



Manutenção Preventiva da Rede de Vapor e Condensados e Avaliação da Produção de Energia Térmica

EDUARDA SUSANA SOARES DE MELO

Julho de 2017

Manutenção Preventiva da Rede de Vapor e Condensados e Avaliação da Produção de Energia Térmica

EDUARDA SUSANA SOARES DE MELO

Julho de 2017

Orientador: Engenheiro Alcides Manuel Gonçalves

Co-Orientador: Doutora Isabel Maria Brás Pereira



*“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande.
Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.”*

Martin Luther King



AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação de Mestrado contou com a colaboração de algumas pessoas às quais quero prestar o meu agradecimento.

Ao Doutor Pedro Rodrigues e ao Engenheiro Pedro Frias, agradeço-lhes por permitirem a minha integração no Departamento de Manutenção da UNICER Bebidas, S.A. e por todas as dicas e sugestões que contribuíram para o enriquecimento do trabalho.

Agradeço ao Engenheiro Alcides Gonçalves, por toda a orientação, pelo enorme conhecimento que me transmitiu, pela confiança que em mim depositou para a realização de determinadas tarefas, pelo incentivo e, sobretudo, pela disponibilidade. Foi sem dúvida um grande apoio na realização deste trabalho e todas as palavras serão insuficientes para demonstrar a minha gratidão e admiração.

Reconheço igualmente a dedicação da minha coorientadora, Doutora Isabel Brás Pereira, pelo acompanhamento ao longo deste período, por se mostrar sempre disponível para ajudar a solucionar dúvidas que foram surgindo, por todas as sugestões de melhoria e por todas as palavras amigas de força e encorajamento.

Agradeço também ao Doutor António Alfredo Crispim, Diretor do Mestrado de Engenharia Química, por todas as palavras de apoio e incentivo.

A toda a equipa do Departamento de Manutenção e Produção quero também deixar o meu agradecimento pelo acolhimento admirável que me proporcionaram e o carinho com que me receberam. Agradeço ainda por toda a ajuda, pelas dicas e pela disponibilidade. Foram todos excecionais.

Ao Senhor Joaquim Correia por acompanhar fisicamente o meu trabalho de identificação da rede de vapor e condensados e por me transmitir os seus conhecimentos, o meu muito obrigada. Foi incansável.

Agradeço aos meus colegas estagiários Pedro Bastos, Ricardo Santos, Paulo Almeida, Alexandra Alves, João Gonçalves e Tiago Padilha, por toda a interajuda, cooperação, amizade e companhia nos intervalos do trabalho.

Aos meus pais, irmãos e irmão, por toda a amizade e carinho, por ouvirem os meus desabafos e por me apoiarem incondicionalmente, o meu sincero obrigada.

Quero expressar também a minha gratidão à Sandra Melo, por ser um exemplo de força e coragem, por todos os ensinamentos e bons conselhos e, acima de tudo, por ser a melhor madrinha que eu podia ter escolhido. Se fosse hoje, faria exatamente a mesma escolha.

Ao António Simões, um agradecimento especial por ter acompanhado bem de perto todo o meu percurso académico, por ser o primeiro a acreditar em mim, pelas palavras de incentivo, pela transmissão de confiança e de força, em todos os momentos. Por tudo, um enorme obrigada!



A presente dissertação surgiu no âmbito do Mestrado em Engenharia Química, ramo de Energia e Biorrefinaria, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). O projeto foi desenvolvido no Departamento de Manutenção da UNICER Bebidas, S.A., no Centro de Produção de Leça do Balio e teve como principais objetivos o desenvolvimento e implementação de um sistema de manutenção preventiva para a rede de vapor e condensados e a avaliação da eficiência energética da Cogeração e das caldeiras da Central Térmica.

De modo a atingir o primeiro objetivo enunciado, começou-se por efetuar uma identificação dos equipamentos da rede de vapor e condensados nas diferentes áreas da fábrica. Através dessa informação constituiu-se a rede de vapor e condensados no *software* SAP-PM (*Systems Applications and Product – Plant Maintenance*) e elaboraram-se diagramas em *Microsoft Visio* para cada uma das áreas identificadas. Seguidamente, definiram-se as tarefas de manutenção preventiva que devem ser realizadas em cada um dos equipamentos desta rede, possibilitando a elaboração de planos de manutenção preventiva no SAP-PM.

A manutenção preventiva aplicada à rede de vapor e condensados no período de estágio consistiu na inspeção de fugas, com o auxílio de uma câmara termográfica, aos equipamentos das áreas do Fabrico e das Adegas. Relativamente à inspeção da área do Fabrico, verificou-se que os purgadores de boia dos conjuntos de purga dos tanques de soda, C801 e C802, que fazem o *Cleaning in Place* (CIP) dessa área, permitiam a passagem direta de vapor. Assim, procedeu-se à aquisição de dois purgadores e determinaram-se os valores de *payback* obtendo-se 3 anos e 2 meses, para os purgadores associados aos tanques C801 e C802, respetivamente. Com a substituição dos purgadores, que foi feita no início do mês de junho, retomou-se o aproveitamento dos condensados, o que contribuiu para uma recuperação global de condensados de 74 %, cerca de 11 % mais do que a registada no mês anterior. A substituição dos purgadores permitiu ainda reduzir o consumo de vapor nesta área, em cerca de 28 %, face ao mês de maio, para uma diminuição de volume de mosto produzido de apenas 9 %. Estes resultados originaram o consumo específico de vapor mais baixo dos últimos 5 meses avaliados (fevereiro a junho de 2017).

Relativamente ao segundo objetivo, de avaliação do desempenho energético da Cogeração e das caldeiras da Central Térmica, foi possível desenvolver e atualizar folhas de cálculo, que podem ser utilizadas para controlo do desempenho diário destas unidades. Em termos de elementos novos, introduziu-se no programa de cálculo mais um circuito de recuperação de energia (“baixa temperatura” – LT). Foram registados os dados médios diários de caudais e de temperaturas de todas as correntes envolvidas, para cada uma das unidades produtoras de vapor. Através da análise efetuada verificou-se que a Cogeração apresentou, no mês de maio, um REE (Rendimento Elétrico Equivalente) constante e de aproximadamente 70,4 %. No que diz respeito às perdas energéticas, verificou-se que estas apresentaram valores praticamente invariáveis na ordem dos 13 %.

No que diz respeito às caldeiras, verificou-se que o rendimento médio das caldeiras 2 e 3 no mês de maio foi de 91 e de 71 %, respetivamente. Constatou-se ainda que o baixo rendimento da caldeira 3 se deveu, sobretudo, à produção de caudais horários de vapor muito abaixo da sua capacidade nominal, que contribuíram para elevadas perdas por radiação (em média 19 %).

De um modo geral, concluiu-se que com o desenvolvimento do sistema de manutenção preventiva se criou uma ferramenta que mostrou ser muito útil na identificação de situações de perdas

de energia significativas e respetiva correção. O estudo do desempenho energético, em paralelo, permitiu evidenciar a importância de desenvolver e manter atualizado um sistema de gestão de energia robusto, fiável e simultaneamente de utilização expedita. Considera-se que o trabalho desenvolvido constitui uma contribuição importante para o desenvolvimento desse sistema de gestão.

Palavras-chave: Rede de vapor e condensados, manutenção preventiva, SAP-PM, eficiência energética

This master thesis reports the progress of a project carried out at Maintenance Department of UNICER Bebidas, S.A., at the Production Center of Leça do Balio, in the frame of Chemical Engineering Master Degree of Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) from Polytechnic of Porto. The work aimed the development and application of a preventive maintenance system for the steam and condensates loop, and the evaluation of Cogeneration efficiency as well as the energetic efficiency of Thermal Plant boilers.

To attain the first objective, it was made an identification of the steam and condensates loop in the different factory areas. Through this information, it was possible to organize the steam and condensates loop in SAP-PM (Systems Applications and Product – Plant Maintenance) and to develop Microsoft Visio diagrams for each of the identified areas. After that, preventive maintenance tasks were defined for each equipment, enabling the planning of preventive maintenance procedures in SAP-PM.

During the internship period, the preventive maintenance applied to the steam and condensates loop consisted in the leaks inspection to all equipment in Manufacturing and Wineries areas, using a thermographic camera. Regarding the inspection performed in the manufacturing area, it was observed that the ball float steam traps of the soda tanks, C801 and C802, that do the Cleaning in Place (CIP) of that area, allowed the direct passage of steam. Thereby the acquisition of two steam traps was the next step. The payback values were determined, resulting in 3 years and 2 months, for the steam traps associated to C801 and C802 tanks, respectively. With the replacement of these steam traps that took place at the beginning of June, it was possible to harness the condensates, contributing to an overall recovery of 74 %, about 11 % more than in the previous month. Replacing the steam traps also allowed the reduction of 28 % in steam consumption, compared with May, for a decrease on the wort produced volume of only 9 %. This specific steam consumption was the lowest observed value of the last 5 months evaluated (February to June 2017).

In relation to the second objective, the evaluation of the energetic performance of the Cogeneration and Thermal Plant boilers, it was possible to develop and update the spreadsheets that can be used to control the daily performance of these units. In terms of new elements, one more circuit of energy recovery (“low temperature” – LT) was introduced in the program. The average daily flowrates and temperatures of all the streams involved were recorded for the steam generator units. Through this data analysis, it was verified that in May, Cogeneration Unit presented a constant Equivalent Electric Efficiency of 70,4 %. Considering the energy losses, they were almost invariable and around 13 %.

Concerning the boilers, it was found that the average efficiency of boilers numbers 2 and 3 in May was 91 % and 71 %, respectively. It was also found that the low efficiency value observed for boiler number 3 was mainly due to the hourly flow rates of steam production deeply below its nominal capacity, that contributed to high radiation losses (averaging 19 %).

In general, it was concluded that with the development of the preventive maintenance system, a tool was created and it showed to be very useful in the identification of situations of significant energy losses and their correction. In parallel, the energetic performance study allowed to demonstrate the importance of developing and keeping updated a robust, reliable and simultaneously

expeditious energy management system. It is considered that the developed work represents an important contribution for the development of this management system.

Keywords: Steam and condensates loop, preventive maintenance, SAP-PM, energetic efficiency.

Capítulo 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento e objetivos	1
1.2. Apresentação da empresa.....	2
1.3. Estrutura e organização da dissertação	3
Capítulo 2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE UMA REDE DE VAPOR E CONDENSADOS	5
2.1. Produção de vapor	5
2.1.1 Tipos de caldeiras e principais características.....	5
2.1.2 Eficiência das caldeiras.....	7
2.1.3 Água de alimentação e recuperação de condensados.....	8
2.2. Circuito da rede de vapor e condensados.....	9
2.3. Equipamentos da rede de vapor e condensados	10
2.3.1. Coletor de vapor.....	10
2.3.2. Conjunto de purga.....	11
2.3.3. Conjunto de admissão de vapor.....	16
2.3.4. Conjunto de bombagem de condensados.....	18
2.4. Manutenção da rede de vapor e condensados.....	19
2.4.1 Manutenção corretiva e manutenção preventiva	19
2.4.2. Fugas de vapor	19
2.4.3. Instrumentos de identificação de fugas de vapor.....	20
Capítulo 3. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE VAPOR NA UNICER BEBIDAS, S.A.	23
3.1. Produção de vapor na UNICER Bebidas, S.A.	23
3.1.1. Unidade de Cogeração	23
3.1.2. Central Térmica	26
3.2. Utilização de vapor na UNICER Bebidas, S.A.	27
3.2.1 Utilização de vapor nas diferentes áreas	27
3.2.2 Processo de produção e enchimento da cerveja [22]	30
3.3. Iniciação de sistema de gestão de energia.....	33
3.3.1. Eficiência da Cogeração.....	35

3.3.2. Eficiência das caldeiras da Central Térmica	37
Capítulo 4. DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA A REDE DE VAPOR E CONDENSADOS.....	41
4.1. “Levantamento” da rede de vapor e condensados.....	41
4.2. Constituição da rede de vapor e condensados no SAP-PM	44
4.3. Elaboração de diagramas da rede de vapor e condensados.....	46
4.4. Materiais para manutenção preventiva.....	50
4.5. Lista de tarefas de manutenção preventiva.....	51
4.6. Elaboração de planos de manutenção preventiva	53
Capítulo 5. AVALIAÇÃO DA REDE DE VAPOR E CONDENSADOS DA UNICER BEBIDAS, S.A.....	55
5.1. Situação atual do consumo de vapor na UNICER Bebidas, S.A.	55
5.2. Avaliação da rede de vapor e condensados da área do Fabrico	58
5.2.1. Consumo específico de vapor no Fabrico	58
5.2.2. Inspeção dos equipamentos da rede de vapor e condensados na área do Fabrico	58
5.2.3. Dimensionamento de purgadores.....	62
5.2.4. Sugestões de melhorias térmicas para a área do Fabrico.....	66
5.3. Avaliação termográfica dos conjuntos de purga da área das Adegas.....	67
Capítulo 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	69
LISTA DE REFERÊNCIAS	73
ANEXO A - Dados e cálculos associados à determinação da eficiência das caldeiras da Central Térmica e da Cogeração.....	75
ANEXO B - Excerto de ficheiro Excel com a caracterização dos equipamentos identificados na área do Fabrico.	81
ANEXO C - Diagramas elaborados para a rede de vapor e condensados.....	83
ANEXO D - Excerto do ficheiro Excel elaborado para codificação de materiais	87
ANEXO E - Procedimentos de Operação Standard (POS) elaborados para o detetor ultrassónico e para a câmara termográfica	89
ANEXO F - Dimensionamento de purgadores	93
ANEXO G - Determinação da recuperação de condensados	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Marcas do grupo UNICER Bebidas, S.A. [1]	2
Figura 1.2 – Estrutura do capital da UNICER Bebidas S.A. [1]	2
Figura 1.3 – Presença da UNICER Bebidas S.A. no mundo e os principais destinos de vendas [1]	3
Figura 2.1 – Exemplo de uma caldeira pirotubular com três passagens. Adaptado de [2].....	6
Figura 2.2 – Circuito típico da rede de vapor e condensados. Adaptado de [5]	9
Figura 2.3 – Coletor de vapor com reservatório para drenagem de condensados. Adaptado de [2] ..	11
Figura 2.4 – Funcionamento da cápsula do purgador termostático de pressão balanceada. Adaptado de [2]	12
Figura 2.5 – Funcionamento das placas metálicas do purgador bimetálico. Adaptado de [7]	12
Figura 2.6 – Purgador de flutuador com eliminador de ar termostático. Adaptado de [2].....	13
Figura 2.7 – Purgador termodinâmico. Adaptado de [2]	14
Figura 2.8 – Funcionamento de um purgador termodinâmico. Adaptado de [2].....	14
Figura 2.9 – Exemplo de conjunto de purga. Adaptado de [2]	16
Figura 2.10 – Conjunto redutor de pressão ideal. Adaptado de [2].....	16
Figura 2.11 – Retorno de condensados através de bomba mecânica. Adaptado de [2]	18
Figura 2.12 – Quantidade de vapor perdida, em kg/h, em função da pressão de vapor, em bar, para várias dimensões de orifícios que permitem fugas, em mm. Adaptado de [12]	20
Figura 3.1 – Diferentes fases do ciclo de Otto [20]	24
Figura 3.2 – Esquema representativo da Cogeração.....	25
Figura 3.3 – Esquema representativo da Central Térmica	27
Figura 3.4 – Consumo de vapor nas diferentes áreas da UNICER Bebidas, S.A. no mês de maio de 2017	28
Figura 3.5 – Consumo relativo de vapor, em %, nas diferentes áreas da UNICER Bebidas, S.A. no ano de 2016.....	29
Figura 3.6 – Consumo relativo de vapor, em %, nas diferentes áreas da UNICER Bebidas, S.A. nos primeiros 5 meses de 2017	29
Figura 3.7 – Esquema representativo do processo de produção da cerveja	31
Figura 3.8 – Modelo que representa a produção e a utilização de energia na UNICER Bebidas, S.A. ..	34
Figura 3.9 – Esquema representativo do desempenho energético da Cogeração	35
Figura 3.10 – Resultados diários das perdas energéticas e do REE no mês de maio	36
Figura 3.11 – Esquema representativo do desempenho energético da caldeira 2.....	38
Figura 3.12 – Esquema representativo do desempenho energético da caldeira 3.....	38
Figura 3.13 – Resultados diários do rendimento das caldeiras no mês de maio	39
Figura 4.1 – Modelo do conjunto de purga.....	42
Figura 4.2 – Modelo do coletor de vapor.....	42
Figura 4.3 – Modelo do conjunto de bombagem de condensados.....	43

Figura 4.4 – Colocação de identificação em tubagem sem identificação	44
Figura 4.5 – Estrutura inicial do SAP-PM relativo à rede de vapor e condensados	44
Figura 4.6 – Estrutura criada no SAP-PM relativo à rede de vapor e condensados.....	45
Figura 4.7 – Constituição da rede de vapor e condensados da área do Fabrico no SAP-PM.....	46
Figura 4.8 – Diagrama elaborado para a da rede de vapor e condensados da área do Fabrico.....	47
Figura 4.9 – Equipamentos e conjuntos de manutenção das diferentes áreas criadas no SAP-PM, no âmbito do presente trabalho	49
Figura 4.10 – Exemplo de OPL elaborada para um equipamento da rede de vapor e condensados ...	51
Figura 4.11 – Exemplo de plano de manutenção preventiva elaborado para um equipamento da rede de vapor e condensados	54
Figura 5.1 – Gráfico que relaciona o KPI do vapor com o volume de cerveja engarrafada correspondente	57
Figura 5.2 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) das válvulas do coletor de vapor principal do Fabrico com e sem isolamento	59
Figura 5.3 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) de dois conjuntos de purga de linha com purgador termodinâmico a operar corretamente	59
Figura 5.4 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) de um conjunto de purga com purgador de boia a operar corretamente	60
Figura 5.5 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga ligado à serpentina do tanque C801.....	60
Figura 5.6 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga ligado à serpentina do tanque C802.....	61
Figura 5.7 – Gráfico de capacidades de purgadores da Empresa 2	63
Figura 5.8 – Recuperação de condensados, em %, registados ao longo do ano de 2017.....	64
Figura 5.9 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga ligado à serpentina do tanque C801, a trabalhar corretamente depois de substituído	65
Figura 5.10 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga ligado à serpentina do tanque C802, a trabalhar corretamente depois de substituído	65
Figura 5.11– Isolamento térmico das caldeiras de fabrico do mosto (imagem gentilmente cedida pelo Engenheiro Pedro Frias).....	66
Figura 5.12 – Camisas de isolamento térmico para conjuntos de manutenção	67
Figura 5.13 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga de linha do vapor que aquece o CIP na área do arrefecimento do mosto, com passagem direta de vapor.....	68
Figura 5.14 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga de linha do vapor que aquece o CIP na área do arrefecimento do mosto, a funcionar corretamente depois de substituído.....	68
Figura A.1 – Esquema representativo do circuito LT.....	78

Figura A.2 – Variação da massa volúmica, ρ , em kg/m^3 , com a temperatura, em $^{\circ}\text{C}$, de uma solução de água com 35 % glicol [30].....	79
Figura A.3 – Variação do calor específico, C_p , em $(\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}))$, com a temperatura, em $^{\circ}\text{C}$, de uma solução de água com 35 % glicol [30].....	79
Figura B.1 – Excerto de ficheiro Excel preenchido com a caracterização dos equipamentos identificados na área do Fabrico.....	81
Figura C.1 - Diagrama elaborado para a rede de vapor e condensados da área da Central Térmica e Cogeração.....	84
Figura C.2 – Diagrama elaborado para a rede de vapor e condensados da área das Adegas	85
Figura C.3 – Diagrama elaborado para a rede de vapor e condensados da área do Enchimento	86
Figura D.1 – Excerto do ficheiro Excel elaborado para codificação dos materiais fornecidos pela Empresa A.....	88
Figura E.1 – POS elaborado para o detetor ultrassónico	90
Figura E.2 – POS elaborado para a câmara termográfica.....	91
Figura F.1 – Variação da condutividade, em $\mu\text{S}/\text{cm}$, com a concentração, em % (m/m) de soluções aquosas [31]	93
Figura F.2 – Variação da massa volúmica, ρ , em kg/dm^3 , com a T, em $^{\circ}\text{C}$, para uma solução de 2 % NaOH [32]	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Lista de tarefas de manutenção preventiva para a rede de vapor e condensados da UNICER Bebidas, S.A.	52
Tabela 5.1 – Valores do KPI do vapor obtidos em 2017.....	55
Tabela 5.2 – Valores do KPI do vapor obtidos em 2016.....	56
Tabela 5.3 – Valores do CE do vapor na área do Fabrico obtidos em 2017.....	58
Tabela 5.4 – Características das soluções de soda contidas nos tanques C801 e C802.....	62
Tabela 5.5 – Resultados obtidos para o dimensionamento do purgador.....	62
Tabela 5.6 – Informação relativa às propostas de purgadores apresentadas pela Empresa 1 e pela Empresa 2.....	63
Tabela A.1 – Composição molar do gás natural e do biogás.....	75
Tabela A.2 – Resultados de energia associados a cada um dos equipamentos do circuito LT (base: 1h de funcionamento).....	80
Tabela G.1 – Registo dos consumos de água alimentada a cada uma das caldeiras e de água desmineralizada.	97
Tabela G.2 – Recuperação de condensados para os meses de janeiro a maio de 2017.....	97

LISTA DE SIGLAS

CE	Consumo Específico
CIP	<i>Cleaning In Place</i>
DN	Diâmetro Nominal
EC	Energia Primária Consumida
ECR	Equivalente Energético Recursos Renováveis
EE	Energia Elétrica
EN	<i>European Norm</i>
ET	Energia Térmica
ETA	Estação de Tratamento de Águas
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
HT	<i>High Temperature</i>
ISO	<i>International Standards Organization</i>
LB	Leça do Balio
LT	<i>Low Temperature</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
OPL	<i>One Point Lesson</i>
PGSC	Perdas nos Gases Secos de Combustão
PHAC	Perdas na Humidade do Ar de Combustão
PM	<i>Plant Maintenance</i>
PN	Pressão Nominal
POS	Procedimento Operacional <i>Standard</i>
PP	Perdas nas Pugas
PRO	Perdas de Radiação e Outras
REE	Rendimento Elétrico Equivalente
SAP	<i>Systems Applications and Product</i>
SGE	Sistema de Gestão de Energia
TDS	<i>Total Dissolved Solids</i>



LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição	Unidades
B	caudal mássico de água purgada	kg/h
c_p	calor específico	kJ/(kg.°C)
E	energia	kJ
F	caudal mássico do combustível	kg/h
h	entalpia específica	kJ/kg
H_i	fração mássica do hidrogénio no combustível	
h_v	entalpia específica do vapor	kJ/kg
M	fração mássica da humidade no combustível	
m	massa	kg
\dot{m}	caudal mássico	kg/h
PCI	poder calorífico inferior	kJ/kg
P_j	pressão a jusante	barg
P_m	pressão a montante	barg
$Q_{\text{útil}}$	calor fornecido à água para transformá-la em vapor	kJ/h
Q_{total}	calor libertado pelo combustível no momento de queima	kJ/h
T	temperatura	°C
\bar{T}	temperatura média	°C
t	tempo	h
y	humidade específica do ar	kg H ₂ O/kg ar seco
ΔP	pressão diferencial	barg
ΔT	variação da temperatura	°C
ρ	massa volúmica	kg/m ³
η	eficiência térmica	%
μ	condutividade	μS/cm
λ	calor latente de vaporização	kJ/kg

Capítulo 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório surgiu no âmbito da unidade curricular Dissertação/Estágio do Mestrado em Engenharia Química, ramo de Energia e Biorrefinaria, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). O projeto foi desenvolvido no Departamento de Manutenção da UNICER Bebidas, S.A., no centro de produção de Leça do Balio. Apresentou como principais objetivos a implementação de manutenção preventiva na rede de vapor e condensados da UNICER Bebidas, S.A. e a avaliação do desempenho energético das unidades de produção de vapor, a Cogeração e as caldeiras da Central Térmica.

1.1. Enquadramento e objetivos

Muitas indústrias necessitam nos seus processos de produção de meios de aquecimento e existem diversos fluidos que reúnem condições para que possam ser utilizados com essa finalidade. Atendendo às características de cada um desses fluidos, a água, na forma de vapor, é muitas vezes o fluido escolhido reconhecendo-se-lhe inúmeras vantagens como a disponibilidade, a facilidade de obtenção, a qualidade, o transporte de grande quantidade de energia em pouca massa e as propriedades bem definidas e conhecidas.

