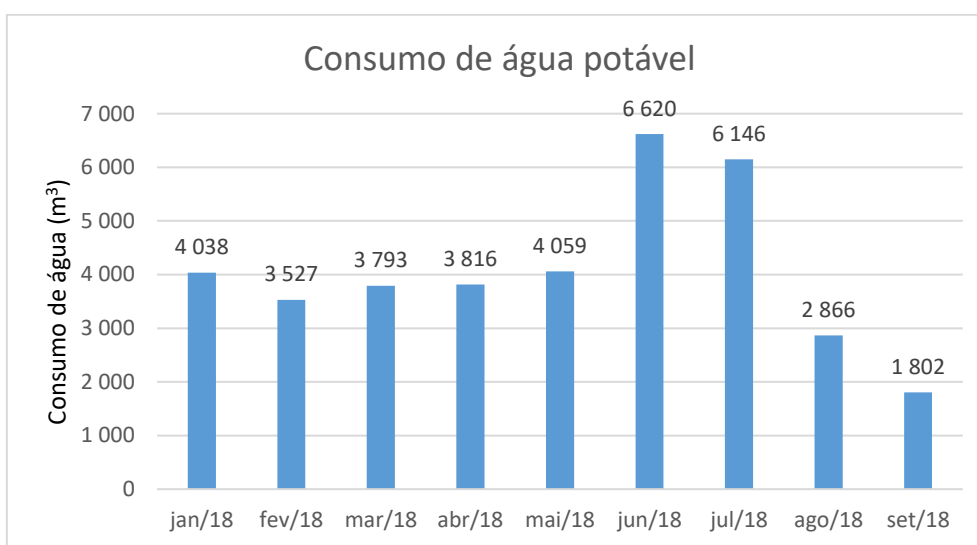


Figura 74 – Consumo de água potável (2018).

Analisando a Figura 74, esta revela que, nos primeiros 5 meses do ano de 2018, o consumo de água manteve-se constante, em média cerca de 3800 m<sup>3</sup> / mês. Contudo, nos meses de junho e julho este valor aumentou para 6000 m<sup>3</sup>, devido à implementação de um processo de produção diferente que se traduziu em alguns problemas, numa fase inicial, levando à origem de diversos arranques e paragens constantes, resultando num consumo de água e de energia excessivo. Todavia, nos meses seguintes, conseguiu-se estabilizar a produção e os respetivos consumos de água.

Na seguinte Figura 75, visualiza-se o *flowsheet* referente às linhas de distribuição de água potável pelo Setor 3, fazendo referência aos diversos consumidores finais e à localização dos seus contadores.

Numa análise pormenorizada, é possível constatar que o contador 5P contabiliza toda a água que alimenta os seguintes consumidores:

- Equipamento 1 (equipamento presente na mistura L1);
- Equipamento 2 (equipamento presente na mistura L2);
- Equipamento 3 (equipamento presente na mistura L2);

- Sala de lavagem de peças;
- Lavagens, limpezas e lavatórios.

Enquanto o contador 6P contabiliza toda a água que alimenta os seguintes consumidores:

- Dentro do Setor 3
  - Torre de refrigeração Setor 3;
  - Estação CIP;
  - Estação de aquecimento de água;
  - Sala mistura inicial;
- Outros setores (Setor 2, Setor 3A, Serviços Gerais e Serviços Sociais).

De toda a rede de distribuição de água potável analisada na Figura 75, existem diversos consumidores finais, estes dividem-se da seguinte forma:

- **Limpezas gerais** – diversos tipos de limpezas aos equipamentos existentes ao longo do processo, todas estas limpezas são alimentadas com água potável diretamente da linha 1;
- **Refrigeração de bombas** – sistema de refrigeração de bombas instaladas no Setor 3 através de água, todas as bombas são alimentadas com água potável proveniente da linha 1 e 2;
- **Estação de limpeza CIP** - o sistema de limpezas CIP destina-se a limpar as superfícies interiores dos equipamentos de processo, tais como, tanques, tubagens, entre outros. Este sistema é alimentado com água potável proveniente da linha 2;
- **Estação de aquecimento de água** – estação existente com a finalidade de aquecer a água que, por sua vez, é reencaminhada para mangueiras de limpezas existentes ao longo do setor, a alimentação é realizada pela linha 2;
- **Torre de refrigeração** – a água de alimentação é fornecida pela linha 2;
- **Outros consumidores** – dentro destes consumidores estão incluídos a sala de lavagem de peças, lavagens no setor, mangueiras, lavatórios, Serviços Sociais, entre outros. Todo o consumo verificado por cada uma destas zonas não é possível aferir uma vez que não existe contabilização particular. A alimentação de água potável é feita por ambas as linhas.



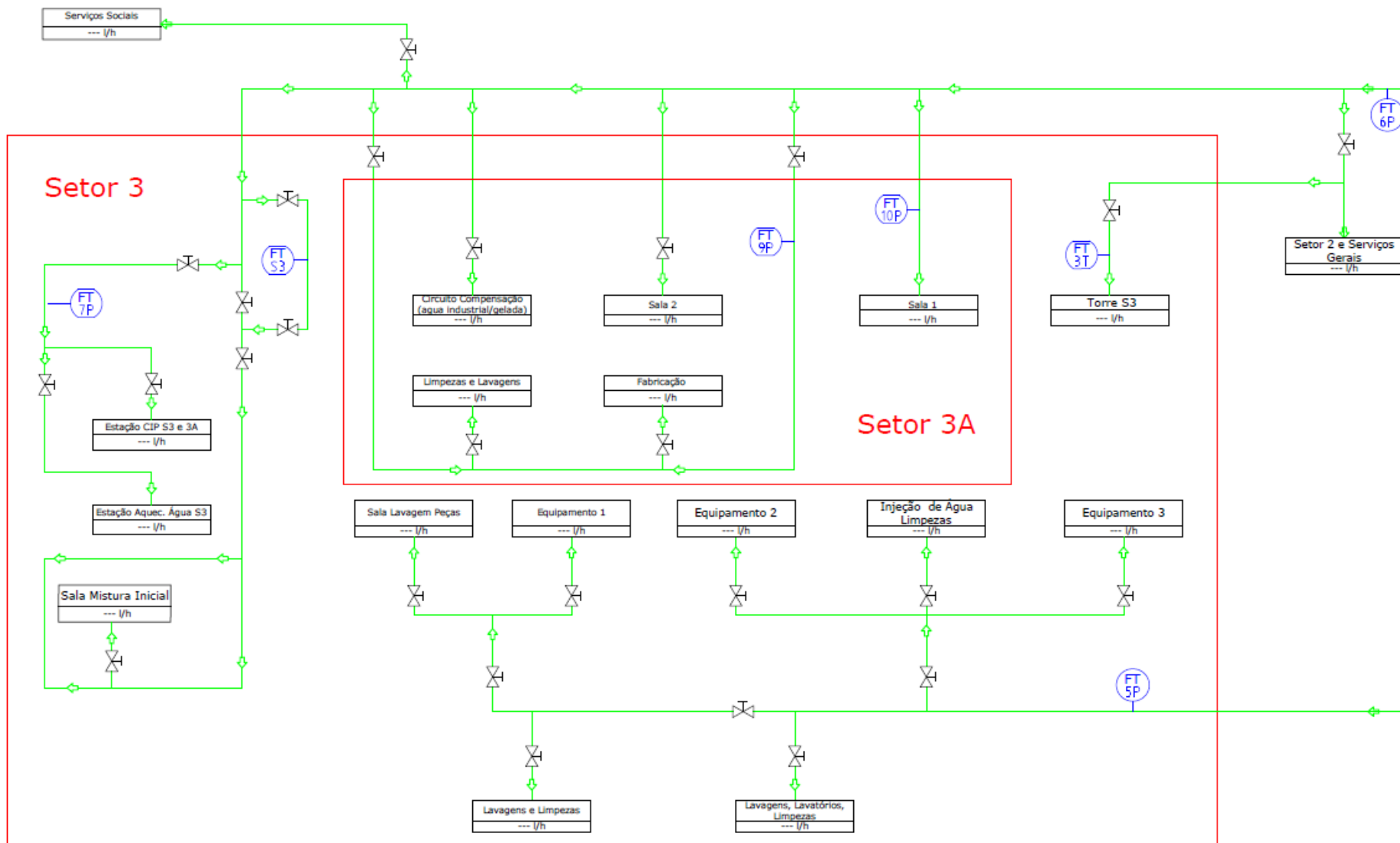


Figura 75 – Diagrama de fluxo da rede de distribuição de água potável.



De modo a compreender a distribuição de água potável pelo Setor 3, correspondendo a um consumo de cerca de 20% relativamente ao total de consumo de água na fábrica, foram recolhidos todos os valores estabelecidos pela fábrica para as diferentes utilizações e os valores requeridos pelos diferentes equipamentos. Para este estudo não foram contabilizados os valores de água de alimentação ao sistema de aquecimento de água e a torre de refrigeração existente no Setor 3.

Na Figura 76 apresenta-se a distribuição de água potável no Setor 3. Cerca de 75%, representa todo o consumo de água potável que não é possível contabilizar, neste caso, todos os lavatórios, mangueira, lavagens, entre outros. No caso das limpezas existentes ao longo do processo o consumo de água potável é de 6%. Os restantes 19% correspondem a água de alimentação ao sistema de refrigeração de bombas existentes neste setor.

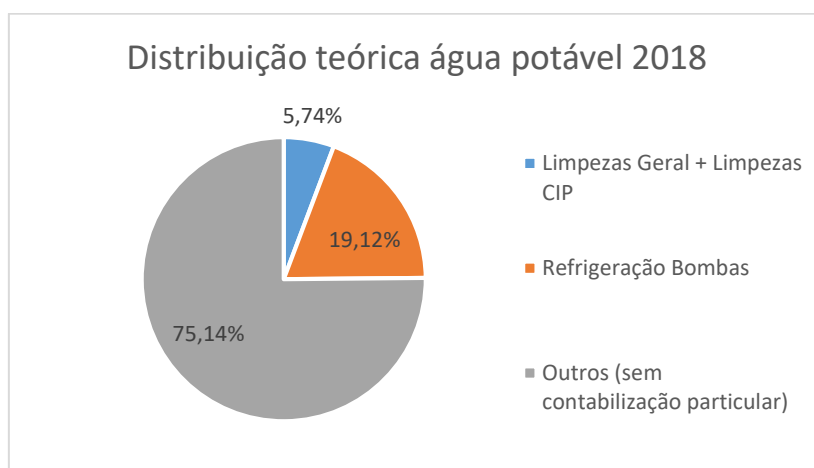


Figura 76 - Distribuição teórica de água potável em 2018 no Setor 3.

De forma a constatar a viabilidade dos valores teóricos evidenciados anteriormente, realizou-se um estudo onde foram comparados os dados teóricos com dados reais, para o mês de agosto de 2018.

Tabela 7 – Respetivos valores teóricos e reais por processo.

Processo	Valores Teóricos	Valores Reais
Limpezas Geral + Limpezas CIP	Standard estabelecidos pela fábrica para cada tipo de limpeza	Valor obtido pela medição do consumo de água no mês de agosto de 2018
Refrigeração de Bombas	Valor mínimo aconselhado pelo fabricante das bombas para o seu correto funcionamento	
Outros	Valor obtido pela subtração do consumo de água do Setor 3 pelo consumo teórico das limpezas e da água utilizada para refrigeração das bombas	Valor obtido pela subtração do consumo de água do Setor 3 pelo consumo teórico das limpezas e da água utilizada para refrigeração das bombas

Na Figura 77 verifica-se a comparação entre valores reais obtidos com os valores teóricos identificados, no que diz respeito a distribuição de água potável.

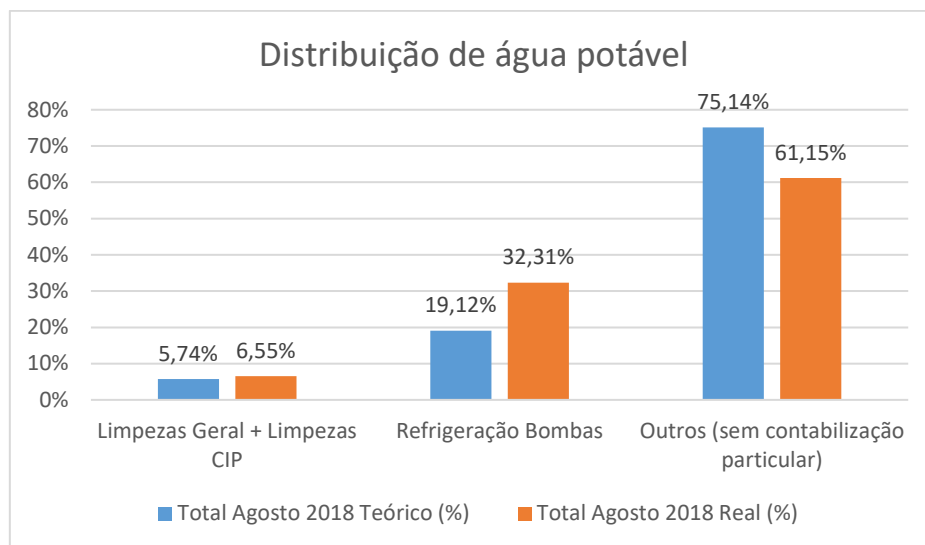


Figura 77 – Distribuição de água potável.

Numa análise da figura, observa-se que o consumo de água para ambas as limpezas (Geral e CIP) e refrigeração de bombas aumentou substancialmente para o mês de 2018, principalmente no consumo de água para refrigeração de bombas, com um aumento de 160%.

Portanto, procedeu-se a um estudo pormenorizado dos diferentes consumidores de água onde existe contabilização particularizada, dos quais se incluem:

- Limpezas Geral;
- Limpezas CIP;
- Refrigeração de bombas.

Todos os demais consumidores cuja contabilização dos consumos de água não foi possível aferir não serão abordados de forma detalhada, nos quais se incluem:

- Áreas dentro dos Serviços Sociais;
- Lavatórios;
- Mangueiras de lavagem;
- Estação de aquecimento de água;
- Entre outros de menor impacto.

### 3.6.5.1 Água potável para limpezas geral e CIP

No Setor 3 existem os seguintes tipos de limpezas com o uso de água potável:

- **Limpezas no processo de Mistura Inicial** - limpezas chaminé e reposição de água no processo de água gelada;
- **Limpezas no processo de Mistura L1** - enxaguamento, limpeza de drenos, arranques, tubaria, chaminés, transporte e aspiração sob-cilindros;
- **Limpezas no processo de Mistura L2** - enxaguamento, limpeza de drenos, arranques, tubaria, chaminés, transporte e aspiração sob cilindro;
- **Limpezas por CIP em todos os processos** - Mistura Inicial, Mistura L1 e Mistura L2.

Na Tabela 8 é possível verificar o número de limpezas associadas aos três principais processos existentes no Setor 3. No total existem 76 tipos de limpezas distintos alimentados por água da rede e 30 provenientes de água de alimentação a estação CIP.

Tabela 8 – Limpezas com o alimentação de água potável existentes no Setor 3.

Processo	Alimentação de água	Número de Limpezas	Valores Teóricos	Valores Reais
Mistura Inicial	Água da rede	3	Standard estabelecidos pela fábrica para cada tipo de limpeza	Valores obtidos por medição no mês de agosto de 2018
	Estação CIP	12		
Mistura L1	Água da rede	33		
	Estação CIP	8		
Mistura L2	Água da rede	40		
	Estação CIP	10		
<b>Total Limpezas</b>	<b>Água da rede</b>	<b>76</b>		
	<b>Estação CIP</b>	<b>30</b>		

A Figura 78 e a Figura 79 apresentam, respetivamente, a comparação de valores teóricos e reais da distribuição do consumo de água para limpezas por CIP e distribuição do consumo de água para limpezas gerais.

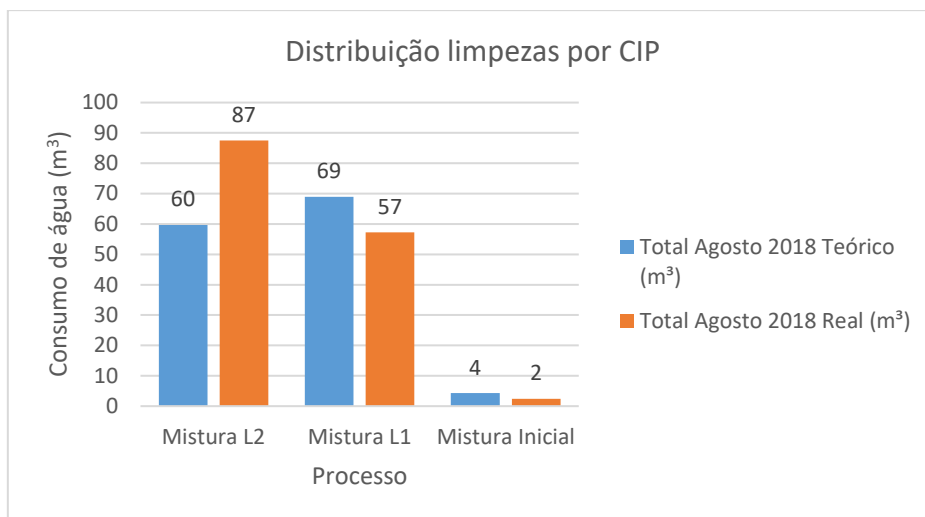


Figura 78 – Distribuição do consumo de água para limpezas por CIP.

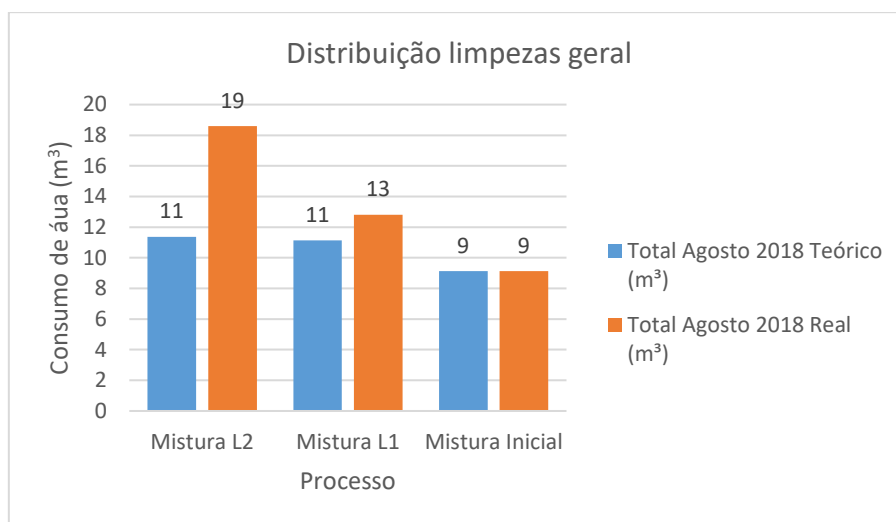


Figura 79 - Distribuição do consumo de água para limpezas geral.

Em ambas as figuras verifica-se uma discrepância sem tendência entre valores observados. Para alguns processos o valor real registado é maior que o valor teórico estipulado, para outros processos conclui-se o contrário.

Assim, apura-se que foi um estudo pouco conclusivo, dado que a amostra é apenas para um mês (agosto de 2018) seria necessário realizar um estudo com uma amostra maior de modo a constatar a viabilidade dos valores reais observados.

### 3.6.5.2 Água potável para refrigeração de bombas

Na Tabela 9 estão identificadas as vinte e cinco bombas existentes para os diferentes processos neste setor. Detalhadamente no Anexo 4 – especificações das bombas no Setor 3, enuncia-se uma lista específica com o modelo e respetivas características de cada bomba.

Tabela 9 - Lista de bombas existentes por processo.

Zona Setor 3	Mistura L2	Mistura L1	Mistura Inicial
Designação da Bomba	1 – Bornemann	11 - Waukesha Cherry-Burrell	19 - MIXER AVA
	2 – Bornemann	12 - Waukesha Cherry-Burrell	20 - Bornemann
	3 - Waukesha Cherry-Burrell	13 - Waukesha Cherry-Burrell	21 - Waukesha Cherry-Burrell
	4 - Waukesha Cherry-Burrell	15 - Waukesha Cherry-Burrell	22 - Waukesha Cherry-Burrell
	5 - Waukesha Cherry-Burrell	15 - Waukesha Cherry-Burrell	23 - Waukesha Cherry-Burrell
	6 - Waukesha Cherry-Burrell	16 - Waukesha Cherry-Burrell	24 - Waukesha Cherry-Burrell
	7 - Waukesha Cherry-Burrell	17 - Waukesha Cherry-Burrell	25 - Waukesha Cherry-Burrell
	8 - Waukesha Cherry-Burrell	18 - Waukesha Cherry-Burrell	-
	9 - Waukesha Cherry-Burrell	-	-
	10 - Waukesha Cherry-Burrell	-	-
<b>Número Total de Bombas</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>7</b>

Neste sector, existem bombas de dois fabricantes distintos, *Waukesha Cherry-Burrell* e *Bornemann*, todas elas apresentam características distintas de acordo com o respetivo modelo. Neste estudo também foi incluído o consumo de água de um misturador existente designado por *MIXER AVA*.

Como mostra a Tabela 10, para a realização deste estudo apenas foram analisados os consumos de água de 22 bombas, de entre as 25 existentes neste sector, no entanto, para as bombas 17 e 18 não foi possível obter uma medição e a bomba 21 não apresenta refrigeração a água.

Tabela 10 – Valores reais e teóricos verificados pelas diferentes bombas.

Processo	Número de Bombas Verificadas	Valores Teóricos	Valores Reais
Mistura Inicial	6	Valor mínimo aconselhado pelo fabricante das bombas para o seu correto funcionamento	Valor obtido pela medição do caudal de água verificado para o mês de agosto de 2018
Mistura L1	6		
Mistura L2	10		

Como é explicitado na Tabela 10 os valores teóricos, foram obtidos pelos fabricantes das respetivas bombas e, os valores *standard* estabelecidos foram os seguintes:

- *Waukesha Cherry-Burrell*: 56,78 l/h;
- *Bornemann*: 30 l/h;
- *Mixer AVA*: 20 l/h.

Os valores *standard* referidos anteriormente estão definidos nas fichas técnicas das respetivas bombas e correspondem às necessidades dos processos envolvidos. Contudo, não foi possível realizar um estudo completo englobando a potência de refrigeração, pressão, bem como as temperaturas de entrada e saída da água. Todavia, foi possível identificar que a temperatura de entrada da água varia entre 16°C e 20°C, dependendo da temperatura ambiente. Relativamente à temperatura de saída do caudal, não foi possível a sua medição.

Na Figura 80, está representado o consumo verificado pelas bombas existentes associadas aos 3 processos principais, todos estes valores foram calculados com base no número de horas de funcionamento em agosto 2018.

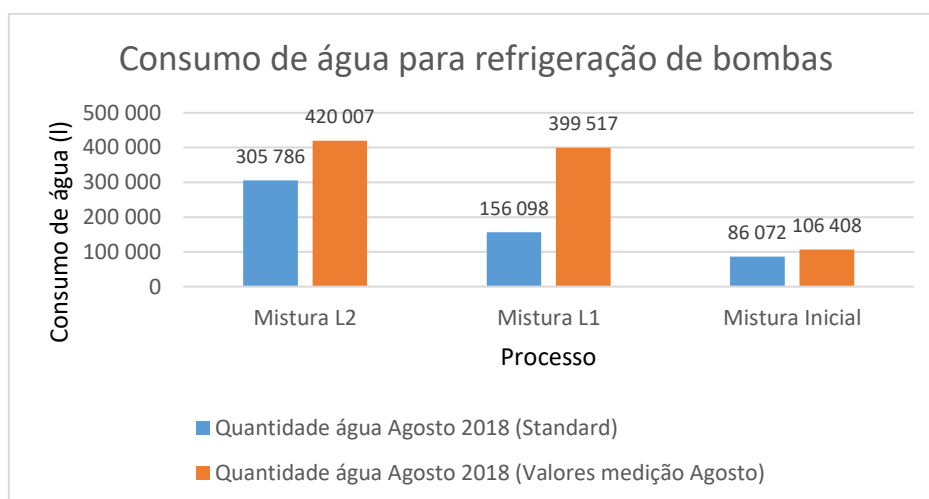


Figura 80 - Consumo de água para refrigeração de bombas.

Como se pode verificar, na Figura 80, em todos os processos existentes no setor, houve um crescimento no consumo de água para o mês de agosto de 2018. É de realçar que para a mistura L1 este crescimento foi 250% superior e no caso da mistura L2 é de 130% superior.

Desta forma, foi necessário realizar um estudo pormenorizado a estes dois processos, Mistura L2 e Mistura L1, uma vez que apresentam um consumo real muito elevado quando comparado com o valor ideal. Para o processo de mistura inicial o mesmo não aconteceu uma vez que o consumo de água tem um impacto bastante reduzido, quando comparado com os outros dois processos.

Para o processo de Mistura L2, como se verifica na Figura 81, 40% das bombas existentes verificam um caudal inferior ao *standard* definido, dos outros 60%, 40%

dessas bombas apresenta um caudal 2 vezes superior ao *standard* estabelecido, os restantes 20% são valores próximos ao valor *standard* ideal, apresentando um caudal superior de 20 l/h face ao valor *standard*.

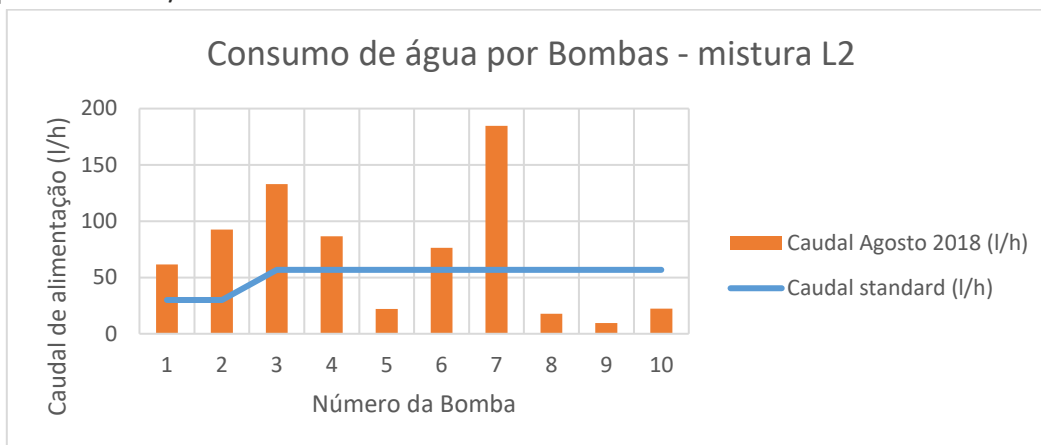


Figura 81 – Consumo de água para refrigeração de bombas no processo de mistura L2.

No caso do processo de Mistura L1, a Figura 82 revela que para as bombas verificadas neste processo, 67% apresentam um valor real de pelo menos 280% superior face ao valor *standard* necessário, enquanto os restantes 33% (2 bombas) apresentam valores abaixo do valor *standard*.

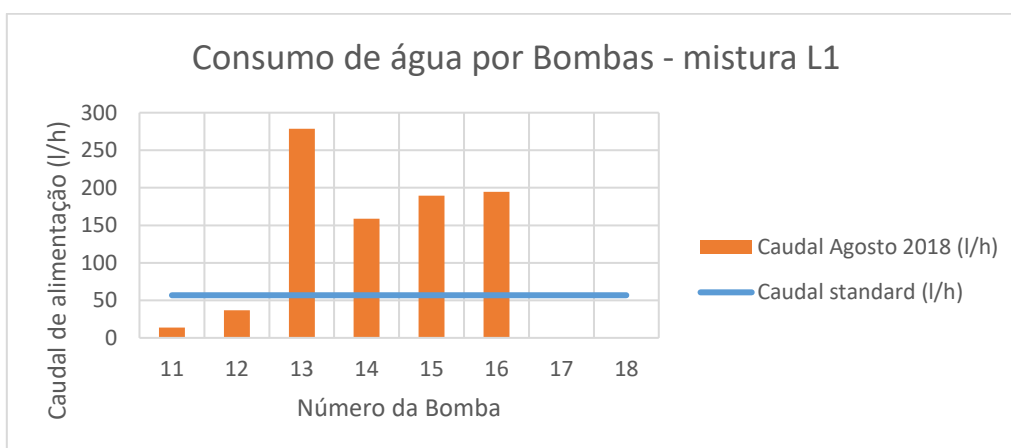


Figura 82 - Consumo de água para refrigeração de bombas no processo de mistura L1.

Com esta análise pormenorizada ao processo de Mistura L2 e L1, conclui-se que em mais de 50% das bombas existentes nestes dois processos, é verificada uma discrepância acentuada entre os valores *standard* recomendados pelo fabricante e os valores executados na realidade. Para além disso, 38% das bombas analisadas apresentam valores muito abaixo dos recomendados, aumentando de forma drástica a probabilidade de danificar a bomba. Em suma, apenas uma bomba das dezasseis analisadas apresenta um valor próximo ao recomendado que é cerca de 76,43 l/h. Porém de forma a validar na totalidade estas conclusões, é necessário realizar um estudo mais detalhado englobando a potência de refrigeração, a pressão e as respetivas temperaturas associadas.

### 3.6.6 Análise dos KPI's

Para concluir a análise detalhada da rede de distribuição de água osmotizada e potável, realizou-se um estudo com o recurso a KPI's (baseados nos KPI's definidos pela empresa) de modo a constatar o porquê do KPI objetivo definido pela empresa para o Setor 3 não estar a ser cumprido. Deste modo, foram definidos 3 KPI's distintos com o objetivo de relacionar os vários tipos de água e a quantidade de produto final. Nas seguintes fórmulas estão explicadas de que forma são calculados.

$$1^{\circ} \text{ KPI} = \frac{\text{Quantidade de água Setor 3 (m}^3\text{)}}{\text{Total de produto produzido Setor 3 (ton)}} \quad (2)$$

$$2^{\circ} \text{ KPI} = \frac{\text{Quantidade de água potável Setor 3 (m}^3\text{)}}{\text{Total de produto produzido Setor 3 (ton)}} \quad (3)$$

$$3^{\circ} \text{ KPI} = \frac{\text{Quantidade de água osmotizada Setor 3 (m}^3\text{)}}{\text{Total de produto produzido Setor 3 (ton)}} \quad (4)$$

Na Figura 83, verifica-se as comparações entre os 3 KPI's definidos e o KPI objetivo estipulado pela empresa para o consumo de água potável no Setor 3.