Para que a troca de energia térmica seja exequível, o sistema de distribuição de vapor que faz o elo de ligação entre o produtor central de vapor e o utilizador de vapor deve garantir que o vapor seja entregue em segurança, com boa qualidade, na quantidade e pressão necessárias, com o mínimo de perdas de calor ao longo do percurso. Os condensados – que resultam da troca de calor do vapor para o fluido que se pretendeu aquecer, ou da perda de calor para o ar envolvente, ou do arranque do sistema em que as condutas estão frias – contêm energia valiosa, bem como água de excelente qualidade para a alimentação da caldeira, de modo que, a sua recuperação traduz-se numa poupança de energia, de água e no tratamento desta.

De modo a possibilitar a distribuição do vapor nas condições exigidas e para que se consiga recuperar o máximo de condensados, entende-se que as instalações devem estar em perfeitas condições de funcionamento, tornando-se necessário que sejam efetuadas reparações aos equipamentos, inspeções, rotinas preventivas, limpezas, pinturas, lubrificações, entre outros, podendo denominar este conjunto de tarefas como o processo de manutenção. A manutenção a realizar aos equipamentos da rede de vapor e condensados deve ser uma intervenção preparada e programada visando a intenção de prevenir ou reduzir a probabilidade de falhas, designando-se por manutenção preventiva.

Face à temática abordada, este projeto teve como principal objetivo a identificação de todos os equipamentos existentes na rede de vapor e condensados da UNICER Bebidas, S.A. quer sejam coletores de vapor, conjuntos de purga, conjuntos de admissão de vapor e conjuntos de bombagem

de condensados, e o seu registo no SAP (*Systems Applications and Product*) com a finalidade de elaborar e implementar planos de manutenção preventiva na rede de vapor e condensados.

Paralelamente a este objetivo, foi também proposto que fosse realizada uma avaliação do desempenho energético das unidades de produção de vapor, que no caso da UNICER Bebidas, S.A. são a Cogeração e a Central Térmica, com vista a desenvolver um sistema de gestão de energia (SGE).

1.2. Apresentação da empresa

A UNICER Bebidas S.A. é uma empresa líder no setor das bebidas em Portugal. A sua principal atividade centra-se no negócio das cervejas e das águas engarrafadas. Encontra-se também presente nos segmentos dos refrigerantes, dos vinhos, na produção e comercialização de malte e no negócio do turismo, por meio da gestão dos Parques Lúdico-Termiais de Vidago e Pedras Salgadas. Na figura 1.1 apresentam-se as marcas pertencentes ao grupo UNICER Bebidas S.A. [1].



Figura 1.1 – Marcas do grupo UNICER Bebidas, S.A. [1]

O capital desta empresa é maioritariamente português, constituído em 56 % pelo Grupo VIACER, que por sua vez integra BPI, Arsopi e Violas, e em 44 % pelo Grupo Carlsberg. Na figura 1.2 apresenta-se a estrutura do capital da UNICER Bebidas S.A. [1].

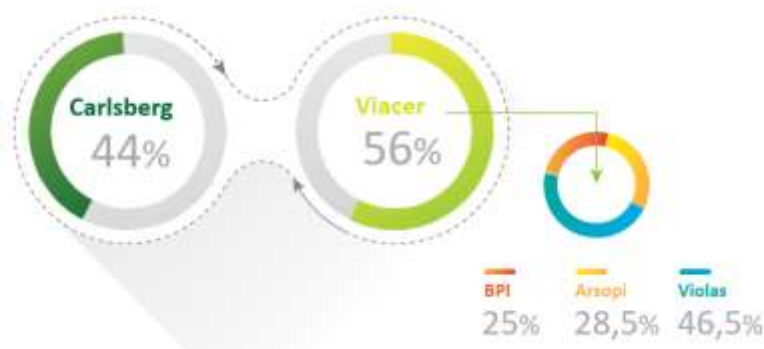


Figura 1.2 – Estrutura do capital da UNICER Bebidas S.A. [1]

A UNICER Bebidas S.A. conta, atualmente, com 8 centros de produção: Leça do Balio, Pedras Salgadas, Castelo de Vide, Caramulo, Envendos, Melgaço, Póvoa do Lanhoso e Poceirão. O centro de Leça do Balio foi inaugurado a 28 de setembro de 1964. Ao longo dos anos a unidade fabril tem vindo a sofrer várias alterações, mas foi no ano de 2012 que se iniciou a maior intervenção, quando a empresa arrancou com um projeto de modernização industrial que pretendeu transformar a fábrica numa das melhores da Europa a nível de qualidade, eficiência e serviço, com uma capacidade de 450 milhões de litros anuais [1].

Para além de Portugal, a empresa encontra-se bem cimentada a nível internacional, estando presente em mais de 50 países dispersos por todo o Mundo. Na figura 1.3 evidencia-se a presença da UNICER Bebidas S.A no Mundo e os principais destinos de vendas [1].



Figura 1.3 – Presença da UNICER Bebidas S.A. no mundo e os principais destinos de vendas [1]

A UNICER Bebidas S.A., consciente dos impactos que a sua atividade poderá desencadear no Ambiente e na Comunidade, tem cada vez mais integrado a sustentabilidade na estratégia do seu negócio, focando-se em 5 áreas consideradas prioritárias: Pegada Ecológica, “As Nossas Pessoas”, Comunidade, Consumidor e Parceiros de Negócios, com o objetivo comum de assegurar as necessidades das gerações atuais sem comprometer as necessidades das gerações futuras [1].

1.3. Estrutura e organização da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. O primeiro reflete a contextualização do tema abordado, os principais objetivos e uma breve caracterização da empresa onde o projeto foi desenvolvido.

O segundo capítulo contempla os fundamentos teóricos que permitiram conhecer melhor o funcionamento de uma rede de vapor e condensados e o tipo de manutenção que lhe deve ser aplicada.

No terceiro capítulo descrevem-se e caracterizam-se as unidades produtoras de vapor, a Central Térmica e a Cogeração. Apresentam-se as áreas da fábrica que utilizam vapor, dando maior ênfase às áreas onde ocorre a produção de cerveja. Apresenta-se, ainda, a análise de desempenho energético efetuada para as duas unidades produtoras de vapor.

No quarto capítulo expõem-se as atividades desenvolvidas que permitiram alcançar as condições necessárias para a elaboração de planos de manutenção preventiva para a rede de vapor e condensados no SAP-PM.

No quinto capítulo começa-se por abordar a situação corrente relativa ao consumo de vapor na fábrica. Apresenta-se também a inspeção termográfica efetuada nas duas áreas com maior consumo de vapor: Fabrico e Adegas, bem como algumas sugestões de melhoria.

No último capítulo exibem-se as principais conclusões do trabalho realizado e apresentam-se algumas sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE UMA REDE DE VAPOR E CONDENSADOS

O vapor saturado seco é, normalmente, o fluido escolhido pelas indústrias que necessitam de uma fonte de energia térmica nos seus processos. Esta escolha deve-se à disponibilidade do fluido que lhe dá origem, a água líquida, e à elevada capacidade de transferir grandes quantidades de calor por unidade de área.

Neste capítulo apresentam-se conceitos sobre a produção de vapor, componentes que a rede que o transporta deve ter para que seja eficiente e segura e o tipo de manutenção a que deve ser submetida.

A referência principal de consulta neste capítulo foi o livro *The Steam and Condensate Loop* (Spirax Sarco, 2007) [2]. A maioria das figuras utilizadas para ilustrar algumas das descrições foram adaptadas dessa mesma fonte.

2.1. Produção de vapor

Em termos de utilização como fluido de aquecimento ou arrefecimento na indústria dos países ocidentais e desenvolvidos, pode considerar-se que a água é um recurso abundante e barato. Quando se adiciona energia sob a forma de calor à água, a sua temperatura aumenta até atingir um valor designado por temperatura de saturação, que varia consoante a pressão. Ao continuar a fornecer energia, a partir do ponto de saturação, e mantendo a pressão constante, a água converte-se em vapor [2].

A quantidade de energia térmica total disponível no vapor corresponde à soma do calor sensível e do calor latente. O calor latente é o primeiro a ser cedido ao processo ou espaço que se pretende aquecer e corresponde a cerca de 70 a 80 % da energia total do vapor [2].

O vapor é produzido em geradores de vapor, também designados por caldeiras, e são frequentemente os equipamentos de maior dimensão do circuito de vapor. Nas indústrias em que existem necessidades de vapor elevadas e variáveis é frequente aplicarem-se várias caldeiras em paralelo. Esta prática permite centralizar todas as caldeiras num só local, reduzindo significativamente os custos de instalação e de operação [2].

2.1.1 Tipos de caldeiras e principais características

As caldeiras podem ser classificadas em piro-tubulares ou aquo-tubulares. Nas piro-tubulares os gases de combustão circulam pelo interior dos tubos e transferem calor para a água da caldeira que

os rodeia. Nas aquotubulares o processo desencadeia-se de forma inversa, isto é, a água circula no interior dos tubos e os gases de combustão no exterior dos mesmos [2].

Os gases de combustão são o resultado da queima de um determinado combustível. Como mencionado anteriormente, são os gases de combustão que vão ceder calor à água para que esta vaporize. Os combustíveis mais utilizados são o carvão, o fuel óleo e o gás natural [2].

As caldeiras pirotubulares são as que mais se utilizam na indústria pois apresentam como vantagem o baixo custo quando comparadas com as aquotubulares. No entanto, apresentam limitações, uma vez que normalmente não são adequadas para pressões superiores a 20 bar e caudais maiores que 25 ton/h. Os avanços que se têm vindo a registar nos processos de fabrico das caldeiras permitiram a acomodação de mais tubos dentro da caldeira. Com esta alteração, que permite a passagem dos gases de combustão para a frente e para trás dentro de uma série de tubos, as caldeiras passaram a ser mais compactas e passaram a ter maiores taxas de transferência de calor. Estas caldeiras passaram também a ser classificadas de acordo com o número de passagens, isto é, o número de vezes que os gases de combustão passam pela caldeira, sendo que a primeira diz respeito à passagem na zona da fornalha. A caldeira mais comum é a de três passagens, com duas zonas de tubos e a saída dos gases de combustão pela parte de trás da caldeira, conforme se pode ver na figura 2.1 [2].

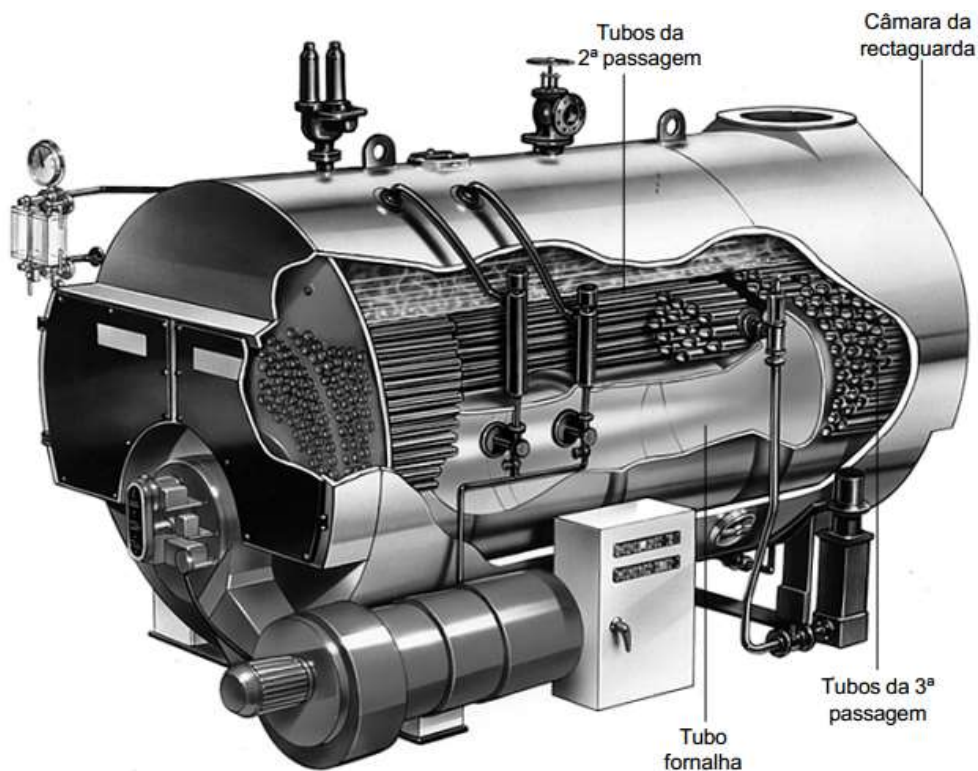


Figura 2.1 – Exemplo de uma caldeira pirotubular com três passagens. Adaptado de [2]

As caldeiras aquotubulares, por sua vez, não apresentam restrições de operação relativamente à pressão e temperatura, mas como apresentam um custo elevado, só se utilizam para médias e altas pressões, e grandes caudais de vapor [2].

Independentemente da caldeira utilizada, o vapor à saída desta será sempre vapor saturado. Quando se pretende produzir vapor sobreaquecido torna-se necessário forçar a passagem do vapor saturado por um conjunto de tubos localizados dentro da zona da fornalha, onde é promovido o

aquecimento para lá da temperatura de saturação até se tornar sobreaquecido. Para que isto seja exequível é imprescindível que a caldeira incorpore tubos de sobreaquecimento e para este efeito são normalmente utilizadas as aquotubulares [2].

2.1.2 Eficiência das caldeiras

É extremamente importante que as caldeiras e os elementos que as constituem estejam devidamente dimensionados para operarem com uma eficiência elevada. Se uma caldeira tiver de responder a um pico de carga acima da sua potência máxima contínua, apresentará uma eficiência reduzida. A sua pressão pode descer e com isso arrastar água líquida, produzindo vapor com elevado teor de humidade e de baixa qualidade. Por outro lado, se a caldeira tiver de operar muito abaixo da sua capacidade nominal, as perdas por radiação podem ser elevadas e, uma vez mais, a eficiência diminuirá [2].

É igualmente importante dispor de equipamentos de queima que consigam responder corretamente às variações de carga mantendo uma relação combustível/ar adequada, pois normalmente as maiores perdas de calor dão-se na descarga dos gases de combustão para a atmosfera. Se a combustão estiver bem controlada, existirá apenas uma pequena quantidade de ar em excesso. Os gases de combustão vão apresentar um teor de dióxido de carbono elevado, próximo do valor máximo correspondente à queima completa estequiométrica, e uma pequena quantidade de oxigénio. Se isto coincidir com superfícies de transferência de calor limpas, será aproveitada uma grande percentagem de calor e a temperatura dos gases não será excessivamente elevada. Se as superfícies de aquecimento estiverem sujas ou se a combustão se der com um excesso de ar demasiado elevado, os gases de combustão terão uma percentagem mais reduzida de dióxido de carbono e um teor de oxigénio demasiado elevado. A resistência adicional à transferência de calor terá como consequência os gases de combustão saírem da caldeira com uma temperatura mais elevada, o que vai aumentar as perdas de energia e piorar a eficiência da caldeira [2].

Para aumentar a eficiência das caldeiras é normalmente utilizado um economizador. Este equipamento é instalado à saída dos gases de combustão. Como estes ainda possuem conteúdo energético significativo, o economizador é utilizado como meio de pré-aquecimento da água de alimentação, antes desta entrar na caldeira [2].

O rendimento térmico ou eficiência térmica de uma caldeira pode ser determinada pelo método direto ou indireto. A determinação pelo método direto consiste em obter a razão entre o calor útil e o calor total, conforme mostra a equação 2.1 [3].

$$\eta = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{total}}} \times 100 \quad (2.1)$$

em que o calor útil, $Q_{\text{útil}}$, corresponde à quantidade de calor fornecido à água líquida para a transformar em vapor. Esta quantidade pode ser definida pela equação 2.2.

$$Q_{\text{útil}} = \dot{m}_{\text{vapor}} \times (h_{\text{vapor}} - h_{\text{água}}) \quad (2.2)$$

sendo que \dot{m}_{vapor} , corresponde ao caudal mássico de vapor gerado pela caldeira, em kg/h, e h_{vapor} e $h_{\text{água}}$, são, respetivamente, a entalpia do vapor e da água, em kJ/kg.

O calor total, Q_{total} , corresponde ao calor passível de ser gerado pelo combustível no momento de queima. Pode ser definido pela equação 2.3.

$$Q_{total} = \dot{m}_{combustível} \times PCI \quad (2.3)$$

em que $\dot{m}_{combustível}$, corresponde ao caudal mássico de combustível utilizado, em kg/h e PCI , diz respeito ao poder calorífico inferior do combustível, em kJ/kg.

O método indireto, também conhecido como método das perdas, baseia-se num conjunto de equações que traduzem as várias perdas associadas à geração de vapor e é traduzido pela equação 2.4 [4].

$$\eta = \left(1 - \frac{\sum perdas}{PCI}\right) \times 100 \quad (2.4)$$

A descrição deste método apresenta-se no anexo A.1, aplicado para a determinação do rendimento das caldeiras existentes na UNICER Bebidas, S.A.

Obter uma combustão eficiente e dispor de um economizador é favorável. Porém, a função das caldeiras é produzir vapor seco, de boa qualidade e com a pressão adequada. Se no final o vapor produzido arrastar consigo muita água e por consequência disso sólidos dissolvidos, a eficiência da caldeira perde o seu protagonismo, no controlo do processo. Há, por isso, outros fatores que influenciam o desempenho das caldeiras e a qualidade da água de alimentação é um deles.

2.1.3 Água de alimentação e recuperação de condensados

Todas as águas naturais contêm vários tipos de substâncias dissolvidas, destacando-se os carbonatos e os sulfatos de cálcio e magnésio e o cloreto de cálcio. Estas substâncias são passíveis de originarem incrustações ou corrosão. Por este motivo, a água de alimentação das caldeiras tem de ser submetida a um controlo químico rigoroso. Caso contrário, as superfícies de transferência de calor ficariam incrustadas, provocando uma redução na transferência de calor, e, conseqüentemente, na eficiência da caldeira [2].

O pH é outro parâmetro da água que deve ser rigorosamente controlado, bem como a sua alcalinidade. Se o pH da água não for definido corretamente, a acidez excessiva afetará as superfícies metálicas da caldeira. Por outro lado, se a alcalinidade for elevada, podem surgir outros problemas tais como a formação de espumas e conseqüente arrastamento de sólidos. Esta situação provocará a formação de depósitos o que poderá contribuir para o bloqueio ou funcionamento anormal de elementos existentes na rede de vapor [2].

À medida que se vai produzindo vapor, a concentração de sólidos totais dissolvidos (TDS, *Total Dissolved Solids*) na água da caldeira aumenta, havendo necessidade de os remover periodicamente. Este processo designa-se por purga TDS e é passível de ser executada apenas enquanto a água da caldeira estiver agitada. Quando a agitação pára, os sólidos depositam-se no fundo da caldeira e se não forem removidos, poderão criar incrustações, que diminuirão a transferência de calor, conforme evidenciado anteriormente. O processo de remoção dos sólidos do fundo da caldeira denomina-se por purga de fundo [2].

Os condensados, que resultam da perda de calor latente do vapor para o utilizador final ou para o meio ambiente, são água quente de elevada qualidade. O seu aproveitamento como água de

alimentação às caldeiras deve ser o máximo possível. Com isso reduzir-se-ão os custos associados à água de compensação, ao seu tratamento e ao seu aquecimento [2].

2.2. Circuito da rede de vapor e condensados

Na figura 2.2 representa-se esquematicamente e de uma forma bastante simplificada um circuito típico de uma rede de vapor e condensados. O esquema inclui uma caldeira e diferentes utilizadores de vapor (permutadores de calor e outros sistemas de aquecimento). Como se pode observar, os condensados são recuperados, voltando a ser usados como água de alimentação à caldeira, em conjunto com a água de compensação, para a produção de vapor [5].

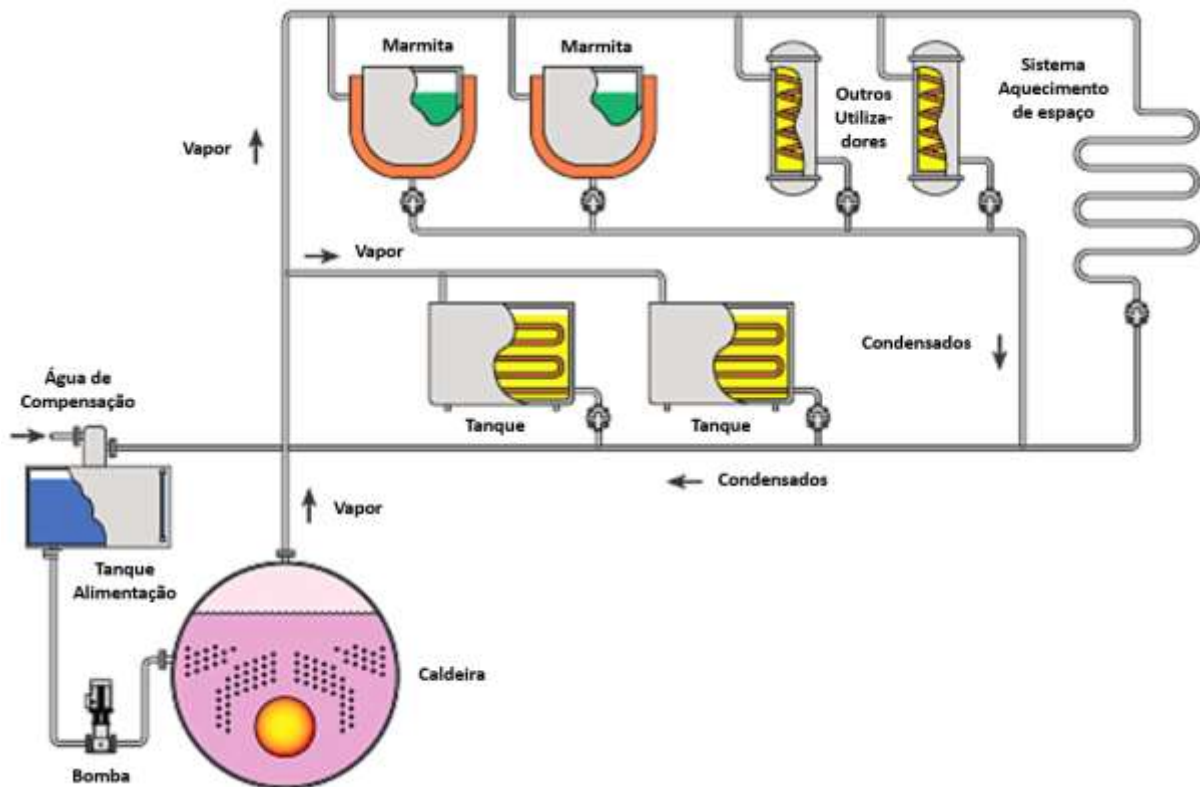


Figura 2.2 – Circuito típico da rede de vapor e condensados. Adaptado de [5]

Para além dos equipamentos representados, existem outros elementos importantes numa rede de vapor e de condensados que o esquema da figura 2.2 não evidencia.

Depois do vapor ser produzido é enviado para um coletor (de produção) de vapor. A partir deste coletor, o vapor segue para um coletor de distribuição, que tal como o nome sugere, será o responsável por distribuir o vapor até aos locais de utilização, servindo-se de tubagens secundárias de menores diâmetros. Quando o vapor passa pela primeira vez ao fim de algum tempo na tubagem que o conduz para o utilizador, esta encontra-se fria. Isso fará com que o vapor inicial sirva apenas para aquecer a tubagem fria, já que ao entrar em contacto com ela irá condensar de imediato. A isto chama-se “consumo de arranque”. Depois da tubagem estar quente o vapor continuará a condensar, embora em menor quantidade, pois irá ceder calor para o ar envolvente que se encontra a uma temperatura inferior, designando-se este por “consumo em regime”. Para minimizar as perdas de calor para o meio ambiente, todas as condutas de vapor devem estar devidamente isoladas, bem como todos os

elementos que constituem esta rede. Uma tubagem horizontal de aço carbono, com diâmetro nominal de 2" e com a temperatura do vapor a 160 °C, apresenta uma perda de calor de aproximadamente 500 W/m, enquanto que, se a mesma tubagem possuir um isolamento de lã de rocha de 20 mm e uma chapa de proteção de alumínio, as perdas serão de aproximadamente 60 W/m, considerando em ambos os casos uma temperatura ambiente de 20 °C [6].

Os condensados resultantes da perda de calor do vapor ao longo da instalação caem, por gravidade, para a parte inferior da conduta, até aos pontos mais baixos da instalação. É importante que as tubagens de distribuição possuam uma inclinação descendente no sentido em que o vapor escoar, para que os condensados possam ser drenados [2].

Quer os condensados formados na tubagem de distribuição, quer os condensados formados nos equipamentos que o utilizaram, são água quente de elevada qualidade. Embora sejam indesejados na conduta do vapor, seria um desperdício não os reutilizar para alimentar as caldeiras. Assim, os condensados são geralmente recolhidos num ponto comum, que pode ser um coletor ou um tanque de condensados. A partir desse ponto, os condensados são bombeados para o tanque de alimentação ou para o desgaseificador localizado na casa da caldeira, juntando-se com a água de compensação necessária para restabelecer a água perdida por evaporação e pela purga de água da caldeira. O último passo para fechar o circuito típico da rede de vapor e condensados, figura 2.2, dá-se com a introdução da água presente num desses reservatórios nas caldeiras [2].

2.3. Equipamentos da rede de vapor e condensados

Tendo em conta a descrição do circuito da rede de vapor e condensados, os elementos que compõem esta rede podem ser agrupados em equipamentos denominados por coletor de vapor, conjunto de purga, conjunto de admissão de vapor e conjunto de bombagem de condensados.

2.3.1. Coletor de vapor

O coletor de vapor é um reservatório, geralmente cilíndrico, que tem como função receber e distribuir vapor. Em grandes indústrias, que utilizam vapor em locais dispersos pela fábrica, são utilizados vários coletores, pois seria insustentável fazer a distribuição a partir de um só. As tubagens que fazem a distribuição do vapor desde o coletor até ao ponto de consumo são normalmente de menor diâmetro que as tubagens que transportam o vapor para o coletor. Cada uma dessas tubagens possui à saída ou à entrada do coletor, dependendo se é de distribuição ou de alimentação, respetivamente, uma válvula de seccionamento, também designada por válvula de corte.

As válvulas de corte devem poder ficar completamente abertas, de forma a oferecer uma resistência mínima à passagem de vapor e, quando fechadas devem estancar completamente a passagem de vapor. Deste modo permite-se fechar a passagem de vapor para um determinado utilizador, sem comprometer a distribuição efetuada pelos restantes ramais. Estas válvulas possibilitam ainda a intervenção, com segurança, em elementos que estejam inseridos na tubagem a jusante delas. Existem vários tipos de válvulas de corte, mas as mais comuns são as válvulas de globo com vedação por fole ou por empanque [2].

A remoção dos condensados nos coletores de vapor é normalmente feita através de um reservatório adequado que os coletores devem possuir na sua parte inferior, conforme se pode ver na

figura 2.3. Coletores extensos, com mais de 5 m, podem dispor de um reservatório de drenagem de condensados em cada uma das extremidades [2].

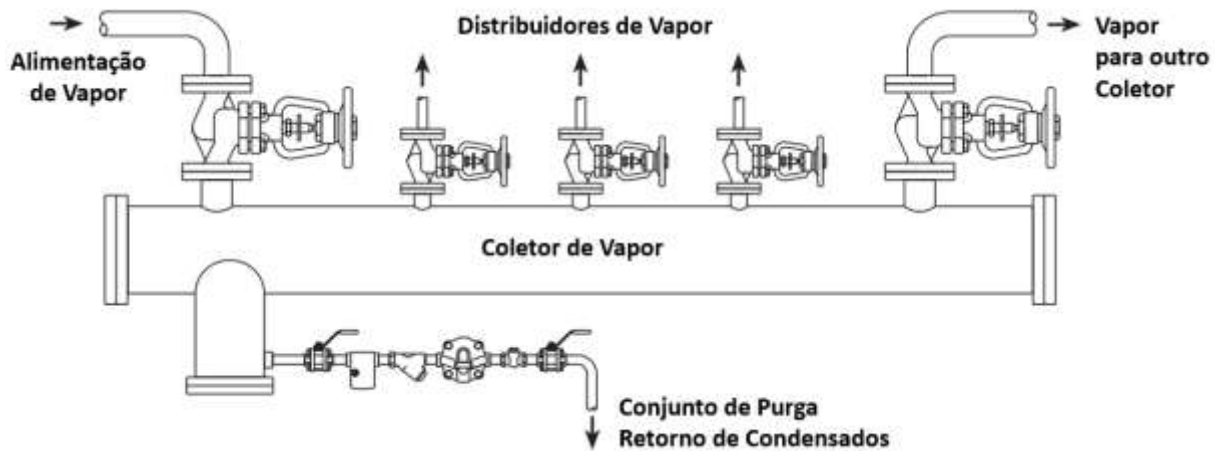


Figura 2.3 – Coletor de vapor com reservatório para drenagem de condensados. Adaptado de [2]

2.3.2. Conjunto de purga

O conjunto de purga é idealmente composto por duas válvulas de corte, um filtro de linha, um monitor ou visor, um purgador, uma válvula de retenção, uma válvula de bypass e uma válvula de esgoto. É um equipamento da rede de vapor e condensados extremamente importante, pois tem como principal função a remoção dos condensados da tubagem de vapor. Se os condensados não forem devidamente removidos eles vão ser arrastados com o vapor a elevadas velocidades pela tubagem, formando um aglomerado compacto. Ao chocar com os elementos da rede de vapor poderão provocar “martelos de água” e originar fraturas, criando situações perigosas. Para além disso o vapor fica húmido, reduzindo o potencial de transferência de calor. Por estes motivos, o purgador é o elemento fundamental do conjunto de purga, já que é o acessório que permite drenar os condensados. Para além dos condensados, o purgador tem também a capacidade de remover o ar e outros gases incondensáveis, que estão presentes durante o arranque do sistema [2].

Existem vários tipos de purgadores capazes de satisfazer as mais diversas necessidades quer sejam a remoção de uma quantidade elevada de condensados, temperaturas ou gamas de temperaturas específicas de descarga ou determinadas pressões de operação. Cada tipo de purgador tem as suas vantagens e desvantagens. No entanto, se as condições da aplicação a que o purgador se destina forem conhecidas, torna-se mais fácil selecionar o purgador correto.

De acordo com a norma internacional ISO 6704:1982, os purgadores podem ser divididos em três categorias: termostáticos, mecânicos e termodinâmicos [2].

Purgadores termostáticos:

Os purgadores termoestáticos operam por diferença de temperatura. Quando estes purgadores detetam uma temperatura inferior à temperatura de saturação do vapor que é determinada pela sua pressão de vapor, deixam passar os condensados. À medida que o vapor se aproxima do purgador, a temperatura aumenta e o purgador cessa a passagem. Dentro dos purgadores termostáticos destacam-se os purgadores de pressão balanceada e os bimetálicos [2].

Os purgadores termostáticos de pressão balanceada são adequados para condições de pressão e, conseqüentemente, de temperatura frequentemente variável. Este purgador dispõe de uma cápsula, figura 2.4, que contém uma pequena quantidade de um líquido especial que possui um ponto de ebulição inferior ao da água. Durante o arranque da instalação, esta cápsula encontra-se fria, apresentando-se retraída. A válvula posiciona-se fora da sede e completamente aberta, permitindo uma boa remoção do ar. À medida que o condensado se aproxima do purgador cede calor ao líquido da cápsula que entra em ebulição. O aumento da pressão dentro da cápsula provoca a sua expansão e o purgador fecha. A perda de calor do purgador provoca o arrefecimento dos condensados à sua volta, o líquido da cápsula condensa e esta retrai-se, permitindo a passagem dos condensados. Quando se aproxima novamente da temperatura do vapor, o líquido da cápsula volta a vaporizar e a válvula fecha, para um novo ciclo [2].



Figura 2.4 – Funcionamento da cápsula do purgador termostático de pressão balanceada. Adaptado de [2]

Estes purgadores apresentam como principais vantagens o facto de terem uma elevada capacidade de eliminação de condensados face ao seu pequeno tamanho e a facilidade de remoção de ar e outros gases incondensáveis. Em termos de desvantagem destaca-se o facto de só evacuarem os condensados quando estes atingem uma temperatura inferior à do vapor, que é uma desvantagem comum às restantes variantes dos purgadores termostáticos. [2]

Os purgadores termostáticos bimetálicos possuem duas placas de diferentes metais soldadas nas extremidades. Na figura 2.5 apresenta-se o funcionamento destas placas [7]. No período de arranque, o purgador está frio e as placas mantêm-se planas, permitindo o escoamento dos condensados frios e do ar. À medida que os condensados quentes se aproximam, as placas começam a curvar-se até que cessam a passagem antes da chegada do vapor.



Figura 2.5 – Funcionamento das placas metálicas do purgador bimetálico. Adaptado de [7]

As principais vantagens destes purgadores são disporem de uma boa capacidade de descarga e a válvula de passagem estar completamente aberta no período de arranque, permitindo a eliminação

de ar e gases incondensáveis bem como os condensados frios. Como principal desvantagem destaca-se o facto de não reagirem muito rapidamente a constantes alterações de temperatura do sistema, devido à movimentação das placas ser lenta [2].

Purgadores mecânicos:

Existem dois tipos de purgadores mecânicos que operam por diferenças de densidade entre o vapor e os condensados: os purgadores de flutuador ou boia e os purgadores de balde invertido, sendo que os mais utilizados são os primeiros.

Os purgadores de flutuador possuem uma espécie de boia que vai subindo à medida que os condensados vão chegando, conforme se pode ver na figura 2.6. Ao mesmo tempo que a boia sobe, a sede da válvula vai abrindo, o que permite a passagem dos condensados. Os purgadores mais modernos possuem um eliminador de ar termostático, semelhante ao dos purgadores termostáticos de pressão balanceada. É colocado no interior do corpo dos purgadores no espaço do vapor, acima do nível dos condensados. Após eliminar o ar, este permanecerá fechado até que volte a existir acumulação suficiente que provoque a sua abertura [2].

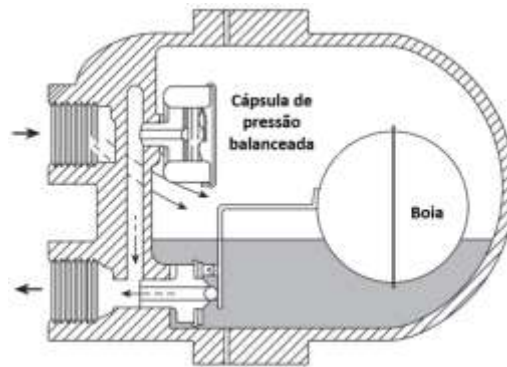


Figura 2.6 – Purgador de flutuador com eliminador de ar termostático. Adaptado de [2]

Os purgadores de flutuador apresentam como principal vantagem a possibilidade de descarga contínua do condensado à temperatura do vapor. Esta característica é crucial em aplicações em que se pretendem elevadas taxas de transferência de calor, tornando-o a principal escolha para esse efeito. Contudo, apresenta a desvantagem do seu interior não estar preparado para diferentes gamas de pressão [2].

Purgadores termodinâmicos:

Os purgadores termodinâmicos são extremamente simples. O seu princípio de funcionamento baseia-se na formação parcial de vapor *flash* a partir do condensado. A única peça móvel deste purgador, que se apresenta na figura 2.7, é o disco que contém por cima da superfície plana [2].

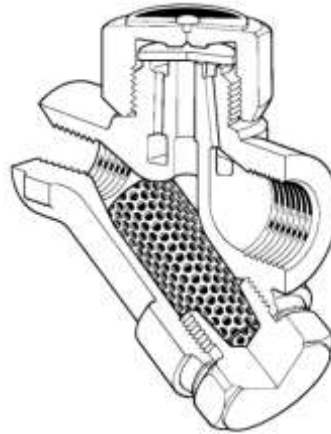


Figura 2.7 – Purgador termodinâmico. Adaptado de [2]

Na figura 2.8 apresenta-se o funcionamento de um purgador termodinâmico. Durante o período de arranque da instalação, a pressão faz subir o disco. Dessa forma, os condensados frios e o ar são descarregados de imediato. À medida que os condensados quentes escoam através do orifício por baixo do disco, a sua pressão diminui e formam vapor *flash* que circulando a alta velocidade faz diminuir ainda mais a pressão por baixo do disco, puxando-o contra a sede. Ao mesmo tempo, o vapor *flash* que vai penetrando na câmara superior ao disco força-o a assentar nos anéis internos e externos, fechando a passagem antes da chegada do vapor. O vapor *flash* ao condensar faz com que a pressão na câmara superior baixe e o disco suba novamente, permitindo evacuar os condensados [2].

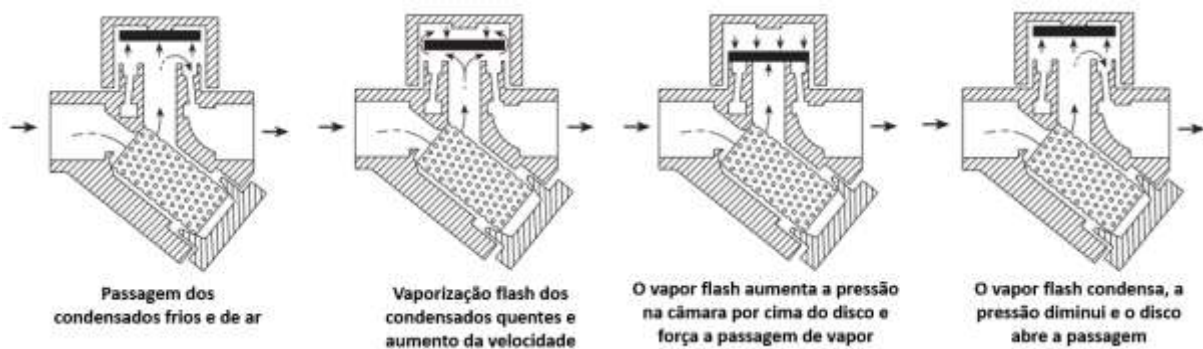


Figura 2.8 – Funcionamento de um purgador termodinâmico. Adaptado de [2]

Como vantagens da utilização do purgador termodinâmico destacam-se a fácil manutenção, pois uma vez que o disco é uma peça móvel, não exige que o purgador seja retirado da linha, e o facto de permitir grande capacidade de evacuar condensados face ao seu pequeno tamanho. Contudo, apresenta algumas desvantagens sendo uma delas o facto de não funcionar muito bem com pressões diferenciais muito baixas, pois nesses casos a velocidade de escoamento por baixo do disco seria pouco alterada, não permitindo o movimento do disco [2].

Os restantes elementos que se podem encontrar num conjunto de purga, referidos no início deste subcapítulo, complementam a função do purgador, evacuando os condensados de forma correta e eficiente.

As válvulas de corte são colocadas a montante e a jusante do purgador e permitem estancar a passagem de vapor ou o retorno de condensados, consoante sejam instaladas a montante ou a jusante

do purgador, respetivamente. As válvulas de corte mais utilizadas nos conjuntos de purga são as válvulas de globo, tal como nos coletores de vapor, e as válvulas de esfera.

Outro elemento dos conjuntos de purga é o filtro de linha tipo Y. Os filtros permitem reter as partículas sólidas e a sujidade do vapor que, se não forem removidas, podem afetar o funcionamento das válvulas e dos purgadores. O material do filtro é escolhido de acordo com o tipo de instalação e de pressão do sistema. O grau de filtração é selecionado tendo em conta o tamanho das partículas que se pretendem reter, sendo que quanto mais estreita for a rede de filtração, mais vezes terá de ser limpa. No entanto, sabe-se que a manutenção dos filtros é sempre mais barata do que a manutenção das válvulas ou purgadores. Os filtros são normalmente colocados a seguir à válvula de corte que inicia o conjunto de purga. Alguns purgadores contêm-no incorporado no seu corpo, permitindo reduzir o número de elementos na rede de vapor [2].

Os visores permitem verificar continuamente se os purgadores estão a evacuar os condensados ou se estão bloqueados. São colocados logo a seguir ao purgador. Os monitores são uma tecnologia mais recente. Consistem numa câmara com um sensor que envia informação para um dispositivo indicando se os purgadores estão a funcionar corretamente, se estão bloqueados ou se têm fugas. São aplicados antes do purgador e a seguir ao filtro [2].

As válvulas de retenção apresentam como função evitar o retorno do fluido que escoar nas tubagens e podem ser do tipo disco ou pistão, sendo que as primeiras são as mais utilizadas. As válvulas do tipo disco possuem uma mola que é comprimida à medida que o fluido passa sobre ela. Quando deixa de haver essa pressão, a válvula volta a expandir, evitando o retorno dos condensados. As válvulas de retenção são colocadas a jusante do purgador e evitam que nas paragens os condensados inundem os elementos do conjunto de purga [2].

Em alguns conjuntos de purga verifica-se também a presença de válvulas dirigidas para o esgoto. As principais vantagens do equipamento possuir estas válvulas é permitir evacuar os condensados que se acumulam durante a paragem da instalação, já que, durante o arranque, é provável que a pressão do vapor seja muito reduzida, podendo provocar “martelos de água”. Para além disso, poderá querer-se analisar os condensados, o que será facilmente conseguido através destas válvulas. As válvulas mais utilizadas para este efeito são as de globo e as de esfera [2].

Pode-se também encontrar nos conjuntos de purga, embora com menos frequência, válvulas de *bypass*. O *bypass* é uma tubagem secundária ligada à tubagem principal e permite assegurar que o funcionamento da instalação não fica comprometido se houver necessidade de intervir na instalação principal. As válvulas normalmente colocadas nos *bypass* são as de globo e as de esfera [2].

Na figura 2.9 apresenta-se um exemplo de um conjunto de purga sem filtro na tubagem, uma vez que está integrado no purgador, e sem *bypass* [2].

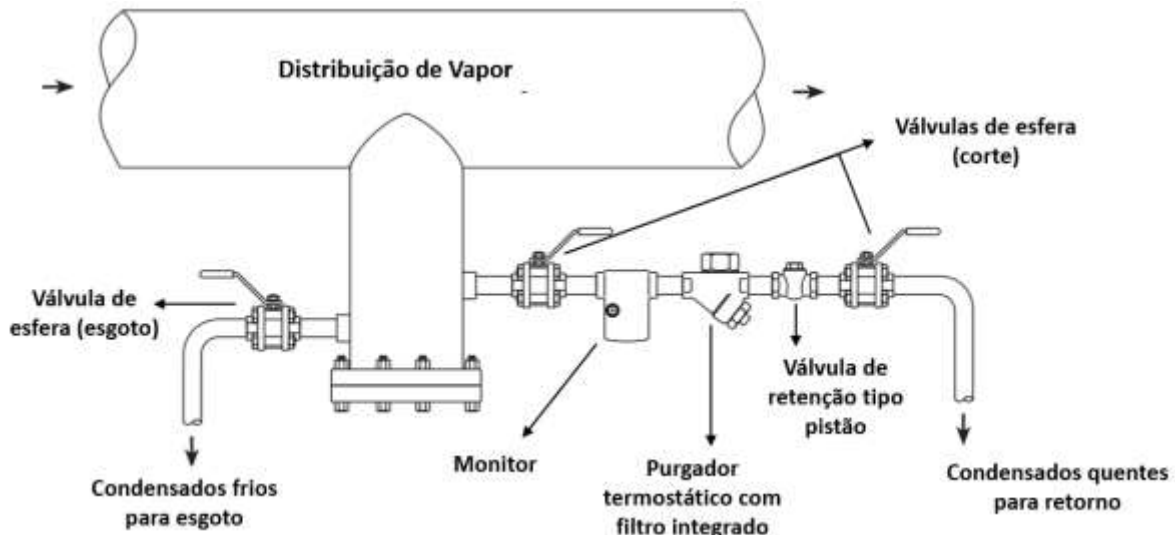


Figura 2.9 – Exemplo de conjunto de purga. Adaptado de [2]

2.3.3. Conjunto de admissão de vapor

A forma como o vapor é distribuído para os diferentes consumidores varia de acordo com o pretendido em cada utilização, podendo encontrar-se diferentes elementos para diferentes aplicações.

A pressão à qual o vapor é produzido nem sempre é a pressão pretendida pela aplicação, tendo esta de ser ajustada. O ajuste é normalmente feito junto do local onde o vapor será utilizado. O procedimento mais comum para reduzir a pressão do vapor é utilizar um conjunto semelhante ao que se apresenta na figura 2.10.

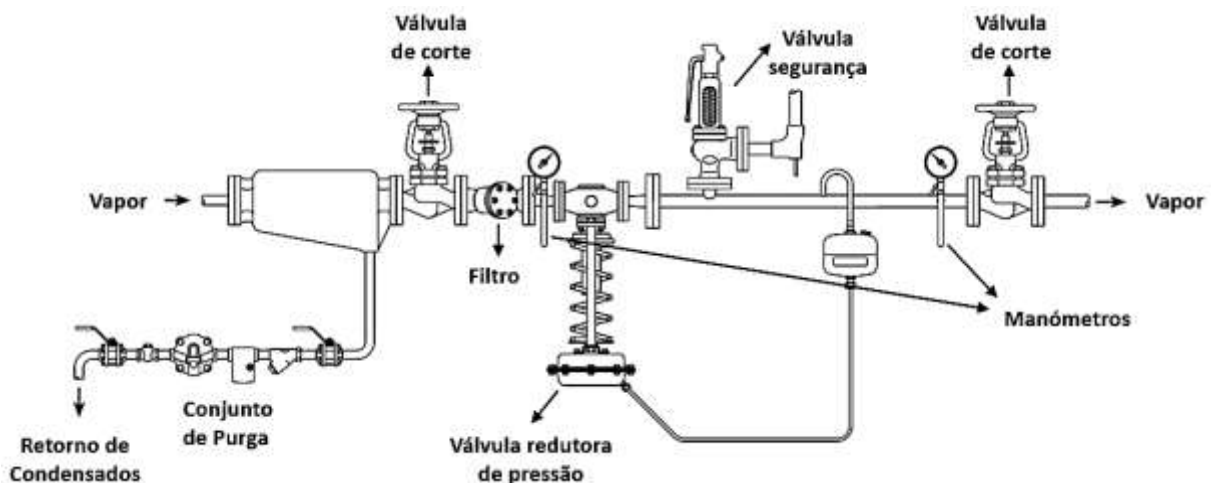


Figura 2.10 – Conjunto redutor de pressão ideal. Adaptado de [2]

Observando a figura 2.10, verifica-se que o conjunto redutor de pressão se inicia com um separador. A função do separador é remover as gotas de água das paredes da tubagem bem como as que estão em suspensão no vapor, permitindo que apenas passe vapor saturado pela válvula redutora. A válvula de corte que se posiciona a seguir ao separador permite estancar a passagem de vapor para

que se possa intervir nos elementos deste conjunto, se necessário. O filtro tem como função reter qualquer impureza de modo a manter o sistema limpo [2].

A válvula redutora que se apresenta na figura 2.10 é uma válvula redutora de pressão com diafragma auto atuada de ação direta. Proporciona um controlo de pressão auto atuado, em que a pressão a jusante é equilibrada pelo diafragma contra a força de uma mola. Como o diafragma está limitado a temperaturas relativamente baixas, estas válvulas necessitam de um pequeno reservatório com água, que evita que o diafragma atinja temperaturas indesejáveis. Existem outro tipo de válvulas redutoras de pressão que podem ser mais ou menos precisas, e a escolha dependerá da exigência da aplicação [2].

Independentemente da válvula redutora que é selecionada, deve-se instalar uma válvula de segurança a jusante da válvula redutora. Isto permite garantir que, caso a válvula redutora falhe, a válvula de segurança alivie o excesso de pressão. Quando uma válvula de segurança começa a abrir, isso significa que a pressão da rede excedeu a pressão normal. A pressão excedente provoca uma compressão na mola da válvula de segurança, permitindo uma descarga do fluido até que a pressão se equilibre novamente [2].

As válvulas de segurança são normalmente calibradas para atuarem a uma determinada pressão, segundo normas específicas e por entidades acreditadas. A pressão para a qual são reguladas deve garantir que o vapor não exceda a pressão máxima admissível pelo equipamento que o vai utilizar. No entanto, tem de ser mais elevada que a pressão normal de operação do sistema, pois caso contrário, a válvula estaria sempre aberta [2].

Os manómetros colocados a montante da válvula redutora de pressão e a jusante da válvula de segurança apresentam a indicação da pressão da rede antes e depois da redução, respetivamente. Com isso, facilmente os operadores percebem se o controlo está a funcionar corretamente.

A válvula de corte a jusante permite que se possa intervir com segurança nos elementos deste equipamento.

Outros elementos que podem ser encontrados nos conjuntos de admissão de vapor são elementos referentes ao controlo de temperatura. Isto porque se os materiais ou processos forem submetidos a uma temperatura superior à máxima admissível podem ficar danificados. Os controlos de temperatura são controlos automáticos que podem ser divididos em *ON/OFF* ou contínuos.