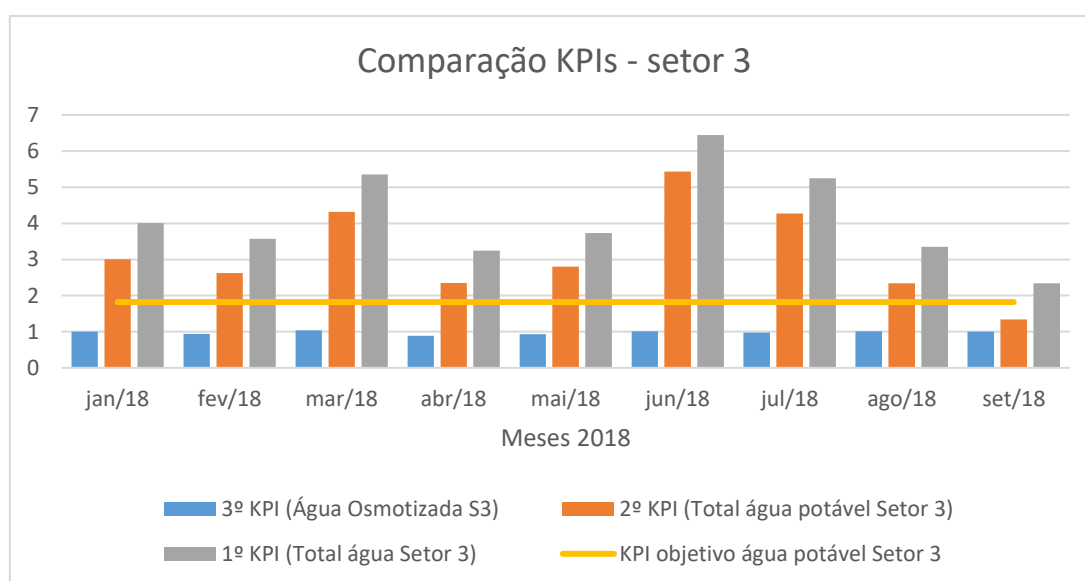


Figura 83 -Comparação de diversos KPI's definidos para o Setor 3.

Relativamente aos valores observados na Figura 83, constata-se que o 1º KPI e o 2º KPI excedem o KPI objetivo de 1,82 estipulado pela fábrica para o consumo de água potável. Isto acontece por várias situações:

- Contabilização errada dos consumos de água;
- Revisão dos processos de modo a garantir que estão otimizados;
- Revisão do valor objetivo estipulado.

### 3.6.7 Distribuição de efluentes

Para concluir o estudo micro ao Setor 3, foi necessário analisar a distribuição de efluentes.

Na Figura 84, visualiza-se a distribuição de efluentes, ao analisar a figura averigua-se que, para o ano de 2018, cerca de 81% da água utilizada tem como destino final a rede de recolha de água residual. Os restantes 18% é água que é perdida por evaporação ao longo do processo de produção. Contudo, identificou-se que uma pequena percentagem dos efluentes que são recolhidos diretamente para a rede de água residual é reutilizada, nomeadamente para as limpezas com CIP, embora não tenha sido possível identificar a percentagem exata.

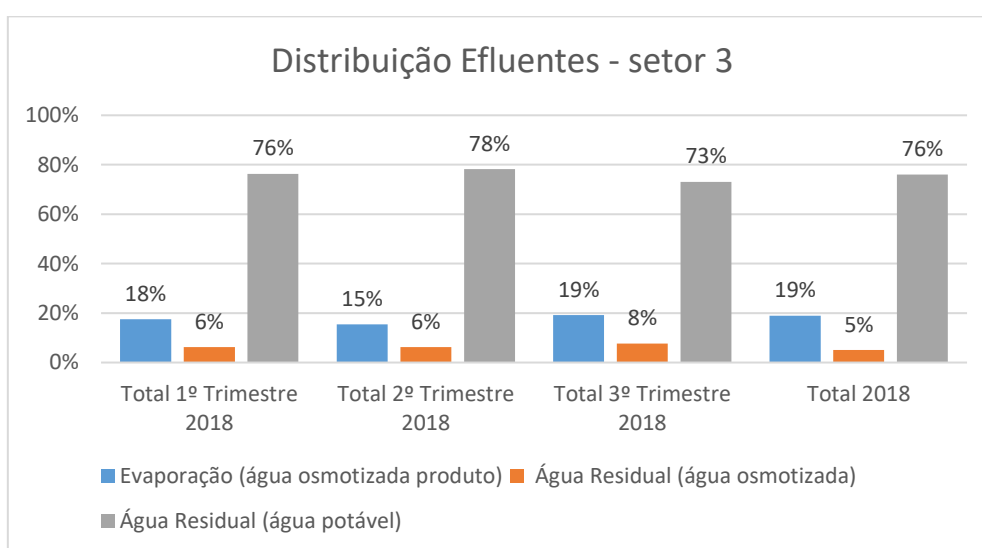


Figura 84 - Distribuição efluentes.

Em suma, depois da definição da zona alvo, aplicou-se a segunda etapa da metodologia DMAIC, *measure*, no Setor 3. De acordo com os requisitos de qualidade, existem dois tipos de água de alimentação neste Setor, água osmotizada e água potável.

A água osmotizada é utilizada para a produção de produto (79%) ou para limpezas (21%) (limpeza de tubagens, limpezas de tinas, entre outros). Dentro da água que é reencaminhada para a produção de produto, esta é distribuída pelos seguintes consumidores Mistura Inicial, Misturador da L1, Tina 1 e 2 e a Enzima 1,2 e 3. No que diz respeito às limpezas com a utilização de água osmotizada, existem na totalidade 20 limpezas, no entanto, analisando todo este processo, verificou-se que é viável substituir o uso de água osmotizada por uma água de menor qualidade, nomeadamente água potável e assim reduzir significativamente o impacto económico do consumo de água na fábrica.

Relativamente ao segundo tipo de água utilizado neste setor, água potável, a alimentação é efetuada pela Linha 1 e 2. Numa análise a estas duas linhas verificou-se que ambas as linhas apresentam um elevado número de contadores não calibrados e

um elevado número de contabilizações com registo manual, daí verificarem-se inúmeros erros ao nível da sua contabilização, o que torna este pouco fiável.

A água potável é distribuída pelos seguintes consumidores: limpezas gerais, refrigeração de bombas, estação de limpeza CIP, estação de aquecimento de água, torre de refrigeração, entre outros. De todos os consumidores existentes a água consumida pelas limpezas existentes, representa cerca de 6% do consumo de água potável, 19% correspondem a água de alimentação ao sistema de refrigeração de bombas existentes neste setor e a restante fatia 75%, representa o consumo que não é possível contabilizar de forma particular. Numa análise minuciosa ao sistema de refrigeração de bombas deste setor, conclui-se que 38% das bombas analisadas apresentam valores muito abaixo dos recomendados pelo fabricante, aumentando de forma drástica a probabilidade de danificar a bomba.

Em última instância, 81% da água utilizada neste setor tem como destino final a rede de distribuição de água residual. Os restantes 18% é água que é perdida por evaporação ao longo do processo de produção.

### 3.7 Síntese dos problemas identificados no Setor 3

Ao longo de todo o estudo micro ao Setor 3, foram identificados diversos problemas. Todos os problemas encontrados e respetivas consequências estão evidenciados na Tabela 11.

Tabela 11 – Problemas e respetivas consequências identificados ao longo do estudo micro no Setor 3.

<b>Problemas Identificados</b>	<b>Consequências</b>
Não existe contabilização particular por processo na rede de distribuição de água osmotizada.	Impossibilidade de controlar e medir o consumo real de água osmotizada utilizada em cada consumidor final.
Utilização de água osmotizada para limpezas.	Impacto económico elevado (água osmotizada apresenta um custo 2 vezes superior face ao custo de água potável).
Contadores não calibrados, erros na contabilização e contabilização manual na rede de água potável.	Baixa fiabilidade nos valores de consumo de água observados na Linha 1 e Linha 2.
Complexidade na rede de alimentação e distribuição de água potável.	Dificuldade aquando da implementação de novas tubagens e no controlo após alterações.
Reduzida contabilização particular por processo na rede de distribuição de água potável.	Dificuldade no controlo do consumo real de água potável utilizada em cada processo.
Não cumprimento dos valores <i>standard</i> estabelecidos para o caudal de alimentação do circuito de refrigeração de bombas.	Caso o valor seja menor que o valor <i>standard</i> danifica a bomba, caso o valor seja elevado face ao valor <i>standard</i> terá impacto económico. Contudo deve ser realizado um estudo às temperaturas de modo a garantir a refrigeração.
Não cumprimento do KPI relativo ao consumo de água potável.	Um maior impacto económico face ao valor estipulado pela fábrica.
Não existe recuperação de água potável e osmotizada.	Impacto ambiental e económico elevado.

### 3.8 Tempestade de Ideias sobre propostas de melhoria

Tendo por base os diversos problemas identificados no Setor 3, e as metodologias de abordagem à resolução de problemas, descritas anteriormente, nomeadamente ciclo PDCA e método DMAIC, nesta secção inicia-se a terceira etapa da metodologia, *analyse*, que se centra em identificar as causas raiz do problema e em priorizar as diversas oportunidades de melhoria.

Na Tabela 12 estão identificadas as diversas propostas de melhorias existentes para os diversos problemas verificados ao longo do Setor 3, baseadas nas seguintes ferramentas: *brainstorming*, Diagrama Ishikawa e princípio 3R's.

Tabela 12 – Propostas de melhoria identificadas para os problemas verificados no Setor 3.

	Rede de Água Osmotizada		Rede de Água Potável		
	Produto	Limpezas	Limpezas	Refrigeração ou Bombas	Outros Consumidores
<b>1ª Oportunidade e de Redução</b>	Otimização da rede de contabilização respetiva	Otimização da rede de contabilização respetiva	Otimização da rede de contabilização respetiva	Otimização da rede de contabilização respetiva	Otimização da rede de contabilização respetiva
		Mudança de qualidade de água (água osmotizada para água potável), redução do custo por m <sup>3</sup> de água		Otimização do caudal de alimentação ao circuito de refrigeração das bombas	Educação dos colaboradores
<b>2ª Oportunidade e de Reutilização</b>		Recuperação de água e utilização no mesmo ou em outros processos	Recuperação de água e utilização no mesmo ou em outros processos	Recuperação de água e utilização no mesmo ou em outros processos	Recuperação de água e utilização no mesmo ou em outros processos
<b>3ª Oportunidade e de Reciclagem</b>		Recuperação de água, e após o seu tratamento, reutilização noutros processos	Recuperação de água, e após o seu tratamento, reutilização noutros processos	Recuperação de água, e após o seu tratamento, reutilização noutros processos	Recuperação de água, e após o seu tratamento, reutilização noutros processos

De modo a proceder-se à escolha e priorização de propostas de melhoria a desenvolver, de acordo com o seu impacto e complexidade de implementação, escolheram-se as seguintes propostas:

- Alteração do uso de água osmotizada em limpezas para água potável;

- Fidelidade no processo de contabilização da rede de distribuição de água potável;
- Otimização do consumo de água utilizado para o circuito de refrigeração de bombas.

### 3.9 Desenvolvimento das propostas

De seguida, através da quarta etapa do método DMAIC, *improve*, apresentar-se-ão as propostas de melhoria escolhidas que permitirão solucionar os problemas enunciados anteriormente.

#### 3.9.1 Substituição da utilização de água osmotizada para limpezas por água potável

Num total de 126 tipos de limpezas diferentes no Setor 3, 106 utilizam água potável (76 provenientes diretamente da rede de distribuição de água potável e 30 provenientes da estação CIP), as restantes 20 usam água osmotizada.

Como referido anteriormente, o uso de água osmotizada para limpezas no Setor 3, é totalmente dispensável, uma vez que não é necessária uma água de elevada qualidade para essa finalidade.

O objetivo desta proposta de melhoria passa pela unificação do uso de água potável na totalidade de limpezas existentes no Setor 3.

Com esta alteração, verifica-se uma redução no custo anual de água de cerca de 1 930 €. Todos os valores apresentados na Figura 85 foram calculados com base nos valores teóricos, enunciados no subcapítulo 3.6.1. (Alimentação de água osmotizada no Setor 3).

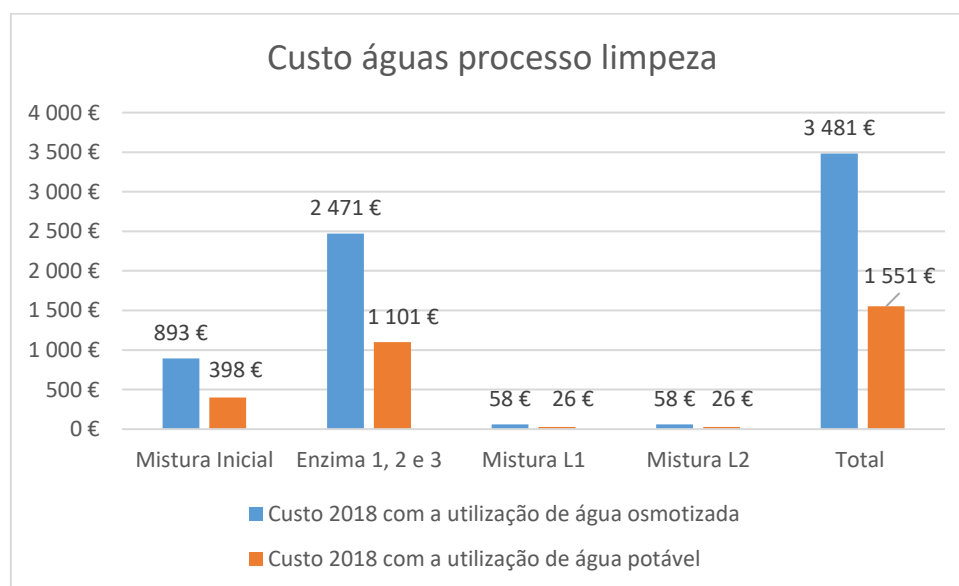


Figura 85 – Custo de água para o processo de limpezas no Setor 3.

De referir, os custos referentes a água perdida ao longo dos tratamentos de ultrafiltração e osmose inversa não foram contabilizados.

Assim sendo, na Figura 86, o diagrama demonstra quais os tratamentos que a água potável ou osmotizada percorrem até alimentação as limpezas no Setor 3.