O controlo *ON/OFF* é um controlo extremamente simples em que a válvula que permite a passagem do fluido de aquecimento está completamente aberta, ou completamente fechada, sem estado intermédio. Se por exemplo o objetivo for aquecer um reservatório com água até uma temperatura definida, através da passagem de vapor por uma serpentina, isso pode ser assegurado por uma válvula e um atuador, instalados na tubagem de vapor, e uma sonda de temperatura, inserida na água do reservatório. Quando a sonda de temperatura deteta um valor de temperatura diferente da temperatura de referência, ela envia um sinal à válvula para esta abrir ou fechar, consoante a temperatura seja inferior ou superior à temperatura de referência, respetivamente. Contudo, este controlo apresenta algumas limitações pois apresenta um tempo de resposta lento, podendo provocar uma variação de magnitude indesejável na temperatura da água do reservatório [2].

Quando se pretende um controlo muito preciso, o ideal será instalar um controlo contínuo. Este controlo é conhecido por controlo modulante, pois possui uma válvula que pode ser continuamente movida para abrir ou fechar, podendo definir-se um estado intermédio. Este controlo incorpora um elemento a mais em comparação com o anterior, o posicionador. O posicionador permite a operação dos atuadores em situações de pressões diferenciais elevadas, eliminam erros e aumentam a velocidade de atuação, através de algoritmos PID e outros [8].

2.3.4. Conjunto de bombagem de condensados

O conjunto de bombagem de condensados tem como função fazer retornar os condensados, resultantes da perda de calor do vapor, para o tanque da alimentação ou desgaseificador localizados na casa das caldeiras. Esta é uma operação extremamente importante, pois os condensados constituem um recurso valioso, já que os que não forem recuperados têm de ser substituídos por água de compensação fria, implicando custos de água, custos de tratamento da água e custos de aquecimento, conforme referido anteriormente [2].

Para que os condensados possam ser bombeados eles começam por se concentrar num coletor de condensados, com uma estrutura física semelhante à do coletor de vapor. Cada uma das tubagens que conduzem os condensados para o coletor, possui, à entrada deste, uma válvula de corte que permite estancar a passagem dos condensados caso estes não estejam em condições de serem aproveitados.

A partir do coletor, os condensados são transportados graças às bombas de condensados que podem ser centrífugas (elétricas) ou mecânicas, sendo que na UNICER Bebidas, S.A. as mecânicas são as mais utilizadas. As bombas mecânicas possuem um corpo com flutuador e um mecanismo automático de válvulas, pelo qual os condensados escoam por gravidade. À medida que os condensados vão entrando na bomba, o flutuador vai-se elevando até um determinado nível estabelecido. Quando o flutuador atinge esse nível, a válvula de exaustão fecha e a válvula de vapor abre, permitindo pressurizar o condensado de modo a expulsá-lo. Após isto, o nível de condensado e o flutuador descem, a válvula de admissão de vapor fecha e a válvula de admissão abre, até que os condensados façam subir novamente o flutuador, iniciando um novo ciclo. São instaladas válvulas de retenção a montante e a jusante destas bombas para manter correta a direção de escoamento do fluxo. Na figura 2.11 apresenta-se um conjunto de bombagem de condensados utilizando uma bomba mecânica [2].

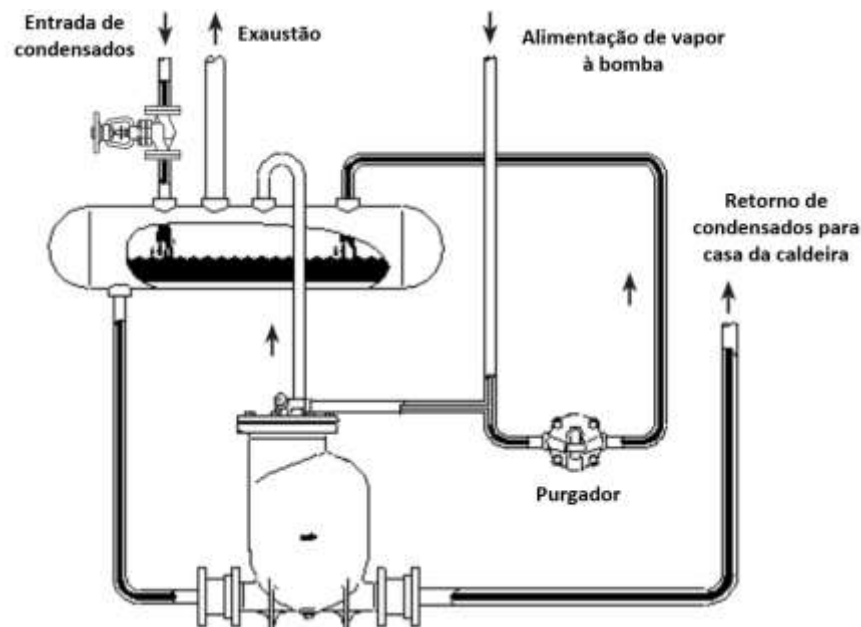


Figura 2.11 – Retorno de condensados através de bomba mecânica. Adaptado de [2]

2.4. Manutenção da rede de vapor e condensados

A atividade de “manutenção” é definida pela norma EN 13306:2010 como sendo uma “Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou restaurá-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida” [9].

2.4.1 Manutenção corretiva e manutenção preventiva

Face à definição de manutenção, facilmente se percebe que para se tirar o melhor proveito da rede de vapor e condensados, os seus equipamentos, definidos no subcapítulo 2.3., devem ser submetidos a um sistema de manutenção adequado. Existem dois tipos de manutenção aplicados à rede de vapor e condensados: a manutenção corretiva e a manutenção preventiva [9].

A manutenção corretiva consiste em reparar um determinado bem, após o reconhecimento de uma avaria, de modo a que este possa executar a sua função. Um exemplo concreto de manutenção corretiva na rede de vapor e condensados é reparar um purgador, porque se detetou que este apresentava uma fuga [9].

A melhor forma de minimizar a manutenção corretiva consiste na aplicação da manutenção preventiva. Este tipo de manutenção é explicado pela norma EN 13306:2010 como sendo a “Manutenção realizada em intervalos pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos e destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de bem” [10].

Para que se possa intervir preventivamente na rede de vapor e condensados é necessário estabelecer planos, podendo utilizar o SAP (*Systems Applications and Product*) para esse efeito.

O SAP é um sistema informático responsável por cuidar de todas as operações diárias de uma empresa. É constituído por vários módulos, sendo um deles o PM (*Plant Maintenance*), que apoia o planeamento, o processamento e a execução de todas as tarefas de manutenção. O módulo PM é composto por objetos técnicos, agregados a locais de instalação, podendo ser alvos de ações PM [11].

A criação de planos de manutenção preventiva passa por um processo de identificação de tarefas que devem ser realizadas para prevenir as falhas ou degradação de todos os equipamentos envolvidos. Nestes planos são também incluídas informações sobre os materiais necessários à sua execução, a duração das tarefas, o número de operadores necessários e a periodicidade de cada uma das tarefas.

2.4.2. Fugas de vapor

Na rede de vapor e condensados, uma falha comum são as fugas de vapor em purgadores ou nas válvulas, que se podem revelar bastante dispendiosas. Na figura 2.12 apresenta-se um gráfico que relaciona a quantidade de vapor perdida em função da pressão de vapor, para várias dimensões de orifícios que permitem fugas [12].

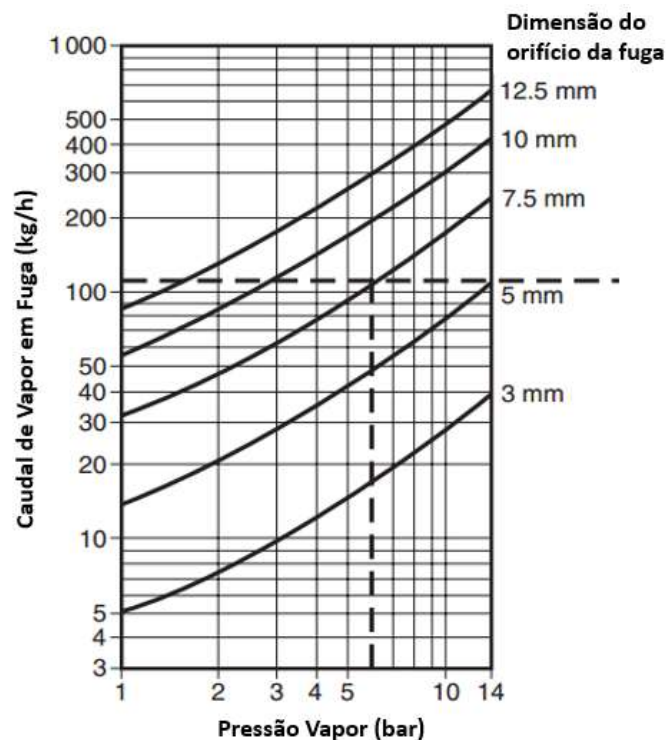


Figura 2.12 – Quantidade de vapor perdida, em kg/h, em função da pressão de vapor, em bar, para várias dimensões de orifícios que permitem fugas, em mm. Adaptado de [12]

Na UNICER Bebidas, S.A. a pressão de vapor é aproximadamente 6 bar. Considerando um orifício da fuga com 7,5 mm de diâmetro, a perda de vapor pode ser estimada através do gráfico da figura 2.12, e corresponde a 110 kg/h. Sabendo que a entalpia do vapor a 6 bar é 2756,8 kJ/kg [13] e tendo em conta um período de funcionamento de 24 horas por dia, 7 dias por semana e 50 semanas por ano (8400 horas), esta perda pode traduzir-se em 708 MWh, que terão de ser compensados com um consumo acrescido de gás natural. Considerando o custo de gás natural na indústria, com base nas estatísticas de 2016, de 28 €/MWh [14], e sabendo que a eficiência média dos geradores de vapor é de 90 % [15], esta perda acarretaria um prejuízo superior a 20.000 € anuais.

O caudal de vapor em fuga pode também ser estimado pela equação 2.5 [16], para qualquer pressão de vapor e dimensão da fuga.

$$Fuga\ Vapor\ (kg/h) = A^2 \times B \times C \quad (2.5)$$

em que A é a dimensão da fuga, em mm, B representa uma constante, 4, e C corresponde à pressão de vapor absoluta, em MPa.

Para o exemplo considerado, o valor estimado pela equação 2.5 para o caudal de vapor em fuga seria ainda mais elevado, cerca de 135 kg/h.

2.4.3. Instrumentos de identificação de fugas de vapor

Face aos prejuízos monetários que as fugas de vapor podem acarretar, deve ser feita uma inspeção regular da rede de vapor e condensados com vista a identificar e corrigir eventuais fugas. Existem alguns instrumentos capazes de efetuar essa avaliação, destacando-se o medidor de

ultrassons e a câmara termográfica. A UNICER Bebidas, S.A. dispõe de um modelo de cada um destes instrumentos, sendo que o modelo do ultrassom é TMULD-300 (Amprobe) e o modelo da câmara termográfica é Serie Exx (FLIR).

Medidor de ultrassons:

Os sons com frequência acima de 20 kHz não são detetados pelo ouvido humano. As fugas em sistemas de vapor pressurizados provocam turbulências que por sua vez geram sons ultrassónicos. Os detetores ultrassónicos são instrumentos que detetam esses sons, indicando a localização exata da fuga. O detetor de fugas Amprobe TMULD-300, permite detetar fugas oticamente através de uma escala de LED. À medida que o operador se aproxima da fuga, os LED vão-se acendendo até um valor máximo da escala de 10 LED. Este instrumento permite ainda detetar as fugas acusticamente através de auriculares, dispondo de um interruptor rotativo para ajustar a sensibilidade do equipamento. É importante não confundir reflexos de sons ultrassónicos com a fonte real da fuga. Normalmente os reflexos de sons ultrassónicos não são tão fortes como a fonte real da fuga [17].

Câmara Termográfica:

Todos os corpos que possuem uma temperatura superior ao zero absoluto emitem radiação térmica na zona de radiação infravermelha, do espectro eletromagnético [18]. A quantidade de energia transmitida por um determinado material está relacionada com a sua temperatura. As câmaras termográficas de infravermelhos conseguem detetar essa radiação e convertê-la de forma a obter-se uma imagem indicando um gradiente de temperaturas da superfície do corpo emissor.

A câmara termográfica FLIR Serie Exx apresenta várias vantagens. Quando usada na rede de vapor destaca-se o facto de permitir detetar fugas, desperdícios de energia e defeitos de isolamento. Este modelo utiliza algoritmos que permitem focar detalhes importantes que por vezes passam despercebidos com uma câmara fotográfica vulgar, como por exemplo números e etiquetas. As imagens captadas podem ser guardadas e depois transferidas para um *smartphone* ou computador.

Dispõe no seu ecrã de uma barra lateral com um gradiente de cores, sendo que cada cor está associada a uma temperatura. Colocando o cursor sobre um determinado corpo é possível saber a temperatura desse corpo com um erro associado de ± 2 °C [19].

Capítulo 3. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE VAPOR NA UNICER BEBIDAS, S.A.

Como já foi referido, a atividade principal da UNICER Bebidas, S.A. de Leça do Balio baseia-se no negócio das cervejas. A produção de qualquer cerveja inicia-se com a preparação do mosto e é esta a etapa que consome mais vapor. No entanto existem outros setores inerentes à atividade da empresa em que o vapor também é utilizado. Esses setores são as Adegas, o Enchimento, a Estação de Tratamento de Água (ETA), a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), a Mini Fábrica, a Desalcoolização e a Central de CO₂.

Para suprir todas as necessidades de vapor da UNICER Bebidas, S.A., a sua produção é assegurada pela Unidade de Cogeração e por três geradores de vapor pirotubulares localizados na Central Térmica.

Neste capítulo apresentam-se as áreas que utilizam vapor e as características das Unidades que o produzem, a Central Térmica e a Cogeração. Apresenta-se ainda a análise de eficiência energética realizada para cada uma destas Unidades.

3.1. Produção de vapor na UNICER Bebidas, S.A.

Tendo em conta as necessidades de vapor pelos utilizadores referidos, a sua produção é garantida pela Unidade de Cogeração e por três geradores de vapor pirotubulares localizados na Central Térmica. As características destas unidades apresentam-se nos subcapítulos 3.1.1 e 3.1.2.

3.1.1. Unidade de Cogeração

O princípio da Cogeração baseia-se num processo de produção e utilização combinada de calor e eletricidade [20]. A Unidade de Cogeração da UNICER Bebidas, S.A. dispõe de um motor de combustão interna que opera de acordo com o ciclo de *Otto*, com uma potência nominal de 4300 kW. O funcionamento deste ciclo ocorre em 4 fases, representadas na figura 3.1 [21].

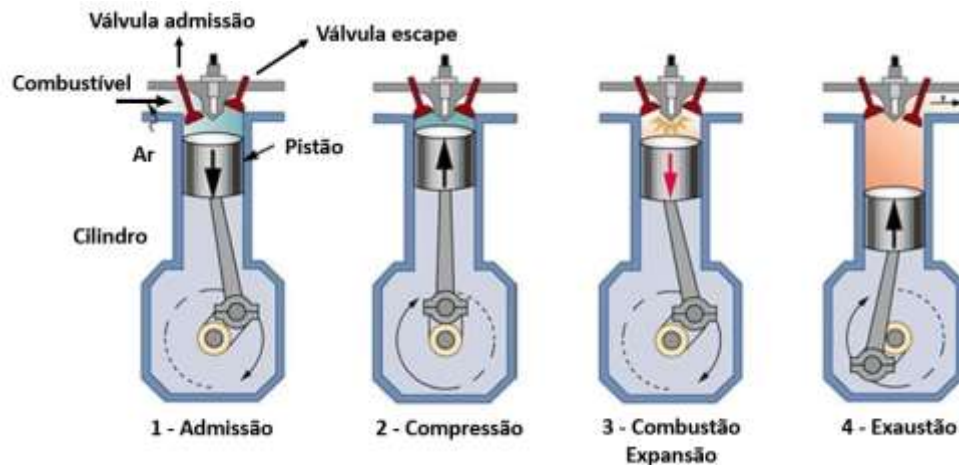


Figura 3.1 – Diferentes fases do ciclo de *Otto* [20]

Conforme se pode ver na figura 3.1, a primeira fase do ciclo de *Otto* diz respeito à admissão da mistura ar/combustível em que este, no caso da UNICER Bebidas, S.A., é o gás natural. De seguida ocorre uma compressão da mistura provocada pelo movimento ascendente do pistão (fase 2). Quando o pistão atinge a máxima compressão, a mistura inflama e inicia-se a combustão. Os gases resultantes empurram o pistão, num movimento de expansão, proporcionando a força rotativa necessária ao movimento do eixo do motor por meio de manivelas (fase 3). A terceira fase é a única que produz trabalho, pois durante as outras fases, apenas se usa a energia de rotação acumulada nas manivelas, devido à inércia do movimento. Na última fase o cilindro encontra-se cheio de gases de combustão. O pistão, impulsionado pelas manivelas, retoma o seu movimento ascendente, permitindo expulsar os gases de combustão através da válvula de escape.

Na figura 3.2 apresenta-se um esquema elaborado para representar a Cogeração da UNICER Bebidas, S.A., bem como os aproveitamentos térmicos que lhe estão inerentes. Os valores de caudais, de temperaturas e de energia elétrica das correntes envolvidas e representadas no esquema, apresentam uma base temporal de 1h. Foram o resultado da média dos valores registados no programa de supervisão instalado na sala de controlo da Cogeração e da Central Térmica, no período em que o motor esteve a trabalhar em plena carga, 17 horas, num determinado dia.

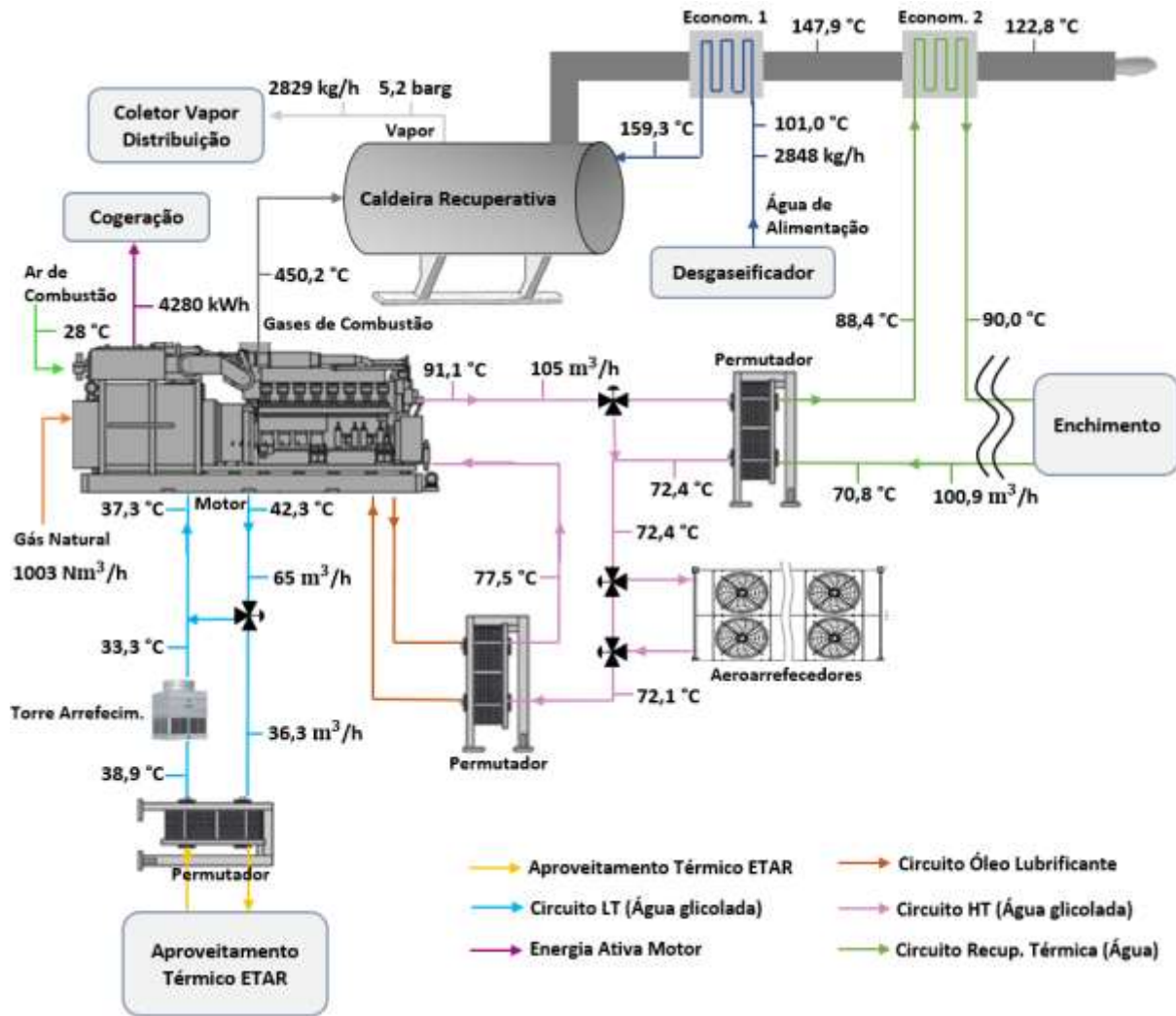


Figura 3.2 – Esquema representativo da Cogeração

Conforme se pode ver na figura 3.2 os gases de combustão, provenientes da queima do gás natural, são enviados para uma caldeira recuperativa com o objetivo de aproveitar o seu conteúdo energético para formar vapor. Antes de serem enviados para a atmosfera, os gases de combustão pré-aquecem a água que alimenta a caldeira recuperativa e ainda cedem calor a uma outra corrente de água, designada por água de recuperação térmica, e que é responsável por aquecer a água da pasteurização túnel das linhas de enchimento, que circula em circuito fechado. Antes de receber o calor dos gases de combustão, esta corrente de água é pré-aquecida por via da corrente de água glicolada, que circula no circuito HT (*High Temperature*), e que faz a refrigeração do motor. Após a corrente de água glicolada do circuito HT ceder calor à corrente de água da recuperação térmica, ela reestabelece a sua temperatura de retorno ideal ao motor, recebendo calor proveniente do óleo do motor. Paralelamente ao circuito de refrigeração HT, existe outro circuito de refrigeração do motor, designado por LT (*Low Temperature*). A energia térmica associada à água glicolada que escoar neste circuito é aproveitada para aquecer, juntamente com outros aproveitamentos térmicos, uma corrente designada por “rejeitados de osmose” antes de esta ser enviada para a ETAR.

Existem ainda outras correntes associadas ao circuito de recuperação térmica que não estão representadas na figura 3.2, por não serem relevantes no âmbito deste trabalho.

É importante referir que, quando a água glicolada que circula no circuito HT não consegue transferir toda a energia que precisa de perder à corrente que circula no circuito de recuperação térmica, a energia em excesso é dissipada nos aeroarrefecedores, para que a corrente possa retornar ao motor com a temperatura adequada (78 °C). O mesmo acontece com a energia associada à água glicolada que circula no circuito LT, só que neste caso, a energia em excesso é dissipada numa torre de arrefecimento. O funcionamento dos aeroarrefecedores e da torre de arrefecimento deve ser evitado o máximo possível, pois para além de se estar a dissipar energia, ainda há gastos acrescidos ao funcionamento destes dois equipamentos.

3.1.2. Central Térmica

Quando a caldeira recuperativa associada à unidade de Cogeração não consegue produzir a quantidade de vapor requerida por parte das unidades consumidoras, ou quando o motor da Cogeração não está a trabalhar, a produção de vapor é assegurada por uma ou mais das três caldeiras piro-tubulares, localizadas na Central Térmica, também designada por Casa das Caldeiras.

Na figura 3.3 apresenta-se um esquema elaborado para ilustrar a Central Térmica, em que os valores de temperaturas e de caudais que nele constam, foram obtidos com base na média dos valores registados no programa de supervisão instalado na sala de controlo da Cogeração e da Central Térmica, considerando todos os períodos de funcionamento de cada uma das caldeiras num determinado dia. Durante o período de estágio, a caldeira C1 não trabalhou, tendo-lhe sido atribuída a designação de reserva.