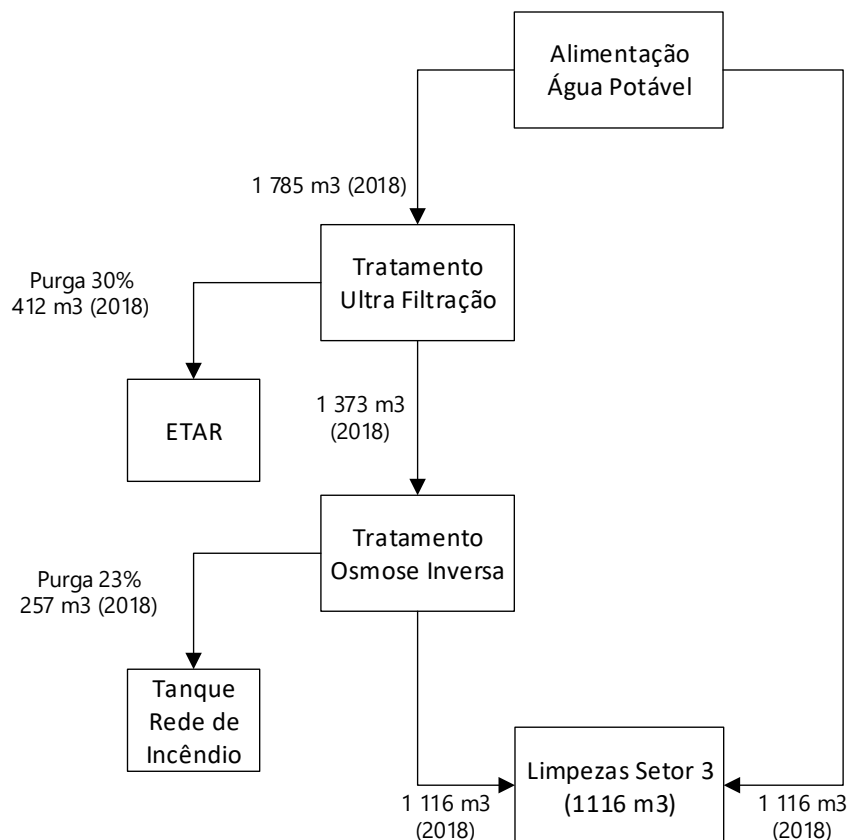


Figura 86 – Diagrama de perdas para alimentação de água potável ou osmotizada as limpezas do Setor 3.

Através de uma análise detalhada ao diagrama anterior, constata-se que para um consumo de água nas limpezas de 1 116 m<sup>3</sup>, caso o processo seja alimentado com água osmotizada, este apresenta um consumo total de água de 1785 m<sup>3</sup>. Este aumento deve-se ao tratamento de osmose inversa e ultrafiltração, uma vez que, ao longo destes tratamentos, são perdidos cerca de 669 m<sup>3</sup>. Contudo, o mesmo não acontece caso as limpezas sejam alimentadas com água potável, pois não existe nenhum processo de tratamento de água entre a saída de água dos reservatórios e alimentação as limpezas no Setor 3.

Na Figura 87 estão apresentados os valores das respetivas poupanças para os diversos casos:

- Sem a contabilização das perdas nos respetivos tratamentos;
- Com a contabilização das perdas no tratamento de Ultrafiltração;
- Com a contabilização das perdas no tratamento de Osmose Inversa;
- Com a contabilização das perdas em ambos os tratamentos.

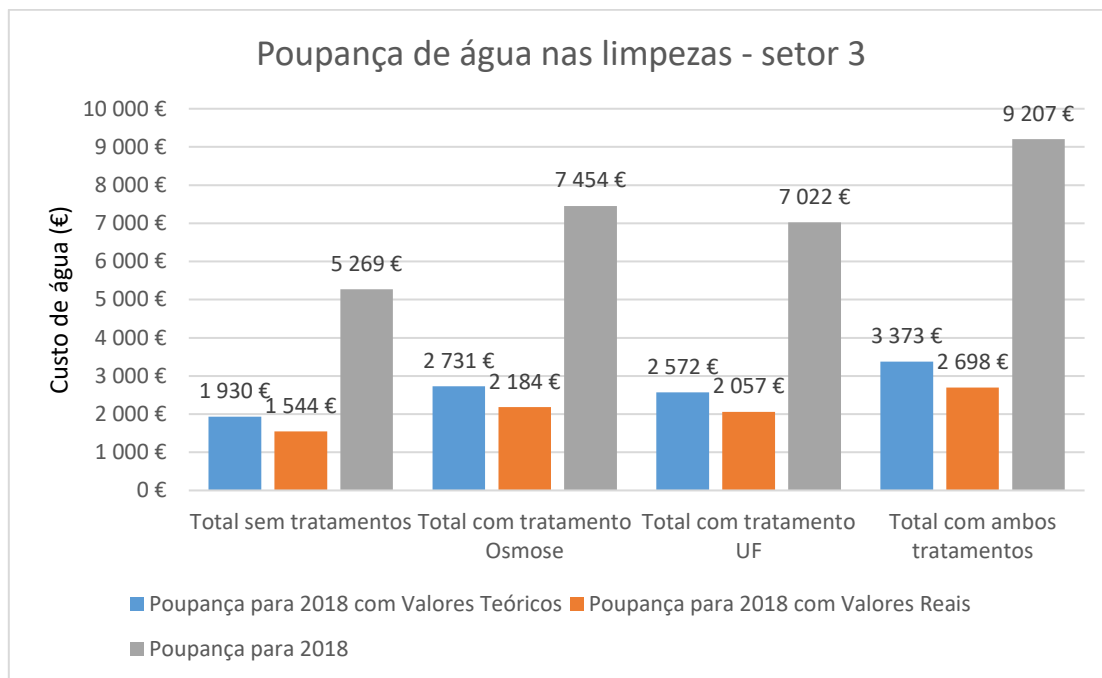


Figura 87 - Poupança de água nas limpezas no Setor 3 em 2018.

Na figura anterior, está identificada a poupança para os diferentes cenários, baseados em valores teóricos e em valores reais, obtidos através de uma interpolação para os valores verificados no mês analisado (agosto de 2018).

A coluna, que diz respeito à “Poupança para 2018”, representa uma poupança muito mais elevada quando comparada com as outras duas colunas. Esta foi calculada através da diferença verificada anteriormente no capítulo 3.6.2.1. (Água osmotizada utilizada para produto) entre a água osmotizada de alimentação ao Setor 3 e a água osmotizada de alimentação para inserção no produto no Setor 3.

Em suma, com a substituição do uso de água osmotizada por água potável em limpezas, dependendo do cenário implementado na fábrica, a poupança verificada pode variar entre 1 544 € e 9 207 € anualmente. Todos os cenários verificados na Figura 87 não incluem na sua poupança anual os custos existentes no tratamento de água residual proveniente das limpezas.

Contudo, para implementação desta proposta de melhoria, seria necessário realizar um estudo final com o respetivo *payback*, após averiguar todos os custos associados à sua implementação, tais como, material de canalização, mão-de-obra, entre outros. E, posteriormente, uma validação da proposta por parte da fábrica.

### 3.9.2 Contabilização da rede de distribuição de água potável no Setor 3

Para se compreender o estado de toda a rede de distribuição de água potável, foi necessário estabelecer o seguinte plano de ação:

1. Análise de toda a rede de distribuição de água;
2. Criação/ atualização de desenhos de *layout* e *flowsheet* de toda a rede em *AutoCAD*. (Anexo 1 – flowsheet);
3. Atualização do *Water mapping* da fábrica (Anexo 3 – water mapping);
4. Listagem de todos os contadores existentes ao longo da rede, as suas características e o período de calibração (Anexo 2 – características dos contadores).

Após a execução do plano de ação, verificou-se que apenas 12% dos contadores em funcionamento na fábrica são fiáveis (Tabela 13). Deste modo, é necessário agir de forma a proceder-se à validação dos contadores inválidos e, assim, aumentar a fiabilidade dos valores medidos.

Tabela 13 – Contadores válidos na rede de distribuição de água.

Tipo de água	Contadores em funcionamento	Contadores calibrados	Percentagem de Fiabilidade
Água Osmotizada	8	3	38%
Água Descalcificada	8	0	0%
Água Potável	27	2	7%
Total	43	5	12%

Em complemento, na Tabela 14, verifica-se que dos contadores em funcionamento, doze apresentam uma medição automática, ou seja, todos os valores medidos pelos contadores são recolhidos automaticamente e guardados numa base de dados. Contudo, para a maior parte dos contadores, em 31 deles, a medição ainda é registada manualmente feita por um colaborador da fábrica.

Tabela 14 - Tipo de contabilização nos contadores existentes na rede de distribuição de água.

Tipo de água	Contadores em funcionamento	Contabilização Manual	Contabilização Automática
Água Osmotizada	8	0	8
Água Descalcificada	8	8	0
Água Potável	27	23	4
Total	43	31	12

Numa análise ao desenho *flowsheet* da rede de distribuição de água, apresentado no Anexo 1 – flowsheet, verifica-se que com a distribuição atual dos contadores pelas diferentes linhas, não é possível contabilizar de forma particularizada certas zonas de grande impacto na fábrica. Assim, realizou-se um outro *flowsheet*, apresentado no Anexo 5 – flowsheet atualizado, que revela a reestruturação de alguns

contadores existentes e a introdução de outros, de forma a combater o problema verificado, por forma a possibilitar a contabilização de todas as zonas de maior impacto na fábrica de forma particularizada.

Segundo Peter Drucker, *“If you can’t measure it, you can’t manage it”*, esta frase retrata a situação atual que a fábrica se encontra, ou seja, a partir do momento que não é possível medir o consumo de água pelas diferentes áreas da fábrica de forma particularizada e os valores observados não são fiáveis, é muito complicado tomar uma posição de gestão e de melhoria dos processos.

Através do fluxograma apresentado Figura 88, pode avaliar-se a situação encontrada pelos diferentes contadores, que permitirão a implementação das diferentes propostas de melhoria associadas a cada problema.

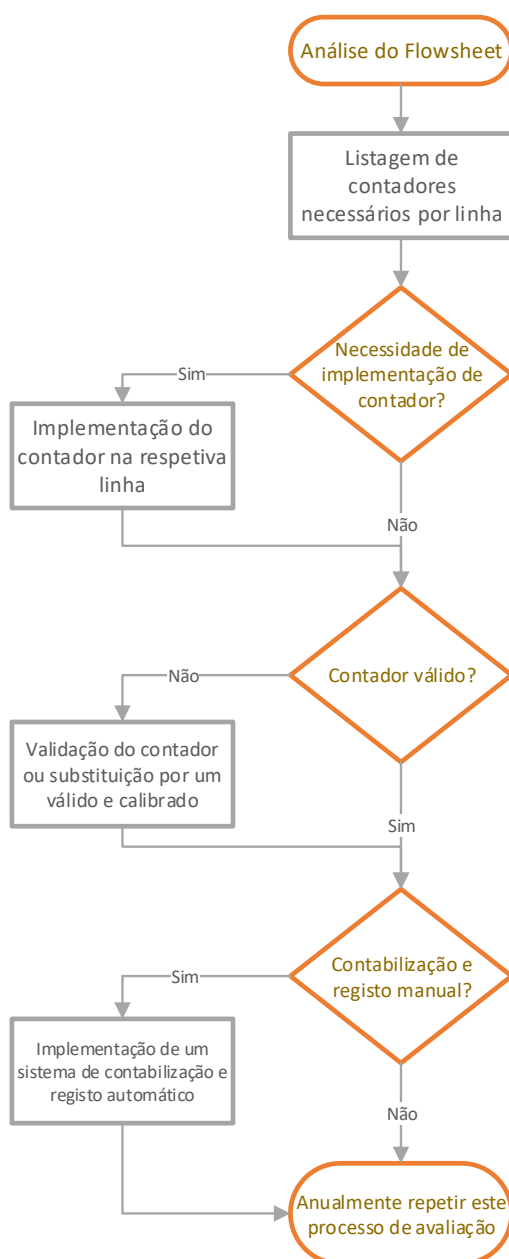


Figura 88 – Diagrama de avaliação dos problemas identificados anteriormente nos contadores.

Numa análise pormenorizada ao fluxograma anterior, inicialmente analisa-se o *flowsheet*, apresentado no Anexo 5 – *flowsheet* atualizado, onde se observa a reorganização de alguns contadores existentes e a introdução de outros, de forma a ser possível contabilizar todas as zonas de maior impacto na fábrica de forma particularizada. Posteriormente, procedeu-se à realização de uma listagem com todas as especificações dos contadores existentes, Anexo 2 – características dos contadores. E, por fim, existiu a necessidade de avaliar a necessidade de implementação do contador, se o contador é válido e se existe contabilização e qual a sua monitorização.

Este processo de decisão existe de forma a combater os problemas verificados anteriormente, nomeadamente a falta de contabilização particular e a fiabilidade nos valores observados. No final, dependendo da resposta a cada processo de decisão, poderá ser necessário adotar certas medidas e, assim, combater os problemas encontrados. Em suma, nos próximos pontos verificam-se os planos de ação para os diferentes processos de decisão:

- Caso exista a necessidade de implementação de um contador, deve-se proceder à implementação de um contador novo ou à reutilização de um contador inativo na fábrica, com respetiva calibração;
- Caso o contador não seja válido, é necessário proceder-se a uma respetiva calibração. Esta certificação deve ser executada por uma entidade certificadora ou então uma verificação interna executada pela própria fábrica. No caso da validação ser realizada pela fábrica deverá ser utilizado um equipamento de medição específico de forma a constatar a fiabilidade do contador, para ambos os casos, deverá ser realizado um estudo económico, e assim constatar qual a melhor proposta. Após esta verificação, se o contador não estiver nas condições mínimas exigidas de trabalho, deve proceder-se a reparação ou substituição do mesmo;
- Caso a medição do contador seja manual, é necessário a instalação de um sistema automático de medição, que permita um registo dos valores numa base de dados de forma informatizada.

Durante todo o processo de atualização dos desenhos da fábrica, constatou-se que a fábrica sofre atualizações diárias às diferentes redes de distribuição de água, vapor, ar comprimido, entre outras. Contudo, essas mesmas alterações em muitos dos casos não são transmitidas ao desenhador, com isto resulta numa falta de controlo e desatualização dos desenhos da fábrica, que são essenciais para a implementação de novos projetos e avaliação de propostas de melhorias.

### 3.9.3 Otimização da água de alimentação para refrigeração de bombas

Neste momento o circuito de refrigeração de bombas é alimentado através da rede de distribuição de água potável existente no Setor 3, de seguida a água percorre o circuito de refrigeração da respetiva bomba sempre que esta se encontra em funcionamento, por fim toda a água é purgada diretamente para a rede de água residual e posteriormente reencaminhada para a ETAR, como se verifica através da análise da Figura 89.