Cada uma das caldeiras possui uma capacidade nominal de produção de vapor de 15.000 kg/h. A pressão e a temperatura do vapor saturado produzido são 5 barg e 158,9 °C, respetivamente. O combustível convencional é o gás natural, no entanto, duas das caldeiras (C1 e C2) estão também preparadas para utilizar o biogás, produzido no biodigestor anaeróbio da ETAR, quando o nível deste se mostra adequado. Todas as caldeiras estão equipadas com um economizador, que tem como função pré-aquecer a água de alimentação às caldeiras, cujo aquecimento é conseguido através da utilização dos gases de combustão. A água de alimentação é enviada para cada uma das caldeiras a partir do desgaseificador. Esta água é o resultado da mistura dos condensados recuperados com a água de compensação, previamente desmineralizada na ETA da fábrica. O desgaseificador da UNICER Bebidas, S.A. é um desgaseificador pressurizado. Possui pulverizadores de água que promovem a mistura eficaz dos condensados com a água de compensação. É utilizado vapor para elevar a temperatura da água até aproximadamente 103 °C, de modo a eliminar o oxigénio e outros gases dissolvidos, enviando-os para a atmosfera.

O vapor produzido nas caldeiras é enviado para um coletor de produção, sendo depois enviado para um outro coletor, o coletor de distribuição. A partir do coletor de distribuição, o vapor segue por vários ramais, que o conduzem até aos pontos onde será utilizado.

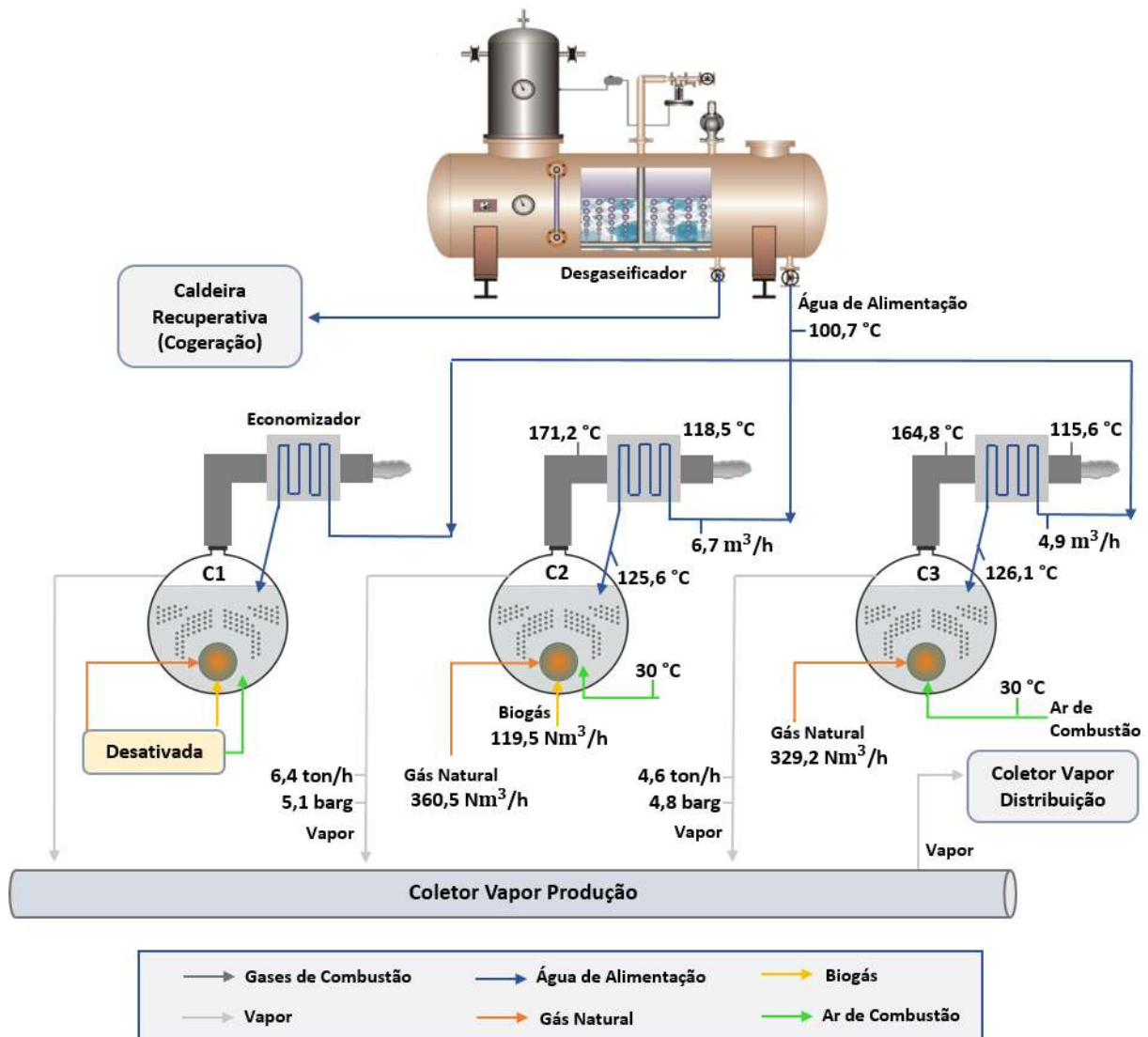


Figura 3.3 – Esquema representativo da Central Térmica

3.2. Utilização de vapor na UNICER Bebidas, S.A

A produção de vapor varia de acordo com as necessidades apresentadas por cada uma das áreas utilizadoras da UNICER Bebidas, S.A.: Fabrico, Adegas, Enchimento, ETA, ETAR, Desalcoolização, Mini Fábrica e Central CO₂. No subcapítulo 3.2.1 apresenta-se o consumo de vapor registado em cada uma das áreas referidas, de modo a compreender quais são as áreas que mais o utilizam. No subcapítulo 3.2.2. apresenta-se o processo de produção e enchimento da cerveja, fazendo referência às várias fases que necessitam de vapor.

3.2.1 Utilização de vapor nas diferentes áreas

A utilização do vapor em cada uma das áreas referidas anteriormente varia consoante a quantidade de cerveja engarrafada e colocada em barril. Na figura 3.4 apresenta-se, a título de exemplo, o consumo de vapor registado nas várias áreas para o mês de maio de 2017. Este consumo

de vapor está naturalmente associado à quantidade de cerveja engarrafada nesse mês, que por questões de sigilo não é divulgada.

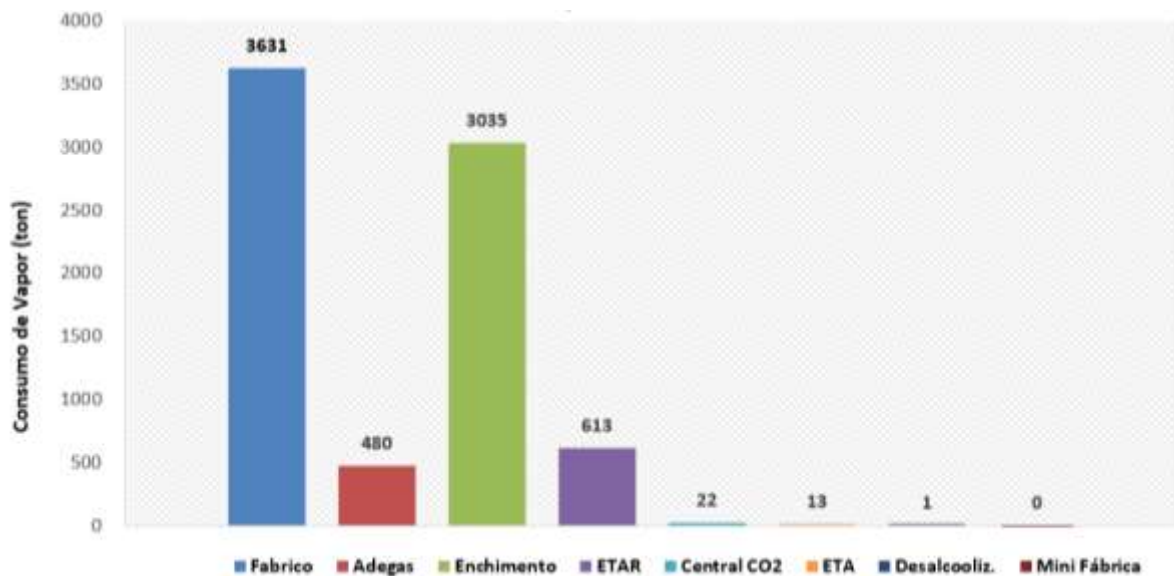


Figura 3.4 – Consumo de vapor nas diferentes áreas da UNICER Bebidas, S.A. no mês de maio de 2017

Conforme se pode ver na figura 3.4, as áreas que mais utilizam vapor são as áreas onde ocorre a produção de cerveja (Fabrico e Adegas) e no Enchimento. A ETAR, responsável pelo tratamento das águas residuais que resultam da atividade da empresa, é uma das áreas em que o consumo de vapor também é elevado. O consumo de vapor nesta área justifica-se pela necessidade de obter uma temperatura ótima no interior do biodigestor anaeróbio (aproximadamente 35 °C), onde ocorre o processamento da matéria orgânica e se produz biogás.

Como foi mencionado anteriormente, o comportamento da figura 3.4 é representativo do funcionamento da unidade no mês de maio em que foi engarrafada uma determinada quantidade de cerveja. O consumo relativo das principais áreas utilizadoras foi de 46,6 % no Fabrico, 38,9 % no Enchimento, 7,9 % na ETAR e 6,2 % nas Adegas.

Para se compreender melhor o consumo de vapor nas diferentes áreas ao longo do ano, apresentam-se nos gráficos das figuras 3.5 e 3.6, as percentagens relativas do consumo de vapor nas diferentes áreas, para o ano de 2016 e para os primeiros 5 meses de 2017, respetivamente. No ano de 2016 o consumo total foi de 54.234 ton e nos primeiros 5 meses de 2017 foi de 33.502 ton. Mais uma vez estes consumos estão associados a um determinado volume de cerveja engarrafa e colocada em barril, cuja divulgação não foi autorizada.

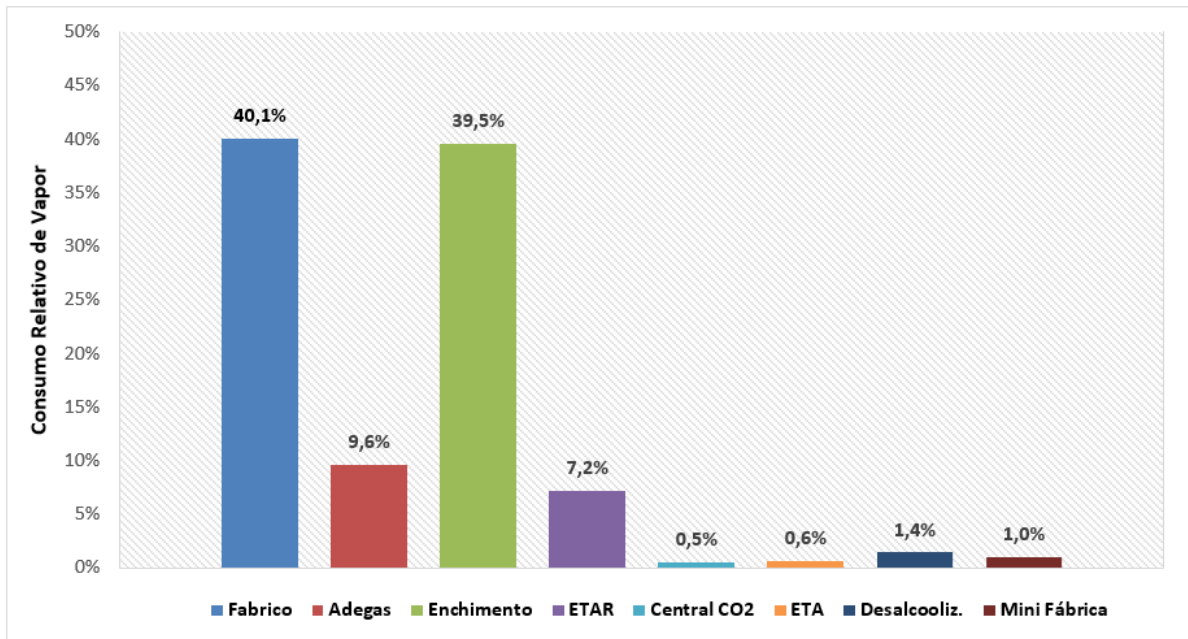


Figura 3.5 – Consumo relativo de vapor, em %, nas diferentes áreas da UNICER Bebidas, S.A. no ano de 2016

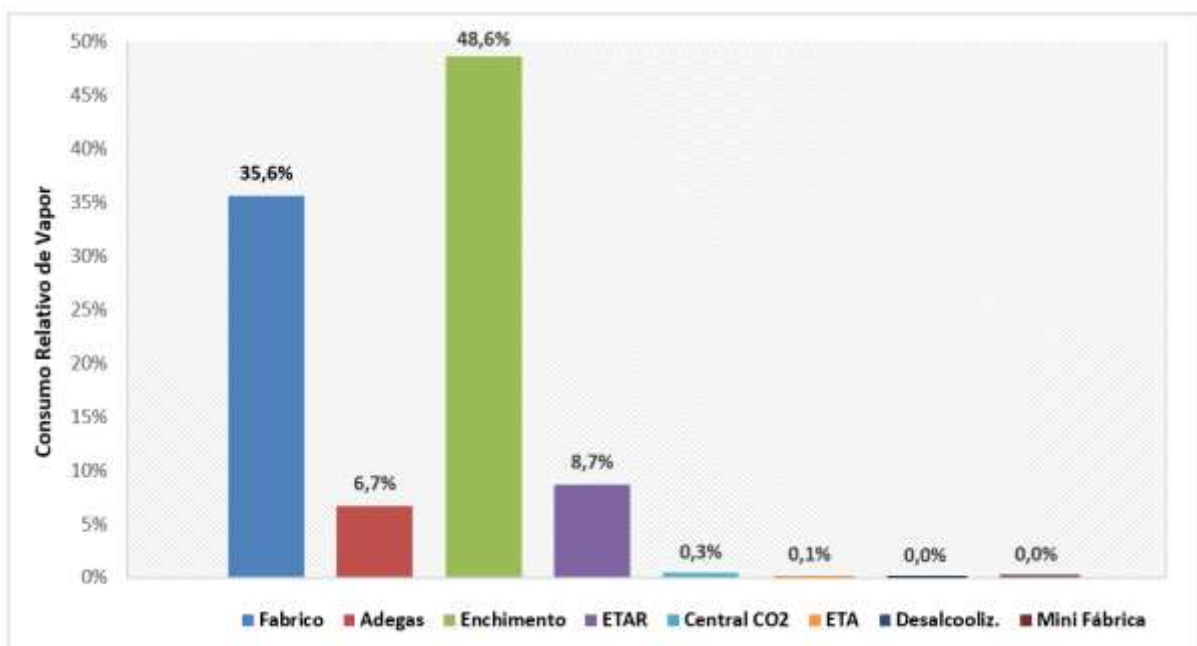


Figura 3.6 – Consumo relativo de vapor, em %, nas diferentes áreas da UNICER Bebidas, S.A. nos primeiros 5 meses de 2017

Por análise do gráfico da figura 3.5, verifica-se que em 2016, 80 % do vapor foi consumido nas áreas do Fabrico e do Enchimento, sendo que cada uma dessas áreas consumiu aproximadamente o mesmo, isto é, cerca de 40 %. Seguidamente ao Fabrico e ao Enchimento, as zonas das Adegas e da ETAR foram as que apresentaram maior consumo, tendo sido aproximadamente 10 e 7 %, respetivamente.

O consumo de vapor percentual das diferentes áreas em 2017, figura 3.6, apresenta um comportamento ligeiramente diferente. Embora o Fabrico e o Enchimento continuem a ser as áreas que consomem mais vapor, cerca de 84 %, foi a área do Enchimento que mais contribuiu para esse

consumo (cerca de 49 %). De igual modo ao registado em 2016, as Adegas e a ETAR foram as áreas que, a seguir ao Enchimento e ao Fabrico, consumiram mais vapor. Mas inversamente ao que se verificou em 2016, foi a ETAR que registou um maior consumo, cerca de 9 %, e as Adegas consumiram aproximadamente 7 %.

Apesar de esta tendência poder vir a inverter-se até ao final do ano, é de salientar que nos primeiros 5 meses de 2017 se verificou um aumento de consumo no Enchimento, que deve ser alvo de análise.

3.2.2 Processo de produção e enchimento da cerveja [22]

A produção de qualquer cerveja começa com a preparação do mosto. Para obter o mosto são imprescindíveis determinadas matérias-primas sendo elas o malte, os cereais não maltados, o lúpulo e a água.

O malte, proveniente da cevada, é sujeito a um processo de germinação, denominado maltagem. Dependendo das condições de temperatura e humidade desse processo irão obter-se diferentes tipos de malte que, posteriormente, condicionarão a cor e as características sensoriais da cerveja.

Entre as possibilidades de cereais não maltados o milho é maioritariamente o escolhido. Esta matéria-prima sofre um processo de extração de gordura e sucessivamente de moagem, passando a designar-se *gritz*. A utilização do *gritz* ou de outros cereais não maltados tem como objetivo diminuir a percentagem de proteínas existentes no mosto e, dependendo do cereal escolhido, outras características específicas.

O lúpulo é uma planta aromática que tem como finalidade conferir o aroma amargo característico da cerveja. Para além disso é um excelente conservante natural, auxiliando na prevenção de contaminações microbiológicas.

A água, outra matéria-prima essencial, deve possuir uma composição adequada em sais minerais, e por esse motivo é previamente tratada na ETA da fábrica.

Como se mostra no esquema da figura 3.7, desenhado no âmbito deste trabalho em *Microsoft Visio*, o fabrico do mosto inicia-se com a moagem do malte em que se pretende obter uma espécie de farinha, de modo a possibilitar uma rápida extração e conversão dos seus componentes, sendo que o *gritz* é aprovocado já com o grau de moagem adequado.

Seguidamente promove-se a mistura do *gritz* e de algum malte com água numa caldeira, numa proporção mássica de 1:2 sólido-líquido. Esta operação, designada por “calda”, ocorre em dois ciclos. O primeiro ciclo consiste em submeter a mistura a uma temperatura de 70 °C, durante 15 min. Esta fase não necessita de vapor, pois a água alimentada já se encontra à temperatura desejada, devido a aproveitamentos térmicos. O segundo ciclo ocorre a uma temperatura de 95 °C, durante 10 min, sendo a energia necessária assegurada por vapor que circula dentro de serpentinas incorporadas na caldeira.

Em paralelo com a operação da calda decorre a empastagem, que consiste na mistura do malte com água. Após um determinado período, a mistura resultante da calda é transferida para a caldeira onde decorre a empastagem, obtendo uma temperatura de mistura de aproximadamente 60 °C. Caso seja necessário, a temperatura da mistura é ajustada para 64 °C. Quando a mistura alcança essa temperatura, inicia-se o primeiro ciclo que dura aproximadamente 60 min. Findo esse tempo, a mistura é novamente aquecida até 72 °C, permanecendo a essa temperatura durante 10 min. E, por fim, é aquecida até cerca de 78 °C, mantendo-se a essa temperatura durante 5 min. Os vários aquecimentos e a manutenção das temperaturas indicadas para os vários ciclos são conseguidos pela

admissão de vapor. Ao conjunto das operações de calda e empastagem dá-se o nome de “brassagem”. Com estas operações pretende-se que ocorra o desdobramento das moléculas complexas do amido e de proteínas noutras mais simples, num processo designado por sacarificação, utilizando para esse efeito as enzimas existentes no malte e desenvolvidas durante a maltagem. Para aumentar a produtividade do processo de produção da cerveja, a sala do Fabrico da UNICER Bebidas, S.A. possui duas caldeiras disponíveis para a etapa de empastagem.

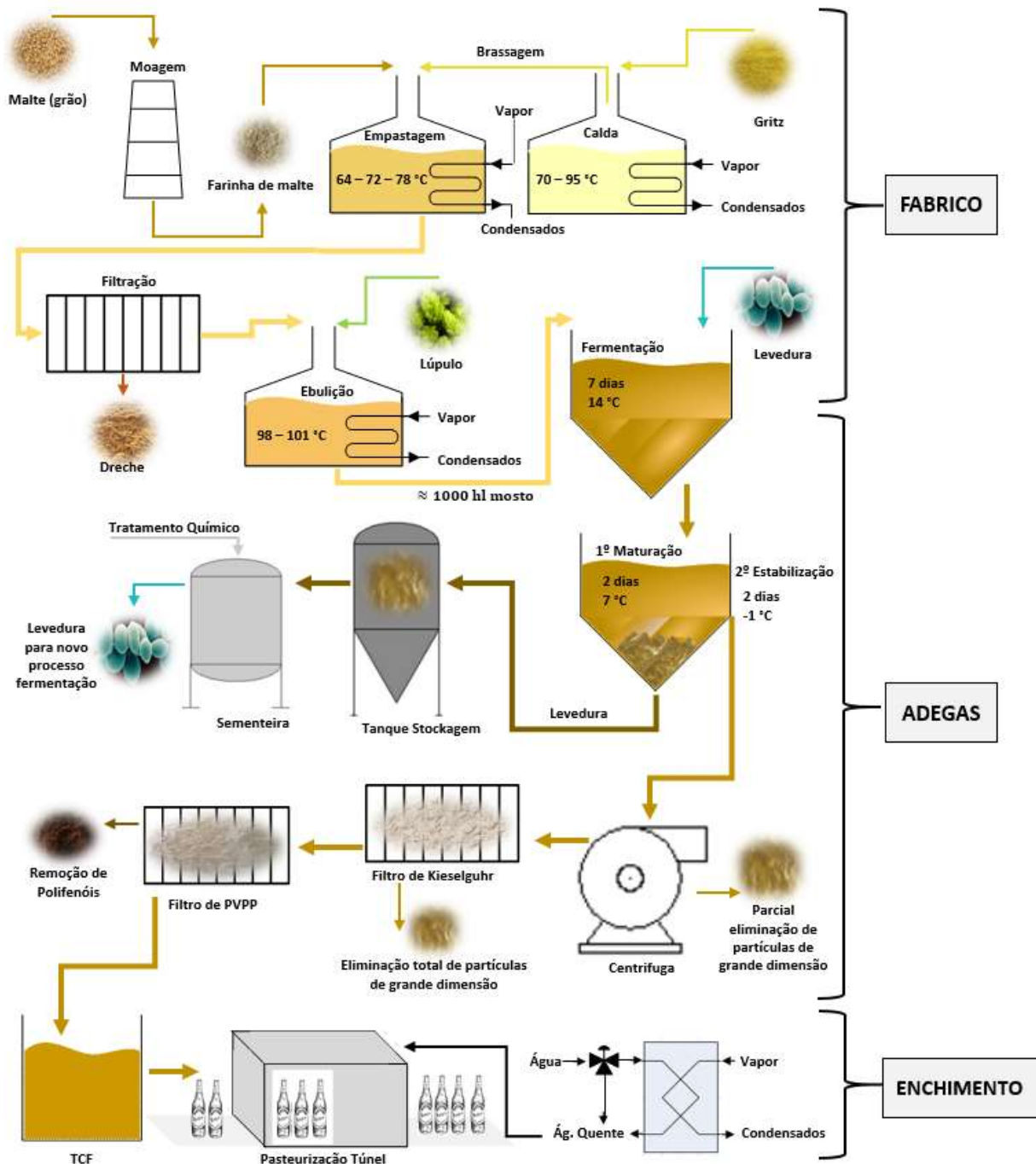


Figura 3.7 – Esquema representativo do processo de produção da cerveja

Após a brassagem a mistura segue para um filtro composto por várias telas filtrantes. Para aumentar o rendimento de extração de açúcares do griz e do malte, adiciona-se, durante a filtração, um volume controlado de água. Da etapa da filtração resulta um concentrado sólido, a dreche, que é posteriormente vendida para ração animal. A filtração demora aproximadamente 2 horas e não consome vapor.

Posteriormente à filtração, o mosto diluído é levado à ebulição durante cerca de 2 horas e é nesta fase que é adicionado o lúpulo. Devido à ebulição é também nesta fase que se consome mais vapor. Esta operação é de extrema importância para o processo de produção da cerveja, pois permite solubilizar e transformar as substâncias amargas do lúpulo, eliminar substâncias voláteis indesejadas, esterilizar o mosto, fixar a concentração final do mosto e precipitar as proteínas de peso molecular elevado. Todas as etapas referidas até à ebulição ocorrem na área do Fabrico.

O mosto quente segue para a área das Adegas onde é arrefecido e arejado até cerca de 14 °C. Depois é enviado para as cubas de fermentação, conhecidas como cilindro cónicas (CC), e a levedura de cultura selecionada para o tipo de cerveja que se pretende produzir, é adicionada em linha, isto é, numa fase do percurso entre o arrefecimento e as CC. Nas CC inicia-se a fermentação que ocorre durante aproximadamente 7 dias e em condições de temperatura controlada. Nesta fase pretende-se que os açúcares contidos no mosto sejam convertidos em álcool e dióxido de carbono, por ação da levedura. Após este período dá-se início à maturação. Esta fase ocorre durante 2 dias, à temperatura aproximada de 7 °C. Tem como finalidade adequar os níveis de diacetilo, que resulta do processo normal de fermentação, aos níveis pretendidos nos diferentes tipos de cervejas.

Quando o diacetilo está nos níveis pretendidos, a levedura que decantou é enviada para os tanques de armazenagem, onde aguarda a reintrodução numa nova fermentação. Os tanques de armazenagem são pressurizados com ar comprimido antes de receberem a levedura. A esterilização da conduta de ar comprimido que é usado nos tanques de armazenagem é feita através da passagem de vapor. Antes da levedura ser integrada numa nova fermentação, passa na sementeira onde é tratada quimicamente. Periodicamente é realizada a propagação de uma nova levedura nos tanques de propagação. A esterilização dos tanques de propagação é conseguida através da injeção de vapor.

Após a remoção da levedura a cerveja permanece em estabilização durante cerca de 2 dias a uma temperatura aproximada de -1 °C. Durante este período, de estabilização a frio, os elementos de turvação presentes tendem a aglomerar-se, facilitando a sua remoção. No final da etapa de maturação a cerveja encontra-se pronta para ser filtrada, numa etapa designada por clarificação.

Na fase de clarificação pretende-se conferir limpidez, através da eliminação de alguns elementos de turvação que, até então, ainda se encontravam em suspensão. Esta eliminação é conseguida através da passagem por centrífugas e por meios filtrantes adequados. Assim, a clarificação inicia-se com a passagem da cerveja nas centrífugas, onde são parcialmente eliminadas partículas de maiores dimensões e que não decantaram nas CC. As restantes partículas de maiores dimensões são removidas na totalidade no filtro de *kieselguhr* e as de menor dimensão, como polifenóis, são eliminados no filtro de PVPP (Poli-venil-poli-pirrolidona). O PVPP é aquecido com vapor até aproximadamente 70 °C. O maior consumo de vapor na área das Adegas ocorre no aquecimento de água e das soluções de soda e de ácido que constituem o CIP (*Cleaning In Place*), que é o sistema responsável por efetuar a limpeza dos equipamentos que estiveram em contacto com o produto nesta área. Seguidamente à filtração a cerveja é diluída com água desarejada e carbonatada com CO₂, passando também por uma fase de ajuste de cor e amargor [23].

A cerveja é posteriormente armazenada em TCF (Tanques de Cerveja Filtrada), encontrando-se pronta para ser enviada para a área do Enchimento.

O enchimento é a etapa final e consiste no acondicionamento da cerveja em garrafas ou barris. Nesta etapa pretende-se a eliminação de todos os microrganismos e para isso aplica-se o método da pasteurização. A pasteurização pode ser feita imediatamente antes da cerveja ser introduzida na embalagem, pasteurização *flash*, e que é utilizada no caso de o enchimento ser em barris, ou pode ser realizada após a cerveja ser introduzida nas garrafas, pasteurização túnel. A pasteurização consiste no aquecimento da cerveja até uma determinada temperatura, à qual se mantém por um determinado tempo, e depois arrefecê-la.

Os últimos passos na secção do Enchimento são a rotulagem e a embalagem. Há ainda nesta área outros equipamentos e operações que consomem vapor: as lavadoras de garrafas retornáveis e, à semelhança das outras áreas, o aquecimento de água e das soluções de soda e de ácido para o CIP dos equipamentos da área do Enchimento que estiveram em contacto com o produto.

Os valores de temperatura e de períodos de tempo indicados na figura 3.7 são valores aproximados e dependem do tipo de cerveja que se está a produzir. Os consumos de vapor também são variáveis e por isso difíceis de estimar, mas em todas as fases em que é utilizado, o vapor é saturado e a pressão de saturação é, na maioria dos casos, aproximadamente 4,5 barg. No caso da pasteurização, a fase de aquecimento é realizada através de uma corrente de água quente. O aquecimento desta corrente é conseguido, por sua vez, através da transferência de calor por via da corrente de água glicolada do *circuito HT*, responsável por efetuar o arrefecimento do motor da unidade de Cogeração da UNICER Bebidas, S.A., conforme explicado anteriormente no subcapítulo 3.1.1.. Quando esta transferência de calor não é suficiente, ou quando o motor da Cogeração não está a trabalhar, a corrente de água quente que faz a pasteurização é aquecida através de vapor.

3.3. Iniciação de sistema de gestão de energia

Paralelamente ao trabalho inicialmente requerido, e que se apresenta nos capítulos 4 e 5, foi também proposto que fosse realizada uma avaliação da energia térmica na UNICER Bebidas, S.A.. O objetivo desta avaliação foi dar início ao desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), com vista a identificar e priorizar oportunidades de melhoria, promover a eficiência energética e reduzir o consumo de energia.

Tendo em conta a abordagem feita ao longo do presente capítulo, facilmente se percebe que a energia térmica pode ser associada a dois grandes grupos: os produtores e os utilizadores, sendo que ambos interagem com a finalidade de se recuperar o máximo de energia térmica possível. Deste modo, a UNICER Bebidas, S.A. pretende criar um modelo, semelhante ao apresentado na figura 3.8, que permita ter uma visão geral da energia envolvida em toda a fábrica, com o objetivo de que ao visualizar o modelo se possa facilmente identificar onde há desperdício de energia e de que modo é que o seu consumo pode ser racionalizado. Os valores de energia indicados são o resultado dos cálculos já efetuados, utilizando valores reais obtidos por vários instrumentos de medição como contadores e sondas de temperatura e apresentam uma base temporal de 1h. Os valores de perdas e das correntes que estão a zero correspondem aos cálculos que devem ainda ser desenvolvidos para a construção completa do referido modelo. Pretende-se ainda construir uma vista expandida, pormenorizada e individualizada para cada uma das subunidades apresentadas na figura 3.8

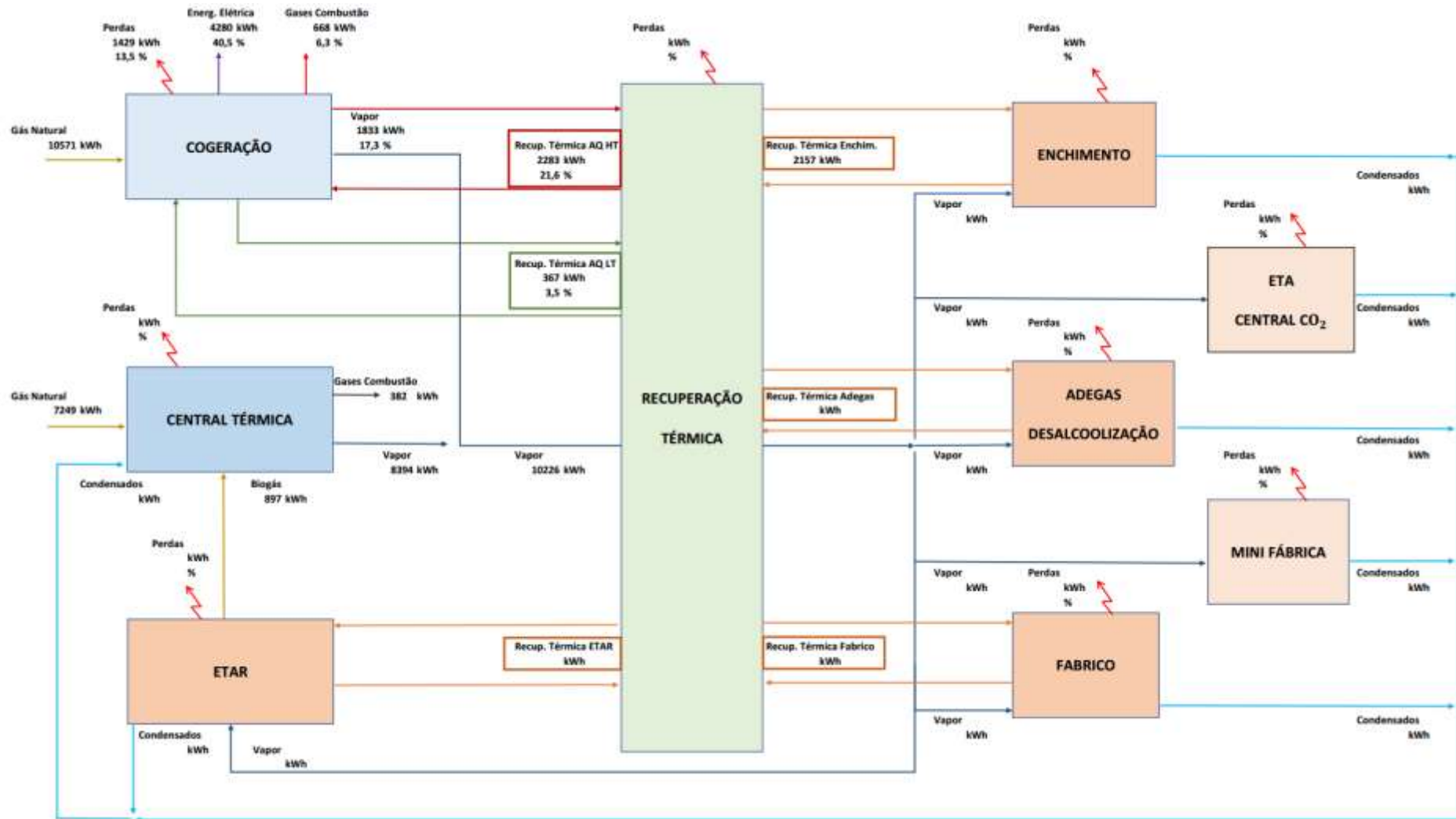


Figura 3.8 – Modelo que representa a produção e a utilização de energia na UNICER Bebidas, S.A.

Como este desafio foi proposto a meio do período de estágio, não foi possível avaliar todas as subunidades apresentadas na figura 3.8. No entanto, foi avaliada a eficiência dos produtores de energia térmica: a Cogeração e as caldeiras existentes na Central Térmica.

3.3.1. Eficiência da Cogeração

A eficiência da Cogeração foi alvo de estudo em 2013. Nesse ano, foi desenvolvida uma folha de cálculo, em *Excel*, que através da inserção dos dados médios diários dos caudais das correntes e das temperaturas, devolvia a energia térmica associada a cada corrente, permitindo verificar a energia produzida, a consumida e a dissipada.

Com base na folha de cálculo desenvolvida, foi possível avaliar o desempenho da Cogeração no presente, através da introdução dos dados médios diários atuais. Além disso, foi acrescentado no esquema o aproveitamento térmico associado ao circuito LT, uma vez que no período de tempo em que a folha de cálculo foi desenvolvida, a energia associada a esse circuito era totalmente dissipada na torre de arrefecimento e como tal, estava considerada na folha de cálculo como sendo uma perda.

Na figura 3.9 apresenta-se o esquema elaborado para a Cogeração, que pretende retratar, com pormenor, o desempenho desta subunidade. Os valores de energia associados a cada uma das correntes são determinados na referida folha de cálculo com base nos dados recolhidos no programa de supervisão instalado na Central Térmica e Cogeração e que foram anteriormente apresentados na figura 3.2. Consideram ainda outros dados necessários, que passaram a ser recolhidos, como por exemplo o registo diário do PCI do combustível (gás natural). Para o exemplo da figura 3.9, o valor de PCI foi de 10,54 kWh/Nm³. Os valores obtidos consideram uma base temporal de 1h. Os cálculos referentes ao circuito novo implementado no esquema, circuito LT, apresentam-se no anexo A.2.

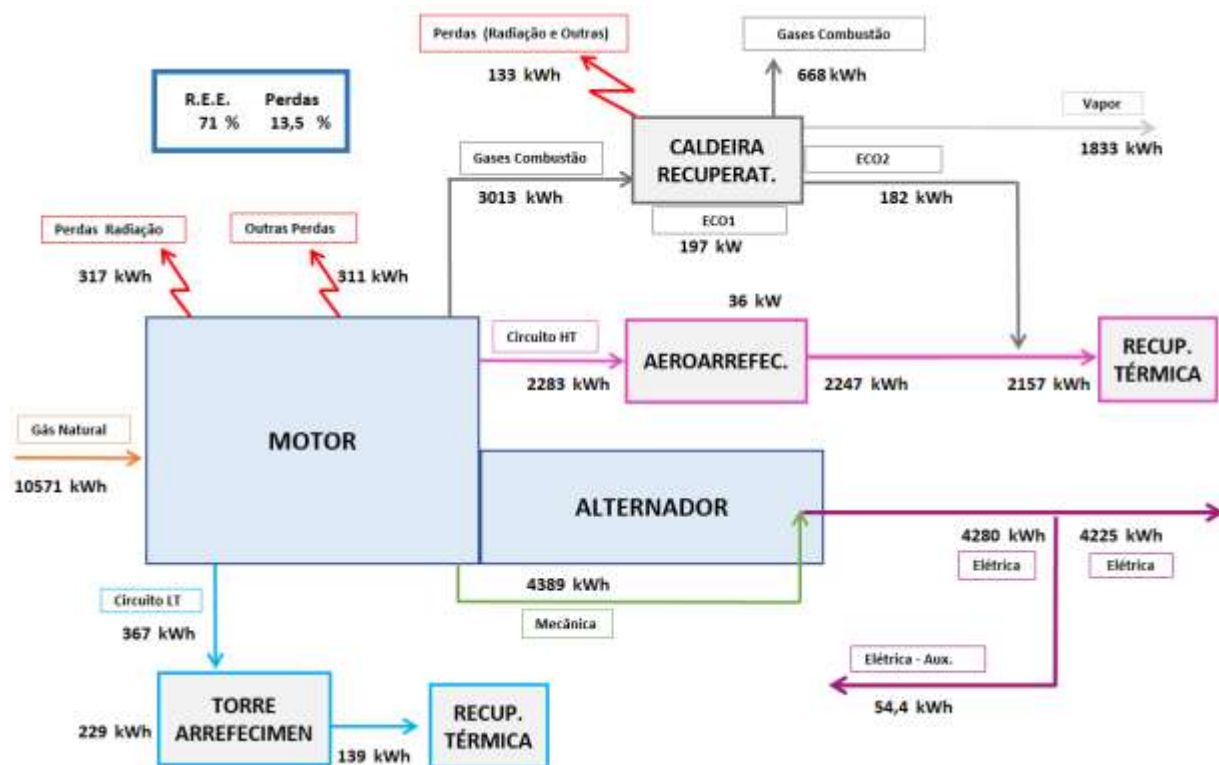


Figura 3.9 – Esquema representativo do desempenho energético da Cogeração

De um modo geral, o desempenho da Cogeração pode ser classificado de acordo com dois parâmetros: as perdas energéticas e o rendimento elétrico equivalente (REE).

Para determinar as perdas energéticas apresentadas na figura 3.9, foram estimadas as perdas por radiação tendo em conta os dados do projeto. As restantes perdas podem ser determinadas pelo balanço de energia apresentado na equação 3.1.

$$\sum Energia_{entrada} + \sum Perdas - \sum Energia_{saida} = 0 \quad (3.1)$$

O REE relaciona a energia elétrica produzida com a correspondente energia primária consumida. A definição do REE varia consoante o país de referência. Em Portugal, foi definido de acordo com a equação 3.2 [24].

$$REE = \frac{EE}{EC - \frac{ET}{0,9 - 0,2 \times \frac{ECR}{EC}}} \times 100 \quad (3.2)$$

em que EE corresponde à energia elétrica produzida anualmente pelo cogrador, excluindo os consumos nos sistemas auxiliares internos de produção energética (elétrica auxiliar), ET é a energia térmica útil consumida anualmente a partir da energia térmica produzida pelo cogrador, excluindo os consumos nos sistemas auxiliares internos de produção energética, EC contempla a energia primária consumida anualmente na instalação de Cogeração, avaliada a partir do poder calorífico inferior dos combustíveis e outros recursos utilizados e o ECR diz respeito ao equivalente energético dos recursos renováveis ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos consumidos anualmente na instalação de Cogeração, em kWh.

Como na UNICER Bebidas, S.A. o recurso energético utilizado é somente o gás natural, o CR toma o valor de 0, obtendo-se a equação 3.3.

$$REE = \frac{EE}{EC - \frac{ET}{0,9}} \times 100 \quad (3.3)$$

Com base nas equações 3.1 e 3.3, e com o registo diário dos valores médios dos caudais, de temperaturas e de energia elétrica das correntes envolvidas, foi possível determinar os dois parâmetros que caracterizam a Cogeração, diariamente. Os resultados obtidos no mês de maio apresentam-se na figura 3.10.



Figura 3.10 – Resultados diários das perdas energéticas e do REE no mês de maio

Através da análise da figura 3.10, verifica-se que atualmente a instalação da Cogeração da UNICER Bebidas, S.A. apresenta um REE constante e de aproximadamente 70,4 %. Verifica-se ainda que as perdas energéticas também são praticamente invariáveis e de cerca de 12,9 %. Comparativamente com os dados disponibilizados na folha de cálculo que compreendiam os meses de junho, julho, agosto e setembro de 2013, o REE mostrou-se 7 % superior ao REE médio registado nesse período. Relativamente às perdas energéticas verifica-se uma diminuição de cerca de 3 %, devido, sobretudo ao aproveitamento energético associado ao circuito LT, que como referido anteriormente, no período da análise de 2013, este era considerado uma perda, já que o seu conteúdo energético era dissipado na totalidade na torre de arrefecimento. Conforme mencionado no subtópico 3.1.1, o conteúdo energético associado a este circuito é, atualmente, aproveitado para transferir energia térmica para uma corrente designada por “rejeitados de osmose”, com o objetivo de a pré aquecer, antes de esta ser enviada para a ETAR onde vai ser tratada. Esta corrente pode ainda receber energia associada a outros dois aproveitamentos térmicos, cujo detalhe não se considerou relevante no âmbito deste trabalho.

É importante salientar que o regime de funcionamento do motor da Cogeração varia consoante os dias da semana. De segunda a sexta-feira opera 17 horas, aos sábados opera 22 horas e aos domingos e feriados não trabalha, daí no dia 1 de maio (feriado) e nos domingos desse mesmo mês, o REE e as perdas energéticas obtidas terem sido de zero.

Como o objetivo da UNICER Bebidas, S.A. é o desenvolvimento de um modelo de controlo de energia que possa ser visualizado diariamente, foram identificadas e extraídas as *tags* associadas a cada uma das variáveis, através de um *software* disponibilizado na sala de controlo da Central Térmica e da Cogeração. O uso dessas *tags* na folha de cálculo atualizada servirá para agilizar o processo de construção do modelo. Este modelo será elaborado por uma empresa especializada que implementou os controlos atualmente existentes na UNICER Bebidas, S.A. e que está familiarizada com as referidas *tags*.

3.3.2. Eficiência das caldeiras da Central Térmica

À semelhança da análise realizada para a Cogeração, avaliou-se também o desempenho das caldeiras da Central Térmica, de forma a construir um modelo que permite verificar diariamente o rendimento energético e as perdas por elas apresentadas. Posteriormente, pretende-se que este modelo possa vir a ser integrado no modelo de visão geral da energia envolvida em toda a fábrica, apresentado na figura 3.8.

A análise de desempenho energético efetuada para cada uma das caldeiras foi desenvolvida de acordo com o método das perdas apresentado na equação 2.4, e consistiu na determinação das várias perdas associadas à geração de vapor. Para que essa determinação fosse possível, recolheram-se as análises efetuadas aos combustíveis (gás natural e biogás) e aos gases de combustão, de modo a conhecer a sua composição. Foram também registados os valores médios diários associados a cada uma das correntes, obtidos por via do programa de supervisão instalado na Central Térmica e Cogeração. As composições dos combustíveis e dos gases de combustão, e a análise que permitiu a avaliação do desempenho das caldeiras apresentam-se no anexo A.1.

Como referido anteriormente, a caldeira C1 não trabalhou no período de estágio e por esse motivo não foi possível avaliar o seu desempenho. No entanto, o modelo desenvolvido para a caldeira

C2 pode-lhe ser diretamente aplicado, já que ambas operam nas mesmas condições e utilizam os mesmos combustíveis: gás natural e biogás.

Nas figuras 3.11 e 3.12 apresentam-se os esquemas elaborados para as caldeiras C2 e C3, respetivamente, que retratam o desempenho desta subunidade, num determinado dia. Os valores de energia que constam nessas figuras foram determinados com os dados das correntes apresentados anteriormente na figura 3.3 e consideram uma base temporal de 1h. No caso das purgas a energia que lhe está associada foi determinada com base no método das perdas e no caso dos gases de combustão foi determinada com base nas reações de combustão e conhecendo o excesso de ar, conforme se apresenta no anexo A.1. Para o exemplo considerado, o PCI do gás natural foi de 10,51 kWh/m³ e o PCI do biogás foi de 7,5 kWh/m³.

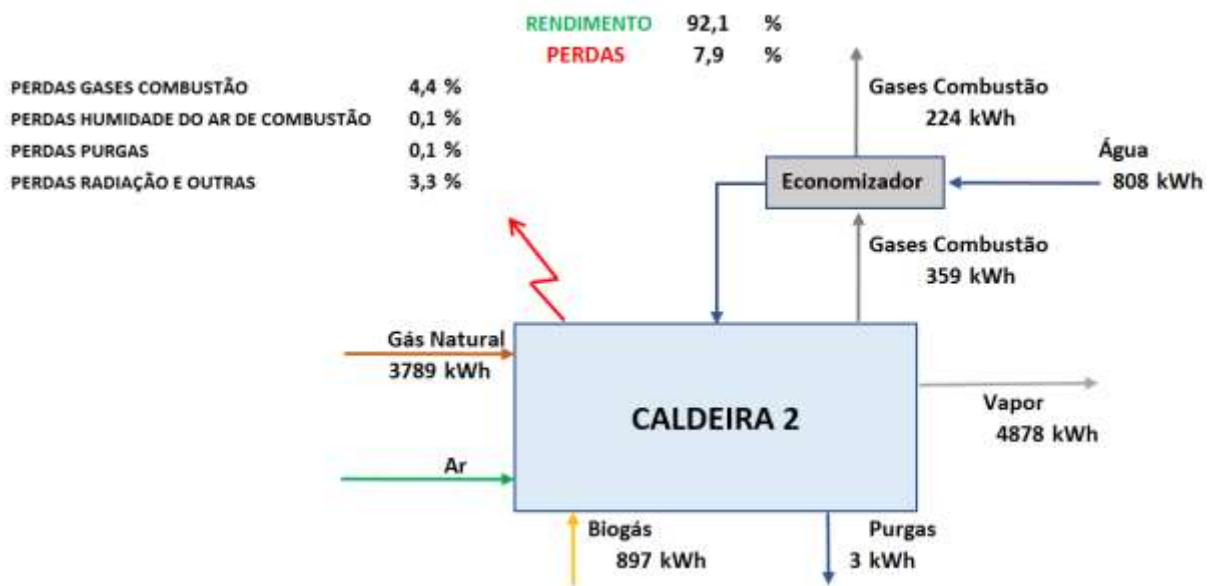


Figura 3.11 – Esquema representativo do desempenho energético da caldeira 2

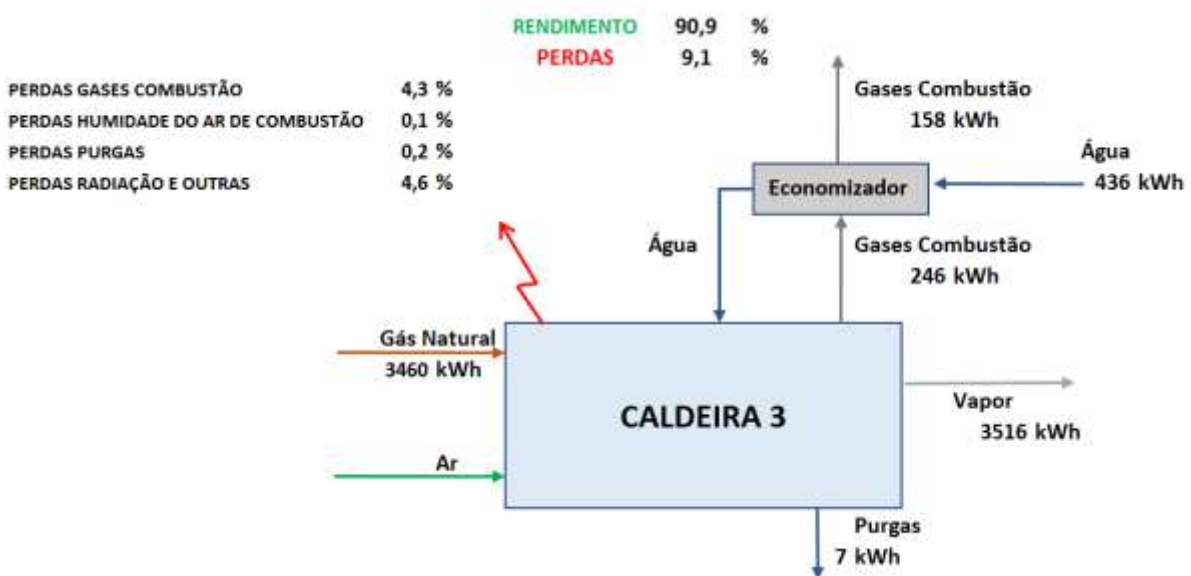


Figura 3.12 – Esquema representativo do desempenho energético da caldeira 3

Através do modelo desenvolvido determinou-se o rendimento de cada uma das caldeiras para cada dia do mês de maio. Os resultados obtidos apresentam-se na figura 3.13.