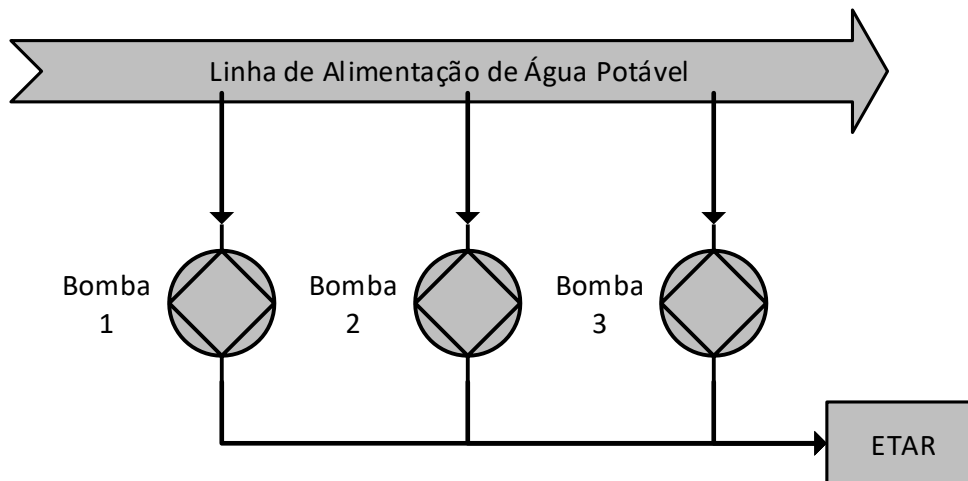


Figura 89 – Situação atual de alimentação de água ao sistema de refrigeração das bombas no Setor 3.

Ao longo do estudo micro ao Setor 3, foram identificados diversos problemas no que diz respeito ao consumo e à distribuição de água pelo sistema de refrigeração de bombas, tais como:

- Discrepância elevada entre os valores *standard* recomendados pelo fabricante para o caudal de refrigeração de bombas e os valores executados na realidade;
- Algumas bombas apresentam valores muito abaixo dos valores *standard* recomendados, aumentando de forma drástica a probabilidade de danificar a bomba;
- Inexistência de recuperação da água rejeitada pelo circuito de refrigeração e por sua vez a sua reutilização, mesmo esta sendo uma água de média qualidade.

Seguindo o princípio dos 3R's e analisando os problemas identificados, na Figura 90, comprova-se que apenas o terceiro processo está a ser cumprido, ou seja, a reciclagem.

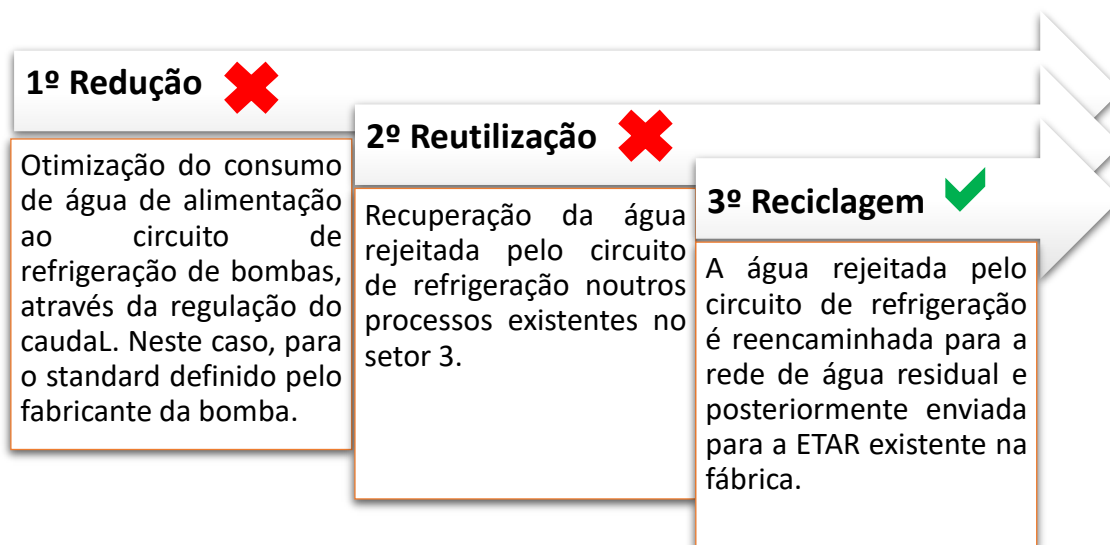


Figura 90 – Princípio dos 3R's associado a otimização água de alimentação para a refrigeração de bombas.

Portanto, neste capítulo será abordado o primeiro princípio que não é cumprido, ou seja, um estudo para a otimização do processo no que diz respeito a redução do caudal de alimentação.

### 3.9.3.1 Redução do consumo de água para refrigeração de bombas

Na Tabela 15, estão enunciados os caudais de alimentação de água das respetivas bombas (Anexo 4 – especificações das bombas no Setor 3). Este estudo contempla medições obtidas em agosto de 2018 e novembro de 2018 (foram realizadas duas medições entre meses com alguma distância temporal com o objetivo de constatar a variabilidade nos valores observados). É de salientar que neste estudo, apenas foi possível realizar as medições de caudal, uma vez que não existiam as condições necessárias para obter os valores de temperatura (de saída e valores específicos de temperatura de entrada), bem como os de potência de refrigeração e pressão. Posto isto, caso se proceda à implementação do mesmo, é necessário realizar um estudo detalhado, tendo em conta estas variáveis.

Ao longo da tabela, as células estão coloridas com duas cores diferentes, verde ou laranja, todas as células que estão coloridas a verde indicam que o valor observado cumpre com o valor *standard* indicado pelo fabricante da respetiva bomba. Nas células coloridas a laranja, o mesmo não acontece, ou seja, o valor *standard* aconselhado pelo fabricante da bomba não é cumprido. Os valores *standard* indicados pelos fabricantes são os seguintes:

- *Waukesha Cherry-Burrell*: 56,78 l/h;
- *Bornemann*: 30 l/h;
- *Mixer AVA*: 20 l/h.

Tabela 15 - Caudal de alimentação ao circuito de refrigeração de bombas.

Designação da bomba	Caudal Agosto 2018 (l/h)	Caudal Novembro 2018 (l/h)
1	61,57	101,76
2	92,64	117,09
3	132,98	117,15
4	86,54	66,69
5	22,14	62,21
6	76,43	195,00
7	184,62	146,15
8	17,66	121,54
9	9,39	45,24
10	22,36	9,88
11	13,95	9,16
12	36,66	9,38
13	278,57	17,56
14	158,60	176,97
15	189,52	6,33
16	194,64	5,98
17	impossibilidade	impossibilidade
18	impossibilidade	impossibilidade
19	sem contagem	20,31
20	sem contagem	24,03
21	sem refrigeração a água	sem refrigeração a água
22	21,51	281,40
23	98,36	10,48
24	sem contagem	25,17
25	sem contagem	153,21

Através da análise Tabela 15, comprova-se a variabilidade dos valores entre as medições recolhidas em agosto e novembro de 2018. Esta variabilidade deve-se ao facto de os medidores de fluxo (Figura 91), instalados no tubo de purga da água proveniente do circuito de refrigeração da bomba, estarem em mau estado de funcionamento. O objetivo destes é medir o caudal e avisar a supervisão, caso o caudal definido no aparelho não esteja a ser cumprido.



Figura 91 -Tipo de medidores de fluxo instalados na fábrica

O primeiro plano de ação desta proposta de melhoria passa pela substituição ou reparação dos medidores de fluxo. Contudo, é necessário analisar todos os dispositivos de forma a identificar quantos se encontram avariados.

Após esta implementação o próximo passo, passa pela retificação dos caudais analisados que não estão a ser cumpridos de acordo com o standard definido, e seguidamente, a redução para o valor standard de todos os caudais que apresentam um valor superior ao necessário.

De forma a realizar um estudo com o propósito de calcular o impacto económico após a implementação desta proposta, foram definidos os seguintes cenários:

- **Cenário 1** - cenário obtido através da utilização dos valores recolhidos nas medições para agosto 2018;
- **Cenário 2** - cenário obtido através da utilização dos valores recolhidos nas medições para novembro 2018;
- **Cenário Ideal** - cenário obtido através da utilização dos valores standard aconselhados pelo fabricante;
- **Cenário Ideal 2** - cenário obtido através da utilização dos valores standard aconselhados pelo fabricante, no entanto para as bombas *Waukesha Cherry-Burrell* foi adotado um valor diferente, neste caso de 30 l/h, o mesmo valor aconselhado para as bombas *Bornemann*, este valor foi estabelecido após uma audição dos colaboradores.

Na Tabela 16, estão identificados os valores de caudal standard definidos para obtenção dos consumos no cenário ideal e no cenário ideal 2.

Tabela 16 – Especificações dos fabricantes das bombas.

Fabricante da Bomba	Número de bombas existentes	Cenário Ideal	Cenário Ideal 2
Waukesha Cherry-Burrell	21	56,78 l/h	30 l/h
Bornemann	3	30 l/h	30 l/h
Mixer AVA	1	20 l/h	20 l/h

A Figura 92 permite analisar os consumos de água para os diferentes processos existentes no setor, concluindo-se que os consumos praticados pelo cenário 1 e 2 são muito díspares, quando comparados com os cenários ideais estabelecidos. É possível afirmar que, por exemplo, no processo mistura L1, existe uma redução de cerca de 700% entre os valores verificados no cenário 1 para o cenário ideal 2.

Este estudo foi realizado para o ano de 2017 uma vez que para o ano de 2018 não era possível averiguar o número total de horas de produção num ano.

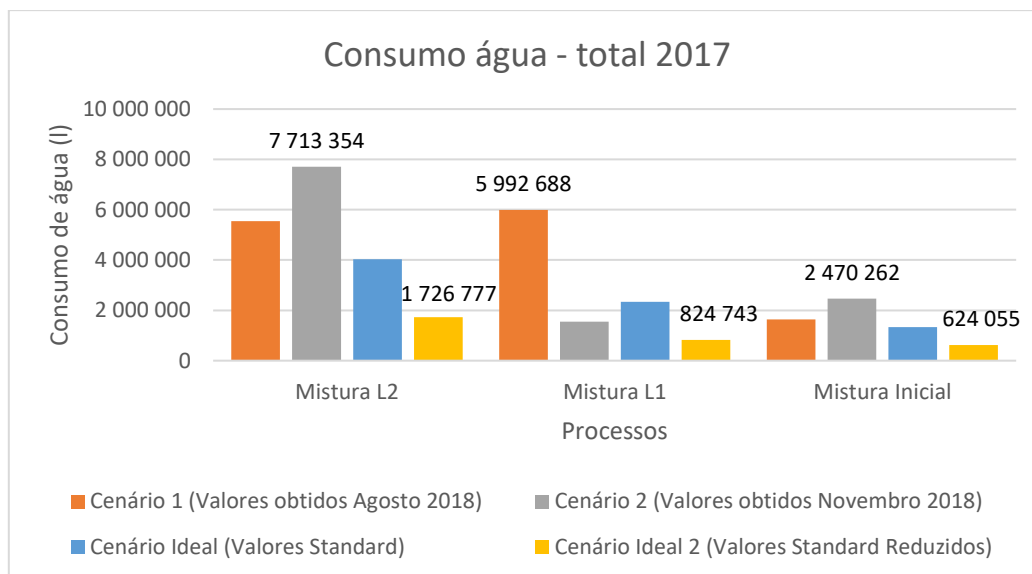


Figura 92 – Consumo de água pelo sistema de refrigeração de bombas em 2017.

Na Figura 93, observam-se os custos totais de água potável para 2017 para os diferentes cenários. O valor total varia entre 18 322 €, no cenário 1 e 6 194 € no cenário ideal 2. É possível também analisar a poupança anual, neste caso calculada relativamente ao melhor cenário, cenário ideal 2, os valores variam entre 10 115 € e 12 128 €.

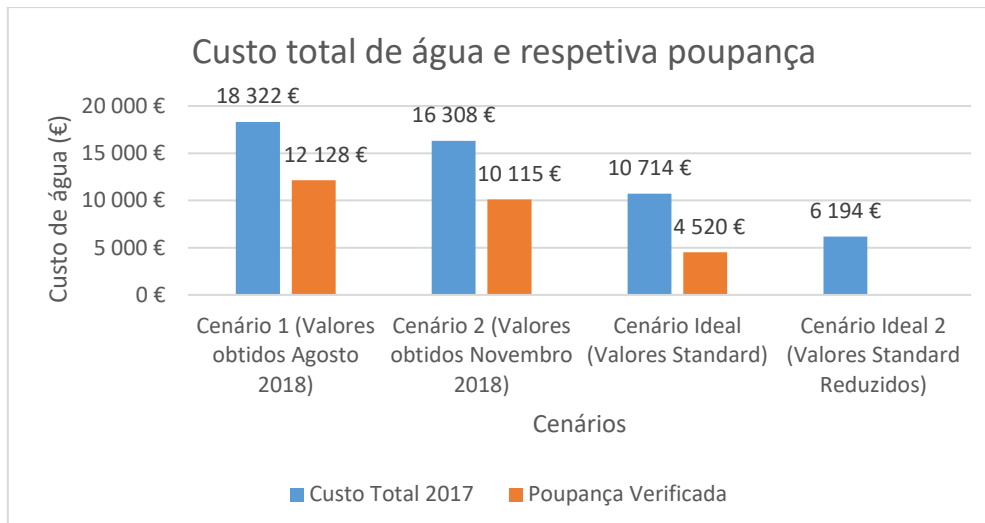


Figura 93 – Custo total de água em 2017 verificado pelo consumo de água no sistema de refrigeração de bombas.

Com o intuito de posteriormente se proceder à implementação desta proposta de melhoria definiu-se o seguinte plano de ação:

1. Análise de todos os medidores de fluxo de forma a identificar quais apresentam um funcionamento incorreto;
2. Substituição ou reparação dos medidores de fluxo avariados;
3. Seleção do cenário ideal e definir no medidor de fluxo instalado o valor standard associado para o caudal de alimentação;

4. Retificação dos caudais de alimentação nos circuitos de refrigeração, que não estão a cumprir o standard definido pelo fabricante;
5. Redução para o valor standard de todos os caudais que apresentam um valor acima do aconselhado.

Mediante as condicionantes na execução deste estudo, conclui-se que, após esta implementação, caso o cenário escolhido seja o cenário ideal 2, verifica-se uma redução anual média no consumo de água de 8 000 m<sup>3</sup> e uma poupança monetária de 11 122 € face aos cenários 1 e 2 verificados. Na eventualidade de ser implementado o cenário ideal 1, a redução média anual no consumo de água é de 4 750 m<sup>3</sup> e a poupança monetária verificada é de 6 600 €.

#### 3.9.4 Impacto das propostas de melhoria

Ao longo deste capítulo, através da aplicação da quarta etapa da metodologia DMAIC, *improve*, avaliaram-se as diferentes propostas de melhoria (A- Substituição da utilização de água osmotizada para limpezas por água potável; B - Contabilização da rede de distribuição de água potável no Setor 3; C - Redução do consumo de água para refrigeração bombas).

Relativamente à proposta A, o seu objetivo passa pela unificação do uso de água potável na totalidade de limpezas existentes no Setor 3. Para isso, foram definidos 4 cenários de estudo diferentes. Destes conclui-se que caso esta proposta seja implementada, os valores de poupança variam entre 1 544 € e 9 207 €. Contudo, para a sua implementação, seria necessário realizar um estudo final com o respetivo *payback* e, posteriormente, uma validação da proposta.