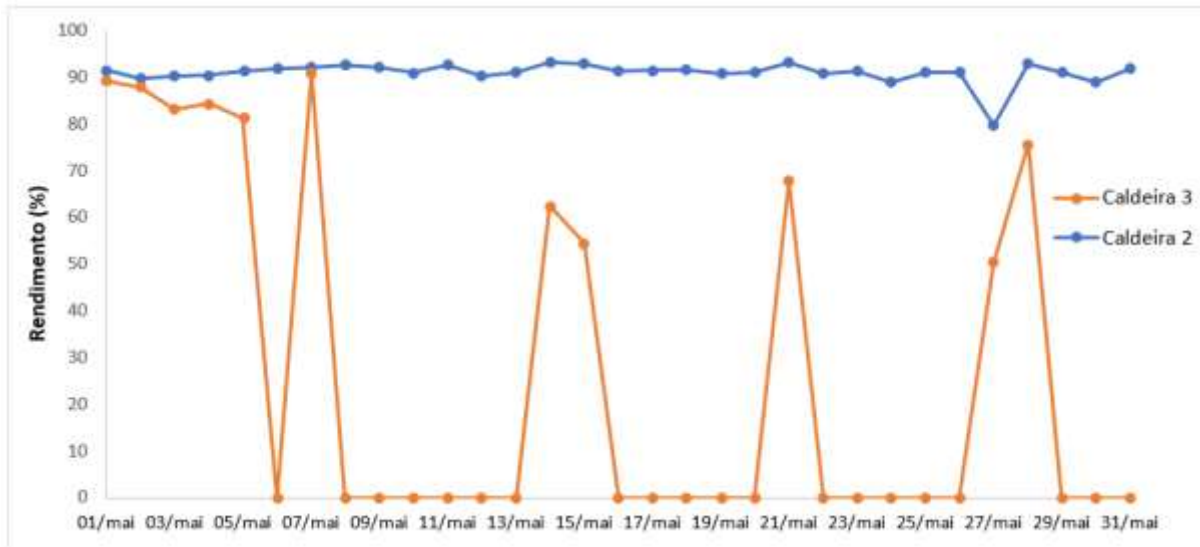


Figura 3.13 – Resultados diários do rendimento das caldeiras no mês de maio

Conforme se pode ver na figura 3.13, o rendimento da caldeira 2 apresenta-se bastante uniforme ao longo do mês de maio e com um rendimento médio de 91 %. Apenas se verificou um desvio no dia 27, pois nesse dia registou-se uma produção horária muito abaixo da capacidade nominal, cerca de 2 ton/h, o que culminou em cerca de 13 % de perdas por radiação.

Os valores de rendimento obtidos para a caldeira 3 mostram-se mais irregulares e baixos do que os obtidos para a caldeira 2, sendo que a média para o mês de maio foi de 71 %. O baixo desempenho desta caldeira pode ser explicado por não trabalhar continuamente, isto é, só é utilizada no caso da caldeira 2 e da caldeira recuperativa não conseguirem assegurar as necessidades de vapor. O facto de parar e arrancar várias vezes ao dia e devido aos caudais médios de produção de vapor registados serem de aproximadamente 1,7 ton/h, fez com que se registasse um valor médio de 20 % em perdas por radiação no mês de maio. As perdas por radiação mostram-se bastante significativas nestes casos, porque se utiliza uma caldeira de grandes dimensões para produzir um caudal de vapor horário muito abaixo da sua capacidade, 15 ton/h. Nos dias em que se obteve um rendimento de 0 %, foi porque a caldeira não operou.

Como já referido, o objetivo da UNICER Bebidas, S.A. é o desenvolvimento de um modelo em que se possa controlar diariamente o comportamento da energia em toda a fábrica. Assim, foram identificadas as *tags* associadas a cada uma das variáveis, através de um software disponibilizado na sala de controlo da Central Térmica e da Cogeração, para agilizar o processo de construção do modelo.

Capítulo 4. DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA A REDE DE VAPOR E CONDENSADOS

Tendo como objetivo final a implementação de manutenção preventiva na rede de vapor e condensados da UNICER Bebidas, S.A., foi necessário elaborar planos de manutenção preventiva no SAP-PM, para esta rede. A elaboração destes planos exigiu a realização de um trabalho prévio que incluiu várias etapas, pois qualquer plano de manutenção que se pretenda criar no SAP-PM tem por base alguns requisitos, que se não forem cumpridos tornam a sua realização inexecutável.

Neste capítulo apresenta-se descrito o trabalho desenvolvido, que permitiu alcançar as condições necessárias para a elaboração de planos de manutenção preventiva para a rede de vapor e condensados no SAP-PM.

4.1. “Levantamento” da rede de vapor e condensados

A primeira fase do trabalho incidiu na identificação dos equipamentos da rede de vapor e condensados. Devido à grande extensão da fábrica da UNICER Bebidas, S.A. de Leça do Balio, optou-se por fazer uma divisão da rede em diferentes zonas: Fabrico, Central Térmica e Cogeração, Adegas, Enchimento, ETA, ETAR, Mini Fábrica, Desalcoolização e Central CO₂.

Para agilizar a identificação futura dos equipamentos da rede de vapor e condensados no terreno, foram criados modelos no aplicativo *Microsoft Visio* para os equipamentos que podem ser encontrados nesta rede, com exceção dos conjuntos de admissão de vapor, pois consoante o pretendido pelo utilizador de vapor, estes conjuntos podem ser compostos por diferentes elementos, tornando-se difícil uniformizá-los. Os modelos criados para os restantes equipamentos: conjunto de purga, coletor de vapor e conjunto de bombagem de condensados, apresentam-se nas figuras 4.1, 4.2 e 4.3, respetivamente.

Para cada um dos equipamentos foram registados os conjuntos de manutenção que lhes estão associados (válvulas de fole, válvulas de esfera, válvulas de retenção, purgadores, filtros, entre outros), identificando o diâmetro nominal (DN), a pressão nominal (PN), o tipo de ligação (flangeada/roscada), e, sempre que possível, o fornecedor e a designação atribuída por este a cada um dos elementos.

Sempre que um determinado modelo não traduzia totalmente o equipamento visto no local, foram registadas as diferenças observadas no modelo. Com isto, foi possível arquivar a informação que traduz a situação real em que se encontram os equipamentos na rede de vapor e condensados.

Para cada um dos equipamentos foi atribuído um nome, tendo em conta a sua função na rede, para que os operadores possam facilmente identificá-los. Alguns exemplos são “Conjunto de Purga do Coletor de Vapor Principal do Fabrico”, “Coletor de Vapor Principal do Fabrico”, “Conjunto de

Admissão de Vapor ao Permutador C800” e “Conjunto de Bombagem de Condensados do Coletor Principal do Fabrico”.

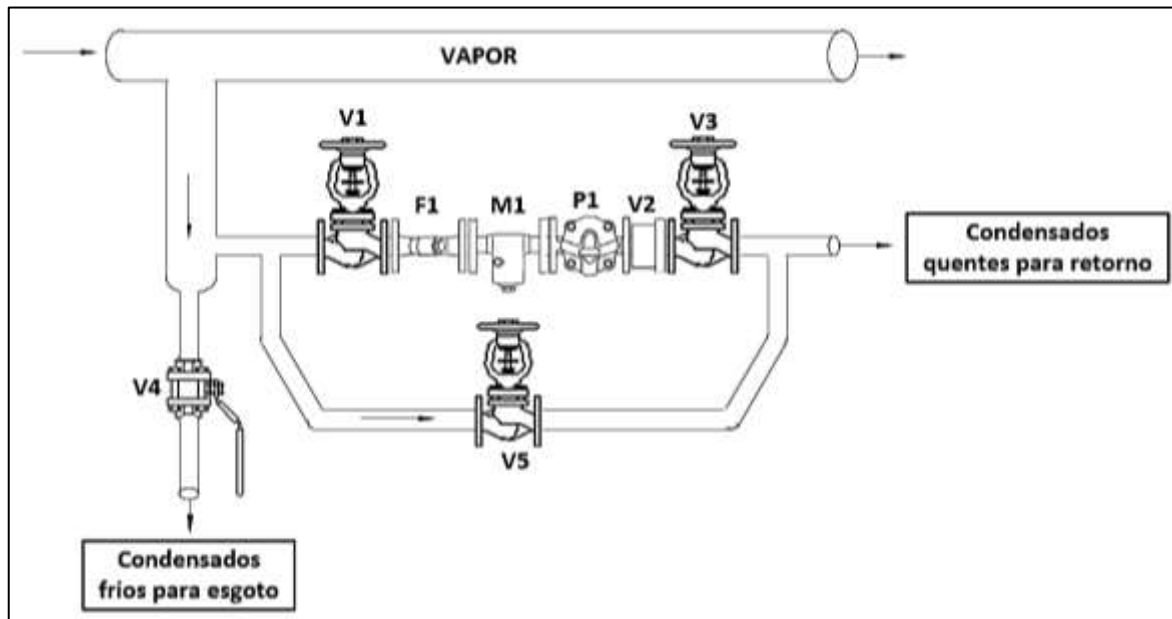


Figura 4.1 – Modelo do conjunto de purga

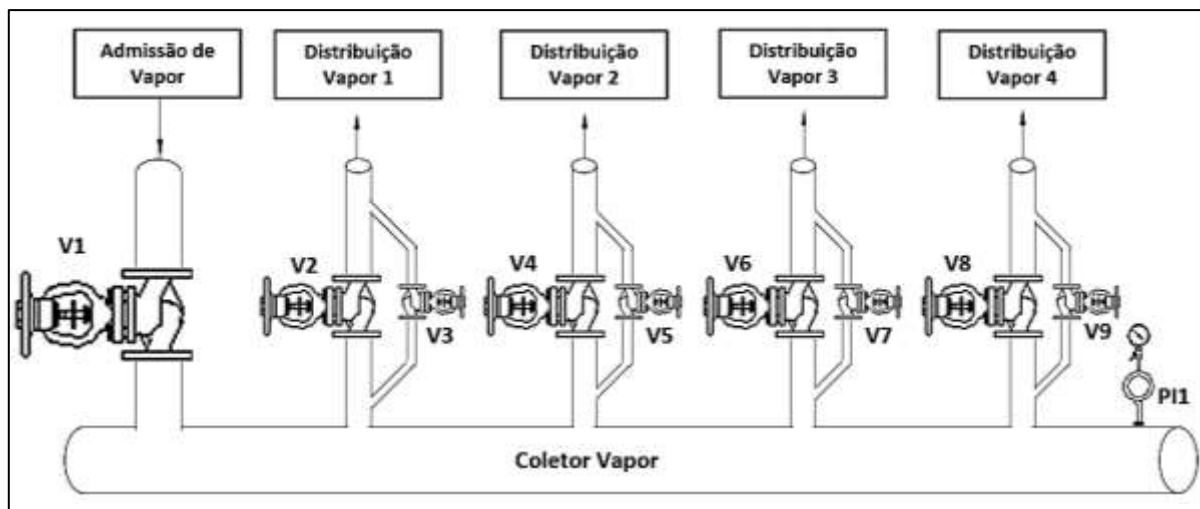


Figura 4.2 – Modelo do coletor de vapor

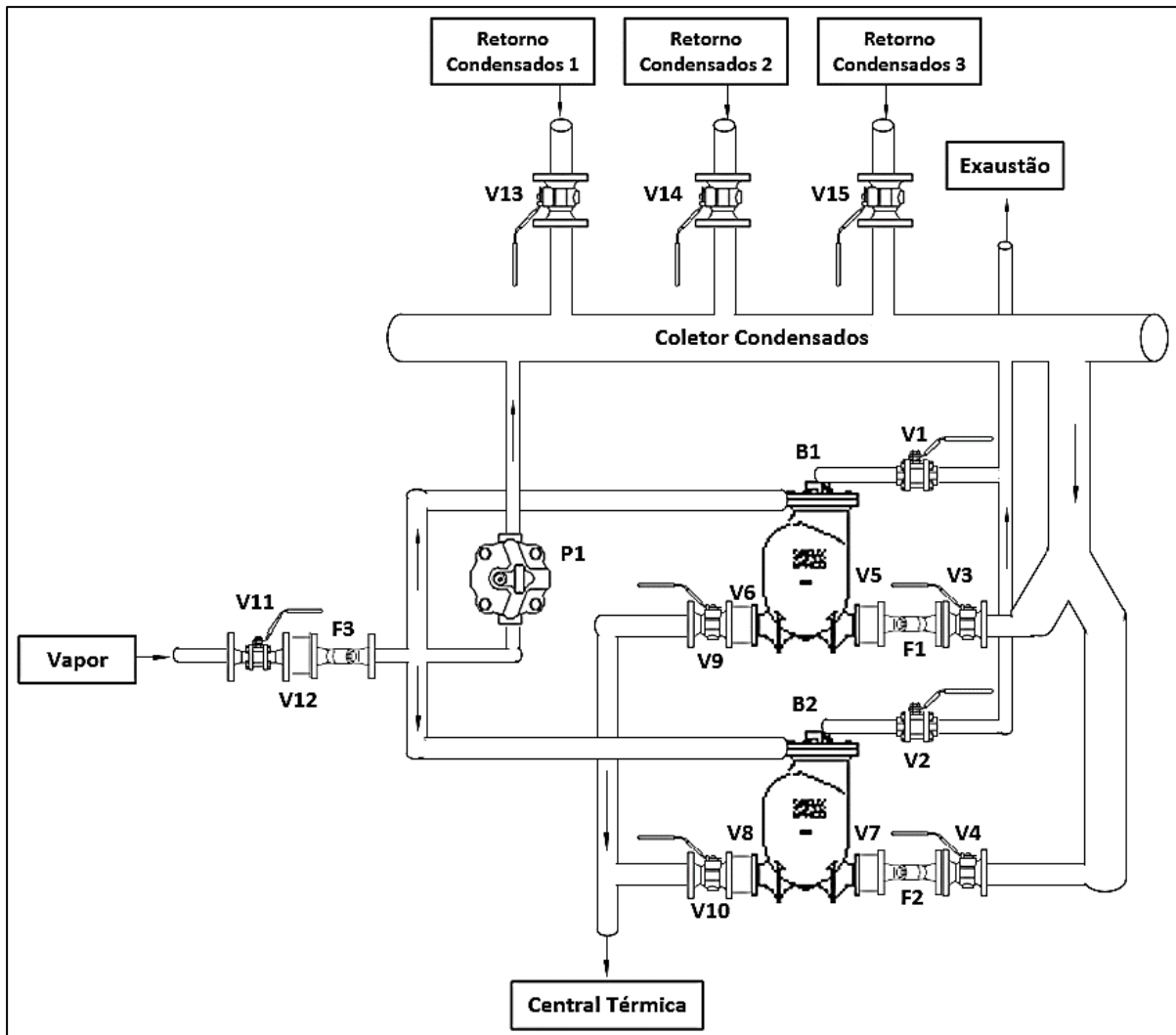


Figura 4.3 – Modelo do conjunto de bombagem de condensados

Durante o “levantamento” da rede de vapor e condensados foi possível constatar que determinadas tubagens não continham identificação e outras possuíam identificação errada, devido a alterações no *layout* da fábrica. Segundo a norma NP-182, as tubagens de fluidos canalizados devem ser identificadas com uma cor característica de cada fluido, que no caso do vapor é cinzento prata, contendo a indicação da direção em que o fluido escoia [25]. A identificação das condutas é extremamente importante a nível de proteção e de segurança. Assim, sempre que se detetaram condutas não identificadas ou mal identificadas foi feita a colocação ou correção, respetivamente, nessas condutas. Na figura 4.4 apresenta-se um exemplo de identificação colocada numa conduta sem identificação.



Figura 4.4 – Colocação de identificação em tubagem sem identificação

4.2. Constituição da rede de vapor e condensados no SAP-PM

Para que se possam criar planos de manutenção preventiva no SAP-PM é exigido que os equipamentos estejam criados nesse *software*. Ao consultar o SAP-PM da UNICER Bebidas, S.A., verificou-se que, relativo à rede de vapor e condensados, apenas existia criado na área de energia e fluidos um local intitulado por “Recuperação de Condensados”, sem qualquer equipamento associado, conforme se pode ver na figura 4.5.

Loc. instalação	D000-D022-03	Vál. desde	23.05.2017
Denominação	ENERGIA & FLUIDOS		
D000-D022-03	ENERGIA & FLUIDOS		C03402
> D000-D022-03-01	Central Frio		C03532
> D000-D022-03-02	Central Ar Comprimido		C03542
> D000-D022-03-03	Central Águas		C03412
> D000-D022-03-04	Central CO2		C03582
> D000-D022-03-05	Central Arrefecimento Maquinas		C03532
> D000-D022-03-06	Rede Eléctrica e FT's		C03442
> D000-D022-03-07	Recuperação de Condensados		C03482
> D000-D022-03-08	Manutenção SMEF		C03302
> D000-D022-03-09	ETAR		C03422

Figura 4.5 – Estrutura inicial do SAP-PM relativo à rede de vapor e condensados

Face a esta situação, foi necessário criar a rede de vapor e condensados no SAP-PM. Para isso, começou-se por alterar a designação do local existente, Recuperação de Condensados, para Rede de Vapor e Condensados – LB (Leça do Balio). Foram associados a este novo local, vários sublocais, para que posteriormente se pudessem associar os equipamentos, previamente identificados, a cada um dos sublocais. A estrutura criada apresenta-se na figura 4.6.

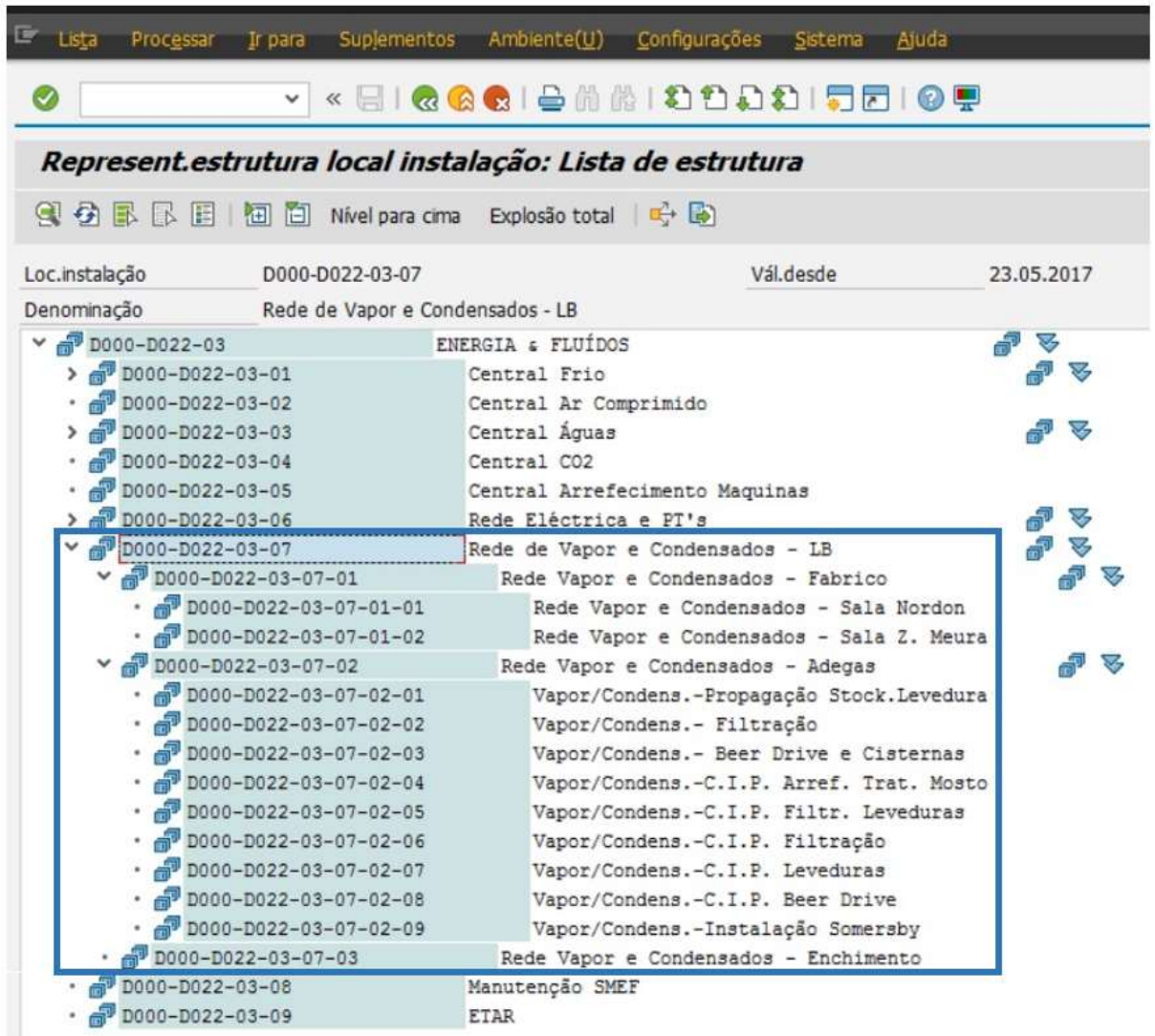


Figura 4.6 – Estrutura criada no SAP-PM relativo à rede de vapor e condensados

Após criar a estrutura no SAP-PM, procedeu-se ao preenchimento de um ficheiro *Excel* com toda a informação dos equipamentos “levantados” no terreno, em cada uma das áreas. Este ficheiro foi atempadamente preparado para facilitar o “carregamento em massa” destes equipamentos nos sublocais criados no SAP-PM. No anexo B encontra-se um excerto do ficheiro *Excel* preenchido com os equipamentos identificados na área do Fabrico.

Através do ficheiro *Excel* criou-se uma macro que permitiu alocar os equipamentos e os respetivos conjuntos de manutenção aos sublocais apresentados anteriormente. Na figura 4.7 apresenta-se um exemplo da constituição da rede de vapor e condensados do Fabrico no SAP-PM, dividida em Sala Nordon e Sala Z. Meura. Os equipamentos encontram-se a verde e os conjuntos de manutenção a amarelo, conforme se pode ver na expansão do equipamento intitulado por “Conjunto de Purga do Coletor de Vapor Principal do Fabrico”.