Na proposta B, numa primeira análise, verificou-se que apenas 12% dos contadores em funcionamento na fábrica são fiáveis, e dos contadores em funcionamento 28% apresentam contabilização automática, os restantes 72% apresentam uma contabilização manual. Deste modo, foi criado um diagrama de avaliação dos problemas identificados nos contadores. Através da implementação deste diagrama, é possível combater os problemas verificados anteriormente, nomeadamente a falta de contabilização particular e a fiabilidade nos valores observados. Para além disso, criou-se um *flowsheet*, apresentado no Anexo 5 – *flowsheet* atualizado, que revela a reestruturação de alguns contadores existentes e a introdução de outros, e assim possibilitar a contabilização de todas as zonas de maior impacto na fábrica de forma particularizada.

Apesar desta proposta de melhoria não ser capaz de contabilizar numericamente a poupança verificada, esta é uma das mais importantes, uma vez que se os dados não foram fiáveis por mais estudos que se faça não vai ser possível concluir resultados reais e aproximados à realidade.

No que toca à proposta C, o primeiro plano de ação definido foi a substituição ou a reparação dos medidores de fluxo, uma vez que os valores observados apresentam uma elevada variabilidade. Após esta implementação, foi necessário proceder-se a uma retificação dos caudais analisados para os valores *standard* definidos por cada bomba. De forma a constatar numericamente os resultados destas operações foram estabelecidos 4 cenários, nos quais se conclui que, após a sua implementação, verifica-se uma redução estimada anual no consumo de água entre 7 277 m<sup>3</sup> e 8 725 m<sup>3</sup> e uma poupança monetária estimada entre 10 115 € e 12 128 €.

A Tabela 17 traduz o impacto das propostas de melhoria analisadas anteriormente caso estas sejam implementadas:

Tabela 17 - Impacto das propostas de melhoria analisadas.

Proposta de melhoria	Redução no consumo anual	Redução no custo anual
A	535 m <sup>3</sup> e 1 824 m <sup>3</sup>	1 544 € e 9 207 €
B	Maior controlo, rede de distribuição simples e fidelidade nos valores	
C	7 277 m <sup>3</sup> e 8 725 m <sup>3</sup>	10 115 € e 12 128 €
Total	7 812 m <sup>3</sup> e 10 549 m <sup>3</sup>	11 659 € e 21 335 €
Redução Fábrica	2,1% e 4,3%	n.d.

Para além disso, um dos impactos verificados com a implementação destas propostas, diz respeito ao exemplo que a empresa transmiti para todos os seus *stakeholders*, bem como o seu compromisso com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, identificados anteriormente.

A quinta etapa da metodologia DMAIC, *control*, não foi possível executar-se, uma vez que, todas estas propostas não foram implementadas, devido à limitação temporal do estágio, inviabilizando a realização de um estudo económico exaustivo, de forma a validar as propostas.



# CONCLUSÕES

- 4.1 Conclusões
- 4.2 Proposta de trabalhos futuros



## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 4.1 Conclusões

O presente trabalho foi realizado no âmbito da temática da otimização da água na indústria alimentar, com intuito de contribuir e acrescentar valor à empresa, mais concretamente a fábrica onde foi realizado. Trata-se de um estudo de caso, aplicado a uma empresa, cuja finalidade foi dar resposta aos seguintes objetivos, previamente definidos pela empresa.

- A. Mapeamento da rede de distribuição de água em *AutoCAD*;
  - Criação e atualização dos desenhos de layout de todas as redes de distribuição de água;
  - Criação e atualização dos desenhos de *flowsheet* (Anexo 1 – flowsheet e Anexo 5 – flowsheet atualizado);
- B. Criação de base de dados em Excel com as especificações das linhas de distribuição;
  - Construção de um *water mapping* (Anexo 3 – water mapping);
  - Construção de uma base de dados dos contadores existentes (Anexo 2 – características dos contadores);
- C. Proposta de melhorias de eficiência na rede e consequente redução de custos.

Relativamente ao objetivo C, como referido no subcapítulo anterior, foram selecionadas e desenvolvidas as seguintes propostas de melhoria:

1. Substituição da utilização de água osmotizada para limpezas por água potável;
2. Contabilização da rede de distribuição de água potável no Setor 3;
3. Redução do consumo de água para refrigeração bombas;

No final, concluiu-se que, caso se procedesse à implementação destas propostas, o consumo anual de água na fábrica estimada reduzir-se-ia entre 7 812 m<sup>3</sup> e 10 549 m<sup>3</sup>, como explicitado anteriormente na respetiva secção deste trabalho. Desta forma, face à meta de 25% estabelecida pela fábrica para reduzir o consumo de água, com estas implementações apenas se conseguiria reduzir cerca de 4,3%, ficando a faltar os restantes 20,7% que poderão ser atingidos tendo em conta outros parâmetros, que se enunciam no próximo subcapítulo.

No que toca ao impacto económico destas propostas, tal como analisado anteriormente, esta redução estimada varia entre 11 659 € e 21 335 € anuais.

Contudo, um dos problemas principais identificados durante este estudo foi a falta de fiabilidade nos valores observados, uma vez que apenas 12% dos contadores

existentes se encontravam calibrados (válidos para a sua utilização), para além disso, 72% dos contadores apresentavam um registo manual, o que levou a que os resultados registados nem sempre correspondessem ao valor medido pelo contador.

Como referenciado anteriormente, paralelamente a um melhor desempenho económico proveniente da implementação destas propostas, a empresa transmiti para todos os seus *stakeholders* um compromisso de ser um exemplo ao nível do desenvolvimento sustentável.

Para além da oportunidade de desenvolver todo conhecimento teórico adquirido ao longo do percurso académico, também foi possível aplicá-lo a um estudo de caso real, o que permitiu desenvolver competências a nível pessoal, tais como:

- Organização;
- Autonomia;
- Adaptabilidade;
- Resolução de problemas;

#### 4.2 Proposta de trabalhos futuros

Ao longo de todo o trabalho, foram identificadas diferentes propostas de melhoria impossíveis de concretizar no horizonte temporal disponível para o desenvolvimento deste trabalho. Contudo, apresentam-se seguida e sucintamente propostas que poderão ser alvo de futuras investigações:

- Remoção da tubagem desativada/ inativa;
- Atualização da sinalética na tubagem de água de modo a conhecer o sentido do movimento da água e qual o tipo de água que a tubagem percorre;
- Reutilização da água rejeitada proveniente do tratamento de ultrafiltração e descalcificação;
- Otimização do rendimento do tratamento osmose inversa;
- Reutilização da temperatura da água ácida proveniente do Setor 2 e a água de purga das caldeiras para uma permuta de calor, nomeadamente para aquecer a água osmotizada que entra no tanque de baixa pressão;
- Otimização dos tempos e respetivos caudais nas limpezas com água potável no Setor 3;
- Divisão dos reservatórios de água, nomeadamente divisão da água proveniente do poço 101 (água de menor qualidade), da água fornecida pelo município;
- Utilização da água do poço, de menor qualidade, para processos que não necessitam de água de alimentação de elevada qualidade;
- Maximização da extração de água do poço (neste momento pratica-se um valor limite para que a água do poço não estrague a qualidade da água fornecida à fábrica aquando da mistura com a água proveniente do município);
- Recuperação de condensados (69%) associados a diversos processos no Setor 2 e Setor 3, verificar condensados que estão a ser reencaminhados para esgoto ou para atmosfera (possibilidade de recuperação);

- Reutilização da água rejeitada pelo circuito de refrigeração de bombas no Setor 3.



**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Al-Samarraie, H., & Hurmuzan, S. (2018). A review of Brainstorming Techniques in Higher Education. *Thinking Skills and Creativity*, 27, 20. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.12.002>
- Alkaya, E., & Demirer, G. N. (2015). Water recycling and reuse in soft drink/beverage industry: A case study for sustainable industrial water management in Turkey. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 172–180. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.749007>
- Almacinha, J. A. (2016). *INTRODUÇÃO À METROLOGIA DIMENSIONAL*. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/86025/2/156242.pdf>
- Alves, M. F. (2003). *ABC da Metrologia Industrial*. (2), 56.
- Besbes, M., Chahed, J., & Hamdane, A. (2018). National Water Security - Case Study of an Arid Country: Tunisia. In *National Water Security*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75499-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75499-4_9)
- Boojh, Ram; Gueidon, S. (2017). *Saving Water for a Sustainable Future*. (Mar), 10.
- Brundtland, G. H. (1988). Report of the World commission on Environment and Development : Our Common Future. *Revue Juridique de l'Environnement*, 13(4), 527–528.
- Bureau, J. R. C. of E. I. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries*. (January). Retrieved from [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/FDM/FDM\\_31-01-2017-D1\\_BW.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/FDM/FDM_31-01-2017-D1_BW.pdf)
- Centro Regional de Informações das Nações Unidas (UNRIC). (2016). Objetivo 6- Água potável e saneamento. Retrieved from <https://www.unric.org/pt/ods-link-menu/31975-objetivo-6-agua-potavel-e-saneamento>
- Correia, B. A. A. (2017). *Desenvolvimento Sustentável em Engenharia Mecânica*. 95.
- Direção Geral da Educação. (n.d.). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável [ODS]. Retrieved from dge.mec.pt website: <https://www.dge.mec.pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>
- Duret, D., & Pillet, M. (2006). *Qualidade na Produção da ISO 9000 ao Seis Sigma* (p. 408). p. 408.
- Environment Agency. (2001). Waste Minimisation - An Environmental Good Practice Guide For Industry. *Waste Minimisation*, 89. <https://doi.org/10.1016/b978-1-85573-816-4.50018-1>
- Fonseca, L. (2016). *Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança e Modelos de Excelência Empresarial - Mestrados ISEP*. 249.
- FoodDrink Europe. (2017). *DATA & TRENDS EU FOOD AND DRINK INDUSTRY 2017*. 1–24. Retrieved from [https://www.fooddrinkeurope.eu/uploads/publications\\_documents/DataandTrends\\_Report\\_2017.pdf](https://www.fooddrinkeurope.eu/uploads/publications_documents/DataandTrends_Report_2017.pdf)
- Frenken, K., & Gillet, V. (2012). *Irrigation water requirement and water withdrawal by country*. 264. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bc824e.pdf>
- Glavic, P., & Simonič, M. (2008). Feedwater requirements in the food industry. *Handbook of Water and Energy Management in Food Processing*, 629–646. <https://doi.org/10.1533/9781845694678.5.629>
- Hahn, G. J., Hill, W. J., Hoerl, R. W., & Zinkgraf, S. A. (1999). The impact of six sigma improvement—a glimpse into the future of statistics. *American Statistician*, 53(3), 208–215. <https://doi.org/10.1080/00031305.1999.10474462>

- International Energy Agency (IEA). (2016). *World Energy Outlook 2016*. 684. <https://doi.org/10.1787/weo-2016-en>
- Jacobi, Pedro Roberto; Grandisoli, E. (2017). *Água e Sustentabilidade desafios, perspectivas e soluções*.
- Joint Research Centre of European IPPC Bureau. (2018). *Best Available Techniques (BAT), Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries*. 796. <https://doi.org/10.1787/dcr-2005-11-en>
- Juran, J., & Godfrey, A. (1998). *Juran's Quality Handbook*. Retrieved from [http://www.gmpua.com/QM/Book/quality handbook.pdf](http://www.gmpua.com/QM/Book/quality%20handbook.pdf)
- Kiran, D. R. (2017a). Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies - Kaizen and Continuous Improvement. *Total Quality Management*, 313–332. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811035-5.00022-2>
- Kiran, D. R. (2017b). Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies - Seven Traditional Tools of TQM. *Total Quality Management*, 271–290. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811035-5.00020-9>
- Kiran, D. R. (2017c). Total Quality Management. In *Total Quality Management* (Vol. 8, pp. 1–14). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811035-5.00001-5>
- Kirby, R. M., Bartram, J., & Carr, R. (2002). Water in food production and processing: quantity and quality concerns. *Food Control*, 14(5), 17. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00090-7](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00090-7)
- Kuhle, J. (2016). *If you can't measure it, you can't improve it" (Lord Kelvin)*. 87(13), 1335. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000003164>
- Kumiega, A., & Vliet, B. Van. (2008). *Quality Money Management - Process Engineering and Best Practices for Systematic Trading and Investment*.
- Leite, A. B. C. (2017). *Gestão da água na Revigrés*. 66.
- Lopes Silva, D. A., Delai, I., De Castro, M. A. S., & Ometto, A. R. (2013). Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. *Journal of Cleaner Production*, 47, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.026>
- Lupton, R. C., & Allwood, J. M. (2017). Hybrid Sankey diagrams: Visual analysis of multidimensional data for understanding resource use. *Resources, Conservation and Recycling*, 124(May), 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.05.002>
- Meneses, Y. E., Martinez, B., & Hu, X. (2019). Water reconditioning in the food industry. In *Sustainable Water and Wastewater Processing*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816170-8.00010-7>
- Meneses, Y. E., Stratton, J., & Flores, R. A. (2017). Water reconditioning and reuse in the food processing industry: Current situation and challenges. *Trends in Food Science and Technology*, 61, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.12.008>
- Neyestani, B. (2017). *Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving Quality Problems in the Organization*. 11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.400832>
- Oppenheimer, J., Badruzzaman, M., Cherchi, C., Weakley, J., & Pohl, J. (2016). *Drivers, Successes, Challenges, and Opportunities for Onsite Industrial Water Reuse: a Path Forward for Collaboration and Growth*. 62. Retrieved from [www.watereuse.org](http://www.watereuse.org)
- Pal, P. (2017). *Industrial Water Treatment Process Technology*.
- Pham, T. T., Mai, T. D., Pham, T. D., Hoang, M. T., Nguyen, M. K., & Pham, T. T. (2016). Industrial water mass balance as a tool for water management in industrial parks. *Water Resources and Industry*, 13, 8. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2016.04.001>
- Pombo, F. R. (2011). *Gestão da Demanda de Água na Indústria de Refino de Petróleo: Desafios e Oportunidades de Racionalização*. 152.
- Porkka, M., Gerten, D., Schaphoff, S., Siebert, S., & Kumm, M. (2016). Causes and trends of water scarcity in food production. *Environmental Research Letters*, 11(1), 15001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/1/015001>
- Quality-One International. (2015). Eight Disciplines of Problem Solving (8D). Retrieved from <https://quality-one.com/8d/>
- Rito, Â. (2010). *Estudo das correntes de água de uma indústria para reutilização*. 105.
- Roldão, V. S., & Ribeiro, J. S. (2007). *Gestão das Operações - Uma abordagem integrada*

- (p. 592). p. 592.
- Salgueiro, G. N. (2015). *Aplicação de ferramentas para melhorar o processo produtivo numa empresa do sector automóvel*. 150.
- Sánchez, I. M. R., Ruiz, J. M. M., López, J. L. C., & Pérez, J. A. S. (2011). Effect of environmental regulation on the profitability of sustainable water use in the agro-food industry. *Desalination*, 279(1–3), 6. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.06.015>
- Schmidt, M. (2008). The Sankey diagram in energy and material flow management: Part I: History. *Journal of Industrial Ecology*, 12(1), 82–94. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00004.x>
- Sistema de Autoavaliação da Eficiência Hídrica. (2016). A disponibilidade de água no mundo e no Brasil. Retrieved from <https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/>
- Snee, R. D. (2000). Impact of Six Sigma on quality engineering. *Quality Engineering*, 12(3), 31–34. Retrieved from <http://www.tunnellconsulting.com/IMAGES/Snee-Quality Engineering 2000.doc>
- Soundararajan, K., Ho, H. K., & Su, B. (2014). Sankey diagram framework for energy and exergy flows. *Applied Energy*, 136, 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.070>
- UN Water. (2016). *The United Nations World Water Development Report 2016*. 12.
- UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). (2006). Water a shared responsibility: The United Nations world water development report 2. In *Choice Reviews Online* (Vol. 44). <https://doi.org/10.5860/choice.44-2732>
- UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). (2014). *Water and Energy Volume 1* (Vol. 1). Retrieved from <http://books.google.com/books?id=JC8WAQAIAAJ&#38;pgis=1%5Cnhttp://books.google.com/books?id=JC8WAQAIAAJ&pgis=1>
- UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). (2018). *Nature - Based Solutions For Water*. Retrieved from [www.unesco.org/open-access/](http://www.unesco.org/open-access/)
- United Nations. (2018). Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation 2018. *Un*, 199. <https://doi.org/10.1126/science.278.5339.827>
- Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S., ... Wiberg, D. (2016). Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development*, 9(1), 175–222. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-175-2016>
- Wan Alwi, S. R., & Manan, Z. A. (2013). Water Pinch Analysis for Water Management and Minimisation: An Introduction. In *Handbook of Process Integration (PI): Minimisation of Energy and Water Use, Waste and Emissions*. <https://doi.org/10.1533/9780857097255.3.353>
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme); UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). (2019). *Não deixar ninguém para trás*. 12.
- WWF International. (2016). Living Planet Report 2016: Risk and resilience in a new era. In *WWF International*. <https://doi.org/978-2-940529-40-7>



# ANEXOS

- 6.1 Anexo 1 – Flowsheet
- 6.2 Anexo 2 – Características dos contadores
- 6.3 Anexo 3 – Water Mapping
- 6.4 Anexo 4 – Especificações das bombas no Setor 3
- 6.6 Anexo 5 – Flowsheet atualizado

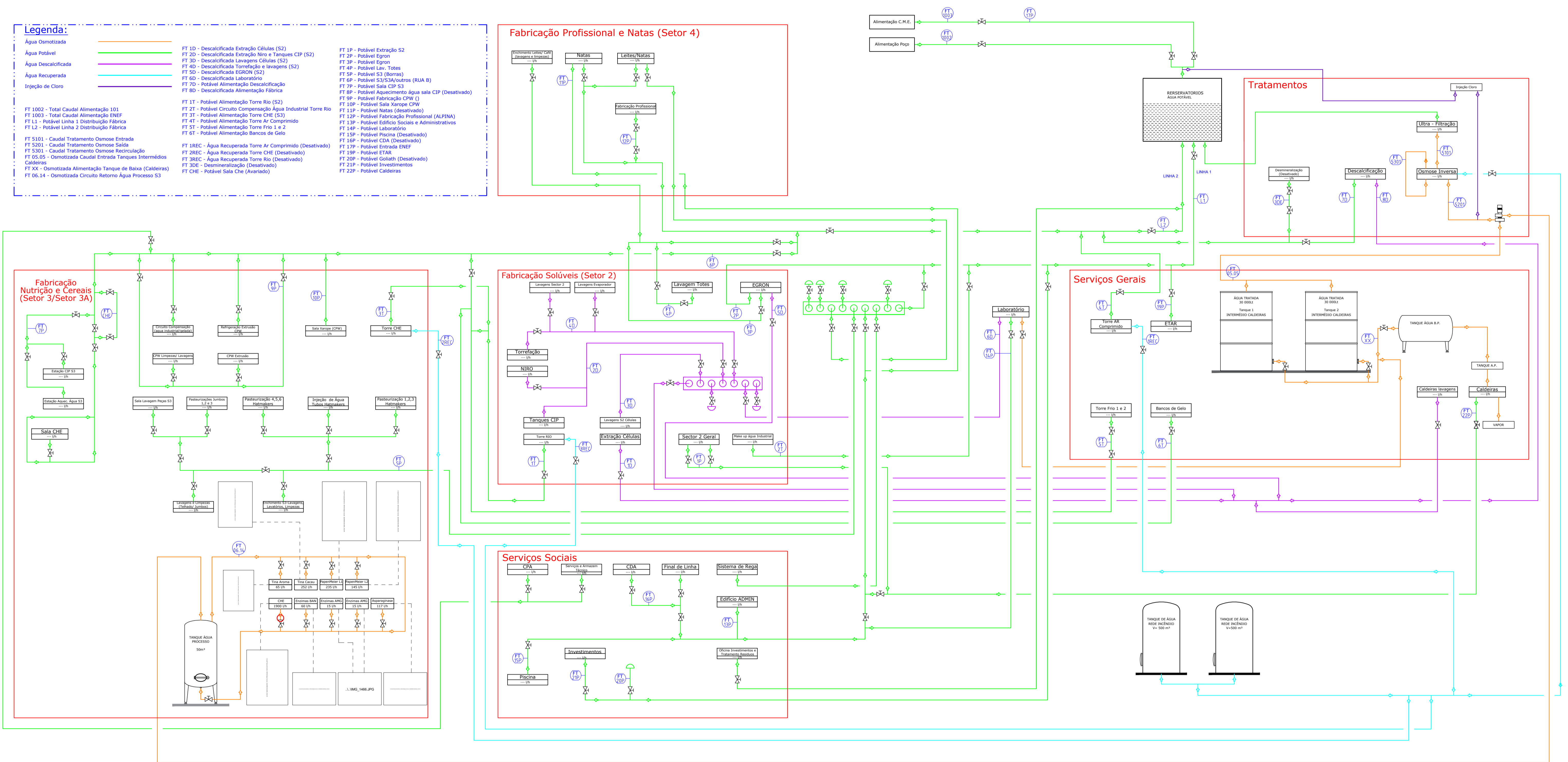


## 6 ANEXOS

### 6.1 Anexo 1 – flowsheet

**Legenda:**

Água Osmotizada	FT 1D - Descalcificada Extração Células (S2)	FT 1P - Potável Extração S2
Água Potável	FT 2D - Descalcificada Extração Niro e Tanques CIP (S2)	FT 2P - Potável Egron
Água Descalcificada	FT 3D - Descalcificada Lavagens Células (S2)	FT 3P - Potável Egron
Água Recuperada	FT 4D - Descalcificada Torrefação e lavagens (S2)	FT 4P - Potável Lav. Totes
Injeção de Cloro	FT 5D - Descalcificada EGROn (S2)	FT 5P - Potável S3 (Borras)
	FT 6D - Descalcificada Laboratório	FT 6P - Potável S3/S3A/outros (RUA B)
	FT 7D - Potável Alimentação Descalcificação	FT 7P - Potável Sala CIP S3
	FT 8D - Descalcificada Alimentação Fábrica	FT 8P - Potável Aquecimento água sala CIP (Desativado)
	FT 9P - Potável Fabricação CPW (I)	FT 9P - Potável Fabricação CPW (I)
	FT 1T - Potável Alimentação Torre Rio (S2)	FT 11P - Potável Natas (desativado)
	FT 2T - Potável Circuito Compensação Água Industrial Torre Rio	FT 12P - Potável Fabricação Profissional (ALPINA)
FT 1002 - Total Caudal Alimentação 101	FT 3T - Potável Alimentação Torre CHE (S3)	FT 13P - Potável Edifício Sociais e Administrativos
FT 1003 - Total Caudal Alimentação ENEF	FT 4T - Potável Alimentação Torre Ar Comprimido	FT 14P - Potável Laboratório
FT L1 - Potável Linha 1 Distribuição Fábrica	FT 5T - Potável Alimentação Torre Frio 1 e 2	FT 15P - Potável Piscina (Desativado)
FT L2 - Potável Linha 2 Distribuição Fábrica	FT 6T - Potável Alimentação Bancos de Gelo	FT 16P - Potável CDA (Desativado)
FT 5101 - Caudal Tratamento Osmose Entrada		FT 17P - Potável Entrada ENEF
FT 5201 - Caudal Tratamento Osmose Saída	FT 1REC - Água Recuperada Torre Ar Comprimido (Desativado)	FT 19P - Potável ETAR
FT 5301 - Caudal Tratamento Osmose Recirculação	FT 2REC - Água Recuperada Torre CHE (Desativado)	FT 20P - Potável Goliath (Desativado)
FT 05.05 - Osmotizada Caudal Entrada Tanques Intermediários Caldeiras	FT 3REC - Água Recuperada Torre Rio (Desativado)	FT 21P - Potável Investimentos
FT XX - Osmotizada Alimentação Tanque de Baixa (Caldeiras)	FT 3DE - Desmineralização (Desativado)	FT 22P - Potável Caldeiras
FT 06.14 - Osmotizada Circuito Retorno Água Processo S3	FT CHE - Potável Sala Che (Avariado)	



## 6.2 Anexo 2 – características dos contadores

## Reservatórios e Tratamentos de água

Zona	Principais consumidores	Identificação	Tipo de Leitura	Referência/modelo	Tipo de Contador	Caudal Mínimo (m3/h)	Caudal Máximo (m3/h)	Gama de Erro	Periodicidade de Calibração	Data da Última Calibração	Estado de Calibração	Estado Operacional
Chegada Reservatórios	Total Caudal Alimentação 101	FT - 1002 (SGFT02)	automática (computacional)	FOXBORO - 83W-Do3s3ssTNE	Electromagnetic meters	0	60	6 m3/h	Bienal	31/07/2018 ISCAL	Válido	
	Total Caudal Alimentação ENEF	FT - 1003 (SGFT03)	automática (computacional)	Foxboro -Vortex/83W-Do3s3ssTNE	Electromagnetic meters	0	60	6 m3/h	Bienal	31/07/2018 ISCAL	Válido	
	Total Caudal Alimentação Breja ENEF	17 - Potável	manual	LORENZ DN100		60 (Qn)	120	+/- 2%		sem calibração	inválida	Desativado
Bombagem Fábrica	LINHA 1 -Água Potável	Total Caudal Distribuição ENEF ou Breja	automática (computacional)		Electromagnetic meters					sem calibração	inválida	
	LINHA 2 - Água Potável	Total Caudal Distribuição 101 + ENEF	automática (computacional)		Electromagnetic meters					sem calibração	inválida	
Tratamento Osmose Inversa	Caudal Osmose Entrada	FT_5101	automática (computacional)	Endress+Hauser - 50W50-HFOANAAOAAAA/-	Electromagnetic meters	0	50		anual	14/03/2018	Válido	
	Caudal Osmose Saída	FT_5201	automática (computacional)	Endress+Hauser - Prowirl 200/7F2B40-ATC3/0	Electromagnetic meters	0	50		anual	14/03/2018	Válido	
	Caudal Recirculação	FT_5301	automática (computacional)	Endress+Hauser - 50W25-RFOANAAOAAAA/-	Electromagnetic meters	0	20		anual	14/03/2018	Válido	
	Caudal Entrada TQs. Intermédios Caldeiras	FT 05.05	automática (computacional)	Endress+Hauser Prromag DN80	Electromagnetic meters					sem calibração	inválida	
	Caudal Circuito Retorno Água Processo S3	FT 06.14	automática (computacional)	Endress+Hauser Prromag DN40	Electromagnetic meters						inválida	
Tratamento Descalcificação	Entrada água Tratamento Descalcificação	POTAVEL (7D - Desc.)	manual	elster H4000	Turbine Water Meter	40 (Qn)	80 (Qmax)	+/- 2%		sem calibração	inválida	
	Saída Tratamento água Descalcificada	8D - Desc.	manual	COLBERGE WELF80		40 (Qn)				sem calibração	inválida	
Tanques água bruta	Recuperado Rejeitado Osmose	18 - Recuperada	manual	RXF050G	Magnetic Flowmeter	0 to 2.120	0 to 70.68			sem calibração		Desativado
Desmineralização	Desmin 1	1DE - Potável	manual									Desativado
	Desmin 2	2DE - Potável	manual									Desativado
Alimentação caldeira recuperativa		4DE - Desmin.	manual									Desativado
Total água	Desmineralizada	3DE - Desmin.	manual	Sensus WP-Dynamic 50	Turbine Water Meter	15	30					Desativado

## Setor 2 – Fabricação Solúveis

Zona	Principais consumidores	Identificação	Tipo de Leitura	Referência/modelo	Tipo de Contador	Caudal Mínimo (m3/h)	Caudal Máximo (m3/h)	Gama de Erro	Periodicidade de Calibração	Data da última Calibração	Estado de Calibração	Estado Operacional	
Fabricação de Solúveis (S2)	Extração	Potável S2	1 - Potável	manual	Sensus (WP - Dynamic 40)	Turbine Water Meter	15 (Qn)	30	+/- 2%		sem calibração	inválida	
		Extração Células	1D - Desc.	manual	MEINECKE WPD 80	Turbine Water Meter	40 (Qn) (120 PDF)	60 (200 PDF)	+ 2%		sem calibração	inválida	
		Extração Niro e CIP	2D - Desc.	manual	Sensus (WP - Dynamic 65)	Turbine Water Meter	25 (Qn)	50	+/- 2%		sem calibração	inválida	
		Extração Células	3D - Desc.	manual			2,5 (Qn)				sem calibração	inválida	
	Torrefação		4D - Desc.	manual							sem calibração	inválida	
	Secagem (EGRON)	Egron 1	2 - Potável	manual	MEINECKE						sem calibração	inválida	
		Egron 2	5D - Desc.	manual	SENSUS MeiStream 65		25 (Qn)	60	+/- 2%		sem calibração	inválida	
		Egron 3	3 - Potável	manual	SENSUS WP - Dynamic 65	Turbine Water Meter	25 (Qn)	50	+/- 2%		sem calibração	inválida	
	Lavagem. Totes		4 - Potável	manual							sem calibração	inválida	
	Torre Rio	Make up Torre	1T - Potável	manual	WPD 80		40 (Qn)						Desativado
				manual	TYP 433		6 (Qn)			sem calibração	inválida		
		Make up tubagem água industrial	2T - Potável	manual	Sisma		2,5 (Qn)				sem calibração	inválida	
		Água Blow Down	3REC - Recup.	manual	JANZ MST 10040t		10	20					Desativado
Captação água do rio		1R - Rio	manual	Sisma								Desativado	

## Serviços Sociais

Zona	Principais consumidores	Identificação	Tipo de Leitura	Referência/modelo	Tipo de Contador	Caudal Mínimo (m3/h)	Caudal Máximo (m3/h)	Gama de Erro	Periodicidade de Calibração	Data da última Calibração	Estado de Calibração	Estado Operacional
Serviços sociais	GOLIATH	20 - Potável	manual	elster M120	Multi-jet meters	25	31,25	+/- 2%				Desativado
	E. Soc+E. Ad.	13 - Potável	manual	MEINECKE CD 50	Turbine Water Meter	15 (Qn)	30	+/- 2%		sem calibração	inválida	
			manual						sem calibração	inválida		
	Investimentos	21 - Potável	manual	elster M120	Multi-jet meters	25	31,25	+/- 2%		sem calibração	inválida	
	Piscina	15 - Potável	manual									Desativado
CDA	16 - Potável	manual									Desativado	

## Serviços Gerais

Zona	Principais consumidores	Identificação	Tipo de Leitura	Referência/modelo	Tipo de Contador	Caudal Mínimo (m3/h)	Caudal Máximo (m3/h)	Gama de Erro	Periodicidade de Calibração	Data da última Calibração	Estado de Calibração	Estado Operacional	
Serviços gerais	ETAR	19 - Potável	manual	Aqua metro WM 50		40 (Qn)				sem calibração	inválida		
	Rio	2R- Rio	manual									Desativado	
	Torre Ar Comprimido	4T - Potável	manual	TYP 433		2,5 (Qn)					sem calibração	inválida	
		1REC - Recup.	manual	JANZ MSV 1520T		1,5	3						Desativado
	Torre Frio 1 e 2	5T - Potável	manual	elster		2,5 (Qn)					sem calibração	inválida	
	Bancos de Gelo	6T - Potável	manual	elster							sem calibração	inválida	
	Caldeiras	22 - Potável	manual	elster M120	Multi-jet meters				+/- 2%		sem calibração	inválida	
OSMOTIZADA CALDEIRAS		Total Caudal Osmotizada	automática (computacional)		Electromagnetic meters					sem calibração	inválida		
Alimentação Caldeiras Condor	Condor 250	Água quente Condor 250	automática (computacional)	Foxboro -Vortex/83W	Electromagnetic meters	0	60	6 m3/h	Bienal	sem calibração	inválida		
	Condor 400	Água quente Condor 400	automática (computacional)	Foxboro -Vortex/83W - D1HS1SSTNE	Electromagnetic meters	0	60	6 m3/h	Bienal	sem calibração	inválida		

## Setor 3 (Fabricação Nutrição Infantil) e Setor 3A (Fabricação Cereais)

Zona	Principais consumidores	Identificação	Tipo de Leitura	Referência/modelo	Tipo de Contador	Caudal Mínimo (m3/h)	Caudal Máximo (m3/h)	Gama de Erro	Periodicidade de Calibração	Data da última Calibração	Estado de Calibração	Estado Operacional
Gerais S3/S3A/outros	Rua B		6 - Potável	manual	Sensus MeiStream 80		100 (QN)	200	+/- 2%		sem calibração	inválida
	Sala CIP	CIP	7 - Potável	manual	Sensus WP-DYNAMIC 50	Turbine Water Meter	15 (QN)	30	+/- 2%		sem calibração	inválida
		Aquecimento de água	8 - Potável	manual								
	CHE		CHE	automática (computacional)								
Fabricação Cereais (S3A)	CPW - Fabricação.		9 - Potável	manual	Sensus WP-DYNAMIC 50	Turbine Water Meter	15 (QN)	30	+/- 2%		sem calibração	inválida
	CPW - Xarope		10 - Potável	manual	Sensus WP-DYNAMIC 50	Turbine Water Meter	15 (QN)	30	+/- 2%		sem calibração	inválida
Fabricação Nutrição (S3)	Borras		5 - Potável	manual	inyensys WP - Dynamic 80	Turbine Water Meter	40 (Qn)	80	+/- 2%		sem calibração	inválida
	Torre CHE	Make up Torre	3T - Potável	manual	JANZ MSV 1520T		1,5	3			sem calibração	inválida
		Água Blow Down	2REC - Recup.	manual	TYP 433		2,5 (Qn)					

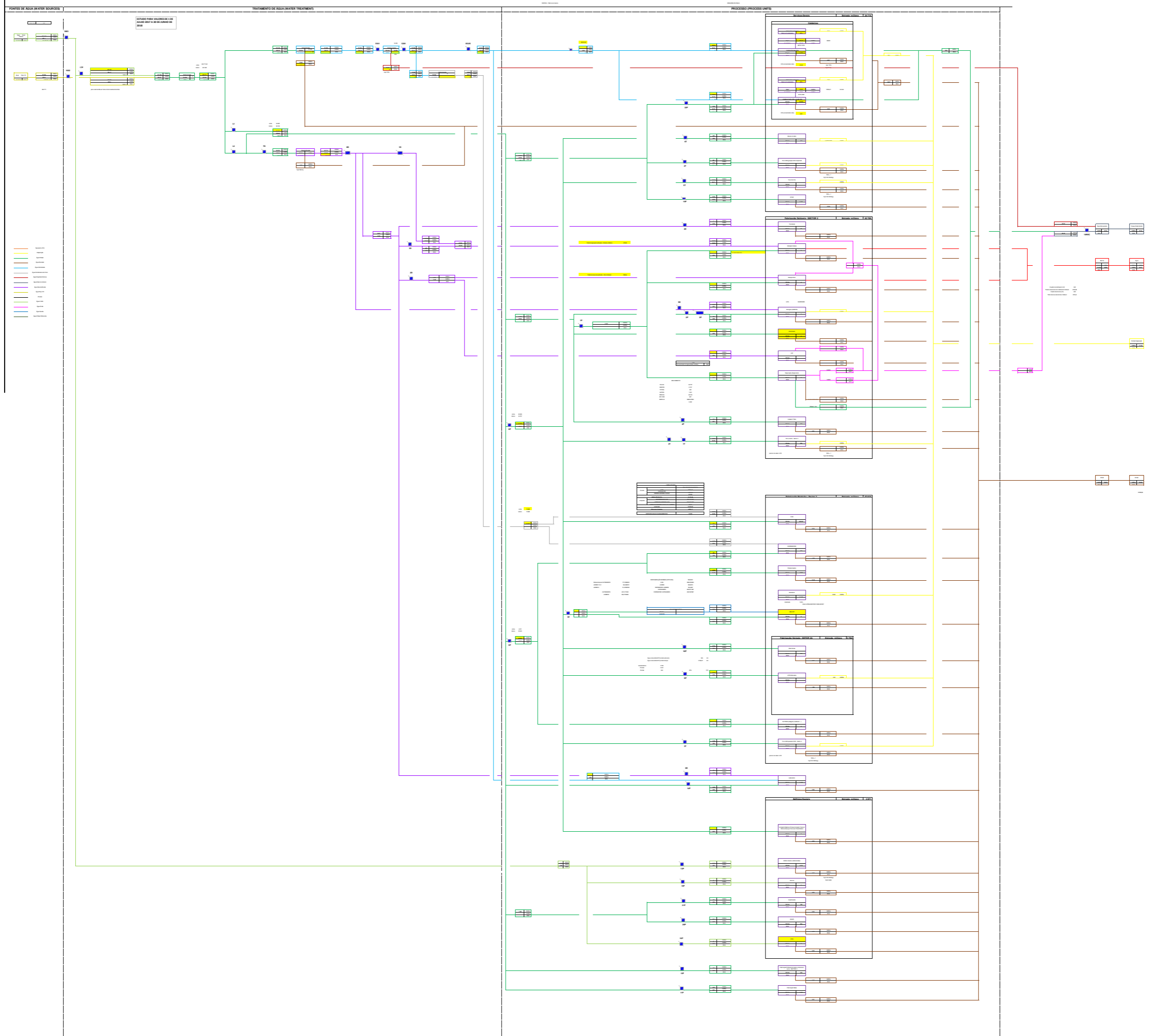
## Laboratório

Zona	Principais consumidores	Identificação	Tipo de Leitura	Referência/modelo	Tipo de Contador	Caudal Mínimo (m3/h)	Caudal Máximo (m3/h)	Gama de Erro	Periodicidade de Calibração	Data da última Calibração	Estado de Calibração	Estado Operacional
LABORATÓRIO	LABORATÓRIO	6D - Desc.	manual	Janz MSV 2525		2,5 (Qn)	5	+/- 2%		sem calibração	inválida	
		14 - Potável	manual	MEINECKE CD 50	Turbine Water Meter	15 (Qn)	30	+/- 2%		sem calibração	inválida	

## Setor 4 – Fabricação Profissional

Zona	Principais consumidores	Identificação	Tipo de Leitura	Referência/modelo	Tipo de Contador	Caudal Mínimo (m3/h)	Caudal Máximo (m3/h)	Gama de Erro	Periodicidade de Calibração	Data da última Calibração	Estado de Calibração	Estado Operacional
NATAS	NATAS	11 – Potável	manual									Desativado
ALPINA	ALPINA	12 – Potável	manual							sem calibração	inválida	

### 6.3 Anexo 3 – water mapping



#### 6.4 Anexo 4 – especificações das bombas no Setor 3

		Equipamento	Localização	Tipo de limpeza	Marca Bomba	Modelo Bomba	Caudal necessário (l/h)
Refrigeração Bombas	Limpeza HATMAKERS	Sopa Fria 123	1	Água da rede - L2	Bornemann	SLH-4S-2045 2018	30
		Sopa Fria 456	2	Água da rede - L2	Bornemann	SLH-4S-2045 2017	30
		Tina Flash 123	3	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	224 U2 01/09/12	56,78
		Tina Flash 456	4	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	224 U2 10/22/11	56,78
		Bomba H1	5	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 10/14/11	56,78
		Bomba H2	6	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 10/14/11	56,78
		Bomba H3	7	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 10/14/11	56,78
		Bomba H4	8	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 10/14/11	56,78
		Bomba H5	9	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 10/14/11	56,78
		Bomba H6	10	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 10/14/11	56,78
		Bomba H123		Água da rede - L1	Bornemann	SLH-4G-2033 2017	30
		Bomba H456		Água da rede - L1	Bornemann	SLH-4G-2033 2018	30
	Limpezas JUMBOS	Sopa Fria 12	11	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 12/10/14	56,78
		Sopa Fria 3	12	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	U1 060	56,78
		Tina Flash 12	13	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	224 U2 10/22/11	56,78
		Tina Flash 3	14	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	064 U2 12/10/14	56,78
		Bomba J1	15	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 10/14/11	56,78
		Bomba J2	16	Água da rede - L1	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 10/14/11	56,78
		Bomba Inulina 1	17	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	045 U2 07/15/14	56,78
	Bomba Inulina 2	18	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	018 U1 06/13/14	56,78	
	Limpezas - CHE	AVA	19	Água da rede - L2	MIXER AVA	HRM 70	20
		Tina Tampão	20	Água da rede - L2	Bornemann	SLH-4G-3031 2017	30
		H1	21	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	060 U1 12/04/12	56,78
		H2	22	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	060 U2	56,78
		Flash	23	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	060 U1 10/05/11	56,78
Arrefecedor 1		24	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	060 U2	56,78	
Arrefecedor 2		25	Água da rede - L2	Waukesha Cherry-Burrell	62	56,78	

Zona S3	Equipamento	Localização	Caudal standard (l/h)	Caudal Agosto 2018 (l/h)	Caudal Novembro 2018 (l/h)
HATMAKERS - L2	Sopa Fria 123	1	30	61,57	101,76
	Sopa Fria 456	2	30	92,64	117,09
	Tina Flash 123	3	56,78	132,98	117,15
	Tina Flash 456	4	56,78	86,54	66,69
	Bomba H1	5	56,78	22,14	62,21
	Bomba H2	6	56,78	76,43	195,00
	Bomba H3	7	56,78	184,62	146,15
	Bomba H4	8	56,78	17,66	121,54
	Bomba H5	9	56,78	9,39	45,24
	Bomba H6	10	56,78	22,36	9,88
	Bomba H123		30	desativado	desativado
Bomba H456		30	desativado	desativado	

Mistura L2 514,24

JUMBOS - L1	Sopa Fria 12	11	56,78	13,95	9,16
	Sopa Fria 3	12	56,78	36,66	9,38
	Tina Flash 12	13	56,78	278,57	17,56
	Tina Flash 3	14	56,78	158,60	176,97
	Bomba J1	15	56,78	189,52	6,33
	Bomba J2	16	56,78	194,64	5,98
	Bomba Inulina 1	17	56,78	impossibilidade	impossibilidade
	Bomba Inulina 2	18	56,78	impossibilidade	impossibilidade

Mistura L1 340,68

CHE	AVA	19	20	sem contagem	20,31
	Tina Tampão	20	30	sem contagem	24,03
	H1	21	sem refrigeração água	sem refrigeração água	sem refrigeração água
	H2	22	56,78	21,51	281,40
	Flash	23	56,78	98,36	10,48
	Arrefecedor 1	24	56,78	sem contagem	25,17
	Arrefecedor 2	25	56,78	sem contagem	153,21

## 6.5 Anexo 5 – flowsheet atualizado

**Legenda:**

Água Osmotizada	—	FT 1D - Descalcificada Extração Células (S2)	FT 1P - Potável Extração S2
Água Potável	—	FT 2D - Descalcificada Extração Niro e Tanques CIP (S2)	FT 2P - Potável Egron
Água Descalcificada	—	FT 3D - Descalcificada Lavagens Células (S2)	FT 3P - Potável Egron
Água Recuperada	—	FT 4D - Descalcificada Torrefação e lavagens (S2)	FT 4P - Potável Lav. Totes
Injeção de Cloro	—	FT 5D - Descalcificada EGRON (S2)	FT 5P - Potável S3 (Borras)
Instalação de contador	○	FT 6D - Descalcificada Laboratório	FT 6P - Potável S3/S3A/outros (RUA B)
Resolução de problema	○	FT 7D - Potável Alimentação Descalcificação	FT 7P - Potável Sala CIP S3
		FT 8D - Descalcificada Alimentação Fábrica	FT 8P - Potável Aquecimento água sala CIP (Desativado)
		FT 11T - Potável Alimentação Torre Rio (S2)	FT 11P - Potável Fabricação CPW (I)
		FT 21T - Potável Circuito Compensação Água Industrial Torre Rio	FT 11P - Potável Notas (desativado)
		FT 3T - Potável Alimentação Torre CHE (S3)	FT 12P - Potável Fabricação Profissional (ALPINA)
		FT 4T - Potável Alimentação Torre Ar Comprimido	FT 13P - Potável Edifício Sociais e Administrativos
		FT 5T - Potável Alimentação Torre Frio 1 e 2	FT 14P - Potável Laboratório
		FT 6T - Potável Alimentação Bancos de Gelo	FT 15P - Potável Piscina (Desativado)
		FT 1REC - Água Recuperada Torre Ar Comprimido (Desativado)	FT 16P - Potável CDA (Desativado)
		FT 2REC - Água Recuperada Torre CHE (Desativado)	FT 17P - Potável Entrada ENEF
		FT 3REC - Água Recuperada Torre Rio (Desativado)	FT 19P - Potável ETAR
		FT 3DE - Desmineralização (Desativado)	FT 20P - Potável Goliath (Desativado)
		FT CHE - Potável Sala Che (Avançado)	FT 21P - Potável Investimentos
			FT 22P - Potável Caldeiras

FT 1002 - Total Caudal Alimentação 101  
 FT 1003 - Total Caudal Alimentação ENEF  
 FT L1 - Potável Linha 1 Distribuição Fábrica  
 FT L2 - Potável Linha 2 Distribuição Fábrica

FT S101 - Caudal Tratamento Osmose Entrada  
 FT S201 - Caudal Tratamento Osmose Saída  
 FT S301 - Caudal Tratamento Osmose Recirculação  
 FT 05.05 - Osmotizada Caudal Entrada Tanques Intermediários Caldeiras  
 FT XX - Osmotizada Alimentação Tanque de Baixa (Caldeiras)  
 FT 06.14 - Osmotizada Circuito Retorno Água Processo S3