Item	Descrição	Quantidade	Material	Observações
300015747	Conj.Purga Coletor Vapor Principal Fabr.			
116898	V2022-Válvula Fole Flangeada DN25 FN16	1,000	BSA1T "Spirax"	Corte Montante
116899	F2001-Filtro "Y" Flangeado DN25	1,000	Fig33 "Spirax"	
116900	F2001-Purgador Flangeado DN25 FN16	1,000	FT43-10 "Spirax"	Boia
116901	V2023-Válvula Retenção Flangeada DN25	1,000	DCV3 "Spirax"	
116902	V2024-Válvula Fole Flangeada DN25 FN16	1,000	BSA1T "Spirax"	Corte Jusante
116903	V2021-Válvula Fole Flangeada DN15 FN16	1,000	BSA1T "Spirax"	Válvula Esqoto
300015876	Conj.Purga Coletor Vapor Caldeira C100			
300015877	Conj.Purga Caldeira C100-1º Cima p/Baixo			
300015878	Conj.Purga Caldeira C100-2º Cima p/Baixo			
300015879	Conj.Purga Caldeira C100-3º Cima p/Baixo			
300015880	Conj.Purga Caldeira C100-4º Cima p/Baixo			
300015881	Conj.Purga Caldeira C200 Serpent/Superior			
300015882	Conj.Purga Caldeira C200 Serpent/Inferior			
300015883	Conj.Purga Linha Superior Caldeira C200			
300015884	Conj.Purga Linha Inferior Caldeira C200			
300015885	Conj.Purga Linha entre Coletor Vap/C200			
300015886	Conj.Purga Linha entre Coletor Vap/C300			
300015887	Conj.Purga Caldeira C300 Serpent/Superior			
300015888	Conj.Purga Caldeira C300 Serpent/Inferior			
300015889	Conj.Purga Linha Superior Caldeira C300			
300015890	Conj.Purga Linha Inferior Caldeira C300			
300015891	Conj.Purga Linha Colet.Vap/Sala Z.Meura			
300015892	Conj.Purga Permutador C800			
300015893	Conj.Purga Permutador E500			
300015894	Conj.Purga Permutador E600			
300015895	Coletor Vapor Caldeira C100			
300015896	Coletor Vapor Principal Fabrico			
300015897	Conj.Bombagem Cond. Coletor CIP			
300015898	Conj.Bombagem Cond. Coletor Princ.			
300015899	Conj.Admissão Vapor Permutador C800			
300015900	Conj.Admissão Vapor Caldeira C200			
300015901	Conj.Admissão Vapor Caldeira C300			
300015902	Conj.Admissão Vapor Permutador E500			
300015903	Conj. Admissão Vapor Permutador E600			
300015904	Conj.Purga Coletor Vapor CIP			
300015905	Conj.Purga Tanque C801			
300015906	Conj.Purga Tanque C802			
300015907	Coletor Vapor CIP sala Z.Meura			
300015908	Conj.Admissão Vapor Tanque C801			
300015909	Conj.Admissão Vapor Tanque C802			

Figura 4.7 – Constituição da rede de vapor e condensados da área do Fabrico no SAP-PM

4.3. Elaboração de diagramas da rede de vapor e condensados

Em simultâneo com a constituição da rede de vapor e condensados no SAP-PM, foram elaborados diagramas desta rede para cada uma das áreas “levantadas”. Os diagramas elaboraram-se no *Microsoft Visio*, utilizando uma biblioteca 3D disponível no *site* da empresa A, principal fornecedor dos equipamentos da rede de vapor e condensados da UNICER Bebidas, S.A.. Os diagramas foram criados de modo a retratar a rede de vapor e condensados tal como ela é encontrada em cada uma das áreas da empresa. Na figura 4.8 apresenta-se o diagrama elaborado para a área do Fabrico, com o equipamento “Conjunto de Purga do Coletor de Vapor Principal do Fabrico” assinalado. A codificação no diagrama foi atribuída de modo a corresponder à designação dada a cada um dos conjuntos de manutenção que constituem o equipamento no SAP-PM. Um exemplo disso é a legenda do equipamento assinalado que coincide com a descrição dos conjuntos de manutenção apresentados na figura 4.7 a amarelo, pois trata-se do mesmo equipamento.

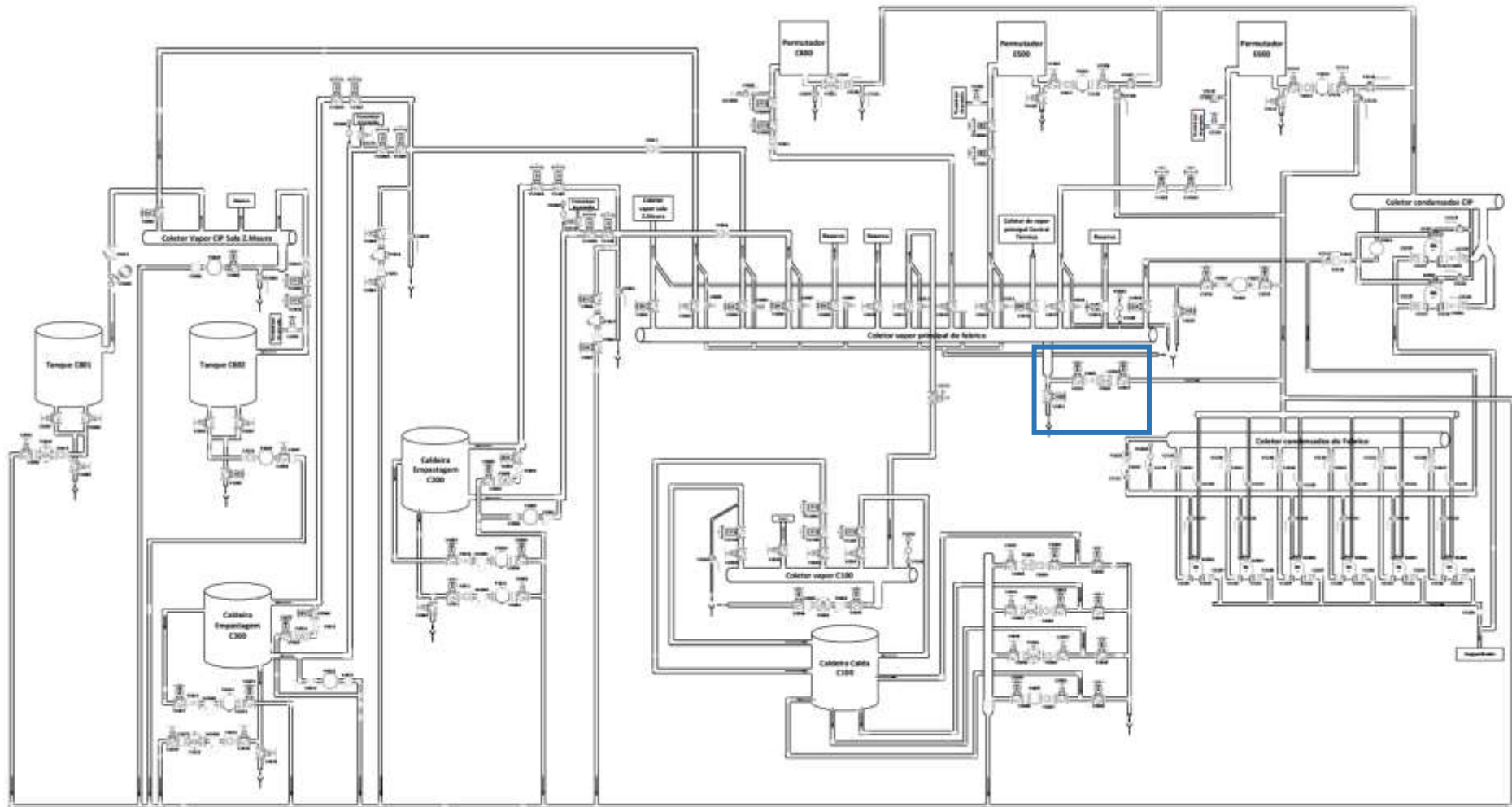


Figura 4.8 – Diagrama elaborado para a da rede de vapor e condensados da área do Fabrico

Os diagramas efetuados para as restantes áreas identificadas, Central Térmica e Cogeração, Adegas e Enchimento, apresentam-se nas figuras C.1, C.2 e C.3 do anexo C, respetivamente.

Face aos equipamentos encontrados na rede de vapor e condensados e que se encontram representados nos referidos diagramas, foram criados no SAP-PM um total de 172 equipamentos novos e 1018 conjuntos de manutenção. Na figura 4.9 apresenta-se a distribuição, por áreas, dos novos equipamentos e conjuntos de manutenção criados no SAP-PM.



Figura 4.9 – Equipamentos e conjuntos de manutenção das diferentes áreas criadas no SAP-PM, no âmbito do presente trabalho

4.4. Materiais para manutenção preventiva

A realização de manutenção aos equipamentos requer, muitas vezes, a substituição de pequenas peças que os compõem, designadas por materiais, de forma a prolongar o seu ciclo de vida. Os próprios conjuntos de manutenção (válvulas, purgadores, filtros, entre outros) que integram os equipamentos da rede de vapor e condensados não são exceção, isto é, necessitam de outros materiais para a sua manutenção. Um purgador de boia, por exemplo, contém materiais no seu interior como o mecanismo da boia, que de vez em quando deve ser substituído com o objetivo de conferir maior durabilidade ao purgador.

De modo a conhecer os materiais disponíveis para cada conjunto de manutenção, analisaram-se as fichas técnicas disponibilizadas pelos fornecedores nos seus *sites*, pois normalmente estas contêm informação sobre os *kits* de reparação/manutenção aplicáveis a cada conjunto. As fichas técnicas reunidas foram organizadas numa biblioteca técnica intitulada como Rede de Vapor e Condensados, estando disponíveis no portal da UNICER Bebidas, S.A. para que os colaboradores possam consultar.

Com vista a agilizar o processo de encomenda dos materiais necessários à manutenção dos conjuntos de manutenção, decidiu-se codificá-los no SAP-PM. Esta operação exige que seja indicada a referência do fornecedor e o preço unitário. Assim, com base na informação recolhida nas fichas técnicas de cada conjunto de manutenção, elaborou-se um ficheiro *Excel* com os materiais que cada conjunto de manutenção dispõe para substituição. Depois, estabeleceu-se contacto com o principal fornecedor, empresa A, solicitando que atribuíssem aos diferentes materiais a sua referência e custo unitário. No anexo D apresenta-se um excerto do ficheiro *Excel* elaborado e a respetiva codificação efetuada pela Empresa A. Os custos dos conjuntos de manutenção e dos materiais apresentam-se ocultos, por uma questão de sigilo. Os materiais encontram-se em fase de codificação por parte dos colaboradores da UNICER Bebidas, S.A..

Elaborou-se ainda uma OPL (*One Point Lesson*) para cada um dos equipamentos, com o intuito de, numa instrução visual rápida, os operadores identificarem facilmente os conjuntos de manutenção que necessitam de intervenção e que materiais precisam para isso. A título de exemplo, apresenta-se na figura 4.10 a OPL elaborada para o equipamento “Conjunto de Purga do Coletor de Vapor Principal do Fabrico”. O procedimento foi repetido para os restantes equipamentos “levantados” em todas as áreas.

One-Point Lesson		Número:	Centro de Produção: Leça do Baloi
Departamento: Manutenção	Área: Fabrico – Sala Nordon	Equipamento: Conjunto de purga	
Conjunto de Purga do Coletor de Vapor Principal do Fabrico		Pág. 1 de 1	Data emissão: 20.03.2017

LISTA DOS MATERIAIS DE MANUTENÇÃO				
Pos.	Cód. SAP	Designação SAP	Quant.	Unidade de Medida
V2021		Conj. Vedantes Castelo e Haste	1	UN
		Conj. Fole	1	UN
V2022		Conj. Vedantes Castelo e Haste	1	UN
		Conj. Fole	1	UN
F2001		Junta da Tampa p/ Fig.33	1	UN
		Rede Inox Perfuração 0,8mm p/ Fig.33	1	UN
		Conj. Válv. Principal c/ Flutuador Bola	1	UN
P2001		Conj. Eliminador Vapor Preso	1	UN
		Conj. Eliminador Ar	1	UN
		Conj. Completo Juntas (Pack 3)	1	UN
V2023				
V2024		Conj. Vedantes do castelo e haste	1	UN
		Conj. Fole	1	UN

Figura 4.10 – Exemplo de OPL elaborada para um equipamento da rede de vapor e condensados

4.5. Lista de tarefas de manutenção preventiva

Outro passo para a criação de planos de manutenção preventiva para a rede de vapor e condensados consistiu na elaboração de uma lista de tarefas que se apresenta na tabela 4.1. As tarefas foram definidas tendo em conta as operações consideradas preventivas, que devem ser executadas em cada um dos diferentes tipos de equipamentos desta rede. Constituem o resultado da opinião dos técnicos que, por experiência adquirida, têm noção das atividades que devem ser realizadas para prevenir ou evitar o envelhecimento precoce e a deterioração dos equipamentos. São tarefas simples e de fácil execução, mas que contribuem muito para a conservação da rede de vapor e condensados. Devem ser realizadas em momentos que não comprometam o normal funcionamento da fábrica e é esse o motivo pelo qual se acrescentou em algumas tarefas a instrução “se aplicável”. No entanto, importa realçar que os custos inerentes à manutenção preventiva são bastante inferiores aos da manutenção corretiva. Isto porque, em termos monetários, é preferível investir em substituições de pequenos materiais e prolongar o tempo de vida útil do equipamento, do que substituí-lo na íntegra num curto espaço de tempo.

Para além da identificação das tarefas, foi também necessário definir a equipa de trabalho responsável, o número de operadores necessários para a realização de cada tarefa, a duração e a periodicidade. O preenchimento de alguns destes requisitos, como o número de operadores e a duração, foram baseados nas situações mais frequentes, pois torna-se difícil de prever esses requisitos, já que dependem da dimensão do equipamento ao qual se está a aplicar a manutenção e à urgência da realização da tarefa.

Tabela 4.1 – Lista de tarefas de manutenção preventiva para a rede de vapor e condensados da UNICER Bebidas, S.A.

Designação	Tarefa	Periodicidade	Condições da instalação	Duração Estimada (h)	Técnicos
Manutenção Preventiva Conjuntos de Purga	Verificar o estado da identificação SAP dos equipamentos e colocar a mesma se necessário.	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1
	Analisar o estado dos purgadores com sistema ultrassónico e/ou câmara termográfica.	6 meses	Sem perda de produção (Em serviço)	0,5	1
	Abrir os purgadores para limpeza e substituir os materiais necessários. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1
	Verificar a colmatação dos filtros e respetiva limpeza. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1
	Avaliar o estado das válvulas de corte com câmara termográfica.	1 ano	Sem perda de produção (Em serviço)	2	1
	Verificar o estado das válvulas de retenção (sede e mola) com câmara termográfica.	1 ano	Sem perda de produção (Em serviço)	2	1
	Lubrificar válvulas de fole e de globo (empanque). *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1
Pintar os equipamentos sempre que se verifique um início de degradação. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1	
Manutenção Preventiva Conj. Admissão Vap	Verificar o estado da identificação SAP dos equipamentos e colocar a mesma se necessário.	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1
	Verificar a colmatação dos filtros e respetiva limpeza. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1
	Avaliar o estado das válvulas de corte com câmara termográfica.	1 ano	Sem perda de produção (Em serviço)	2	1
	Lubrificar válvulas de fole e de globo (empanque). *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1
	Pintar os equipamentos sempre que se verifique um início de degradação. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1
Manutenção Preventiva Coletores Vapor	Verificar o estado da identificação SAP dos equipamentos e colocar a mesma se necessário.	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1
	Avaliar o estado das válvulas de corte com câmara termográfica.	1 ano	Sem perda de produção (Em serviço)	2	1
	Lubrificar válvulas de fole e de globo (empanque). *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1
	Pintar os equipamentos sempre que se verifique um início de degradação. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1
Manutenção Preventiva Coletor Condens.	Verificar o estado da identificação SAP dos equipamentos e colocar a mesma se necessário.	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1
	Avaliar o estado das válvulas de corte com câmara termográfica.	1 ano	Sem perda de produção (Em serviço)	2	1
	Pintar os equipamentos sempre que se verifique um início de degradação. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1
Manutenção Preventiva Conj. Bomb. Cond.	Lubrificar válvulas de fole e de globo (empanque). *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1
	Verificar o estado da identificação SAP dos equipamentos e colocar a mesma se necessário.	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1
	Abrir e limpar as bombas de condensado substituindo os materiais necessários. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	3	1
	Analisar o estado das bombas de condensados com sistema ultrassónico e/ou câmara termográfica.	6 meses	Sem perda de produção (Em serviço)	0,5	1
	Verificar a colmatação dos filtros e respetiva limpeza. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1
	Avaliar o estado das válvulas de corte com câmara termográfica.	1 ano	Sem perda de produção (Em serviço)	2	1
	Verificar o estado das válvulas de retenção (sede e mola) com câmara termográfica.	1 ano	Sem perda de produção (Em serviço)	2	1
Lubrificar válvulas de fole e de globo (empanque). *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	0,5	1	
Pintar os equipamentos sempre que se verifique um início de degradação. *se aplicável	1 ano	Sem perda de produção (Fora de Serviço)	2	1	

Existem outras tarefas de manutenção preventiva que não foram mencionadas, como a calibração das válvulas de controlo, das válvulas redutoras de pressão e das de segurança, pois implicam uma manutenção mais robusta, cuidada e por vezes certificada, não estando ao alcance dos técnicos.

Como se pode ver na tabela 4.1, para que se possam concretizar várias tarefas de manutenção preventiva é necessária a utilização do detetor ultrassónico e/ou câmara termográfica. Deste modo, surgiu a necessidade de instruir os técnicos quanto à utilização destes instrumentos, que são os mais utilizados para a realização de tarefas de manutenção.

Com base nos manuais de cada um dos instrumentos disponíveis na UNICER Bebidas S.A., foram elaborados POS (Procedimento Operacional *Standard*), onde se colocaram todos os passos que os técnicos têm de executar para utilizar estes instrumentos corretamente. Os POS elaborados para o detetor ultrassónico e para a câmara termográfica apresentam-se nas figuras E.1 e E.2, respetivamente, do anexo E. Com o auxílio dos POS foi dada uma pequena formação sobre estes instrumentos a dois técnicos de manutenção, que costumam operar na rede de vapor e condensados.

4.6. Elaboração de planos de manutenção preventiva

Com o desenvolvimento dos pontos referidos anteriormente foram estabelecidas as condições necessárias para a elaboração de planos de manutenção preventiva da rede de vapor e condensados. Os planos são elaborados pelos supervisores da manutenção, que têm de associar uma lista de tarefas a um equipamento existente no SAP-PM, e planejar o dia e a hora em que pretendem que os técnicos de manutenção executem as tarefas que constam desse plano. No dia para o qual os planos foram programados pelos supervisores, os técnicos recebem uma ordem com a lista de tarefas que têm de executar.

No caso da rede de vapor e condensados foi elaborado um plano para cada um dos equipamentos existentes em cada uma das áreas. Na figura 4.11 apresenta-se um exemplo de um plano de manutenção elaborado para um equipamento da área do Fabrico, intitulado por “Conjunto de Purga do Coletor de Vapor Principal do Fabrico”. Conforme se vê na figura 4.11, na secção “item” encontra-se identificado o equipamento para o qual o plano se destina (objeto de referência). Nos dados de planeamento é possível determinar a equipa responsável por executar o plano e na lista de tarefas é introduzido o conjunto de tarefas que devem ser realizadas neste equipamento e que foram definidas anteriormente. Na secção “lista de objetos item” definem-se eventuais materiais extra necessários e não reservados na lista de tarefas criada. Na secção “localização item” podem ser incluídos dados adicionais acerca da localização do equipamento. No separador “solicitações programadas item” é possível observar as solicitações programadas para um determinado item de manutenção e por fim, na secção “ciclos item” pode-se visualizar a periodicidade das operações associadas do item de manutenção, definidas na lista de tarefas criada anteriormente.

Piano manutenção 900000002102 Vapor - C.Purga Col. Vap. Princ.Fab

Cabeç.pL.manut.

Ciclos plano de manutenção 19.06.2017 Parâmetro programação plano manutenção Dados adicionais ...

Ciclo	Unidade	Txt.p/ciclo manut.	Offset
	26WK	Semestral	0
	52WK	Anual	0

Item Lista de objetos item Localização item Solicitações programadas item Ciclos item 19.06.2017

Item manutenção 165252 Manut. Prev. C.Purga Col. Vap. Princ...

Objeto de referência

Loc.instalação	D000-D022-03-07-0	Rede Vapor e Condensados - Sala Nórdon
Equipamento	300015747	Conj.Purga Coletor Vapor Principal Fabr.

Dados de planeamento

Centro planej.	D022	Unicer Bebidas - Leça Baio	Grp.plnj.PM	SMF	Assistência SMEF
Tipo de ordem	ZPM3	Cerveja - Manutenção Preventiva	Tp.atlv.PM	014	Planos Manutenção
CentTrab respon.	SMEF	/ D022 Serviço de Manute..	Divisão		
Prioridade			Norma de apropriação		
Doc.vendas					

Lista de tarefas

Ip.	GrpLisTar.	NmdGp	Descrição
A	/ 1042	/ 1	Manutenção Preventiva Conjuntos de Purga

SAP

Figura 4.11 – Exemplo de plano de manutenção preventiva elaborado para um equipamento da rede de vapor e condensados

Capítulo 5. AVALIAÇÃO DA REDE DE VAPOR E CONDENSADOS DA UNICER BEBIDAS, S.A

O desperdício de vapor, por via de dissipações e fugas, e o não aproveitamento de condensados, constituem enormes perdas térmicas que terão de ser compensadas. Isto provoca um aumento do consumo de energia térmica primária que irá, conseqüentemente, aumentar os gastos da fábrica.

Neste capítulo apresenta-se uma avaliação genérica feita à rede de vapor e condensados da UNICER Bebidas, S.A., que passou por identificar situações de perda e propor medidas de melhoria, com vista a alcançar melhores resultados para os KPI (*Key Performance Indicators*) da empresa.

5.1. Situação atual do consumo de vapor na UNICER Bebidas, S.A.

Como já foi possível compreender no capítulo 3, o consumo de vapor na UNICER Bebidas, S.A. está diretamente relacionado com a produção e enchimento de cerveja. A melhor forma de avaliar se o consumo específico de vapor tem vindo a aumentar ou a diminuir, consiste na determinação de um indicador de desempenho, “KPI do vapor”, que se obtém dividindo o consumo de vapor (em ton) num determinado período, pelo volume de cerveja engarrafada e colocada em barril, nesse mesmo período. Na tabela 5.1 apresentam-se os consumos de vapor e os valores obtidos do KPI do vapor de janeiro a maio de 2017. Por questão de sigilo não se apresentam os volumes de cerveja correspondentes, mas a análise efetuada considera-os.

Tabela 5.1 – Valores do KPI do vapor obtidos em 2017

2017	Fabrico	Adegas	Enchimento	ETAR	Central CO ₂	ETA	Desalcooliz.	Mini Fábrica	Total Vapor	KPI Vapor
	ton									ton
JAN	1542	422	3412	330	8	3	0	5	5722	23,4
FEV	1414	414	3434	585	13	3	0	5	5868	27,0
MAR	2435	461	3333	714	25	3	1	5	6977	23,1
ABR	2915	469	3064	667	21	4	0	0	7140	22,7
MAI	3631	480	3035	613	22	13	1	0	7795	19,9

Ao analisar a tabela 5.1 verifica-se que no mês de fevereiro se consumiu cerca de 2 % mais de vapor do que no mês de janeiro, para um menor volume de cerveja cheia, cerca de 11 % menos, o que se traduz num péssimo KPI de vapor nesse mês. Para criticar com rigor os valores obtidos seria necessária uma análise complexa, pois há vários fatores que podem ter contribuído para o mau resultado do mês de fevereiro. É certo que nos meses de inverno existem mais dissipações térmicas devido à temperatura ambiente ser menor e, como tal, é necessário mais vapor para efetuar essa compensação, mas há outras questões que têm de ser consideradas. Ter-se-ia, por exemplo, de avaliar

o porquê de o consumo no Enchimento ter sido o mais elevado de todos os meses analisados, se foi nesse preciso mês que se registou um menor volume de cerveja engarrafada e colocada em barril. Dever-se-ia avaliar também se os diferentes tipos de cerveja requerem consumos de vapor diferentes durante a sua produção e enchimento e se isso pode justificar o valor elevado de KPI obtido.

O que se sabe ao certo sobre o consumo de vapor é que existem consumos fixos e consumos variáveis e que uma das formas para otimizar o desempenho do indicador consistirá, à partida, em produzir o máximo possível. Este comportamento é notável para os meses de março, abril e maio pois constata-se que em abril consumiu-se aproximadamente mais 2 % de vapor do que em março, mas o KPI melhorou, porque o aumento de vapor foi contrabalançado com o aumento de cerveja cheia, que foi cerca de 4 % mais em abril. De igual modo, em maio consumiu-se cerca de 9 % mais vapor do que em abril, no entanto a quantidade de cerveja cheia foi cerca de 24 % mais e como tal o KPI de vapor mostrou-se bastante mais favorável nesse mês. Constata-se ainda que nos últimos 3 meses o consumo de vapor no Enchimento tem vindo a diminuir, invertendo a tendência dos dois primeiros meses do ano.

Para comparar os consumos de vapor e de volume de cerveja que se tem vindo a obter em 2017 com os valores obtidos em 2016, analisou-se a tabela 5.2 que contempla os consumos de vapor e de KPI obtidos em 2016. Tal como anteriormente, não foi permitido que os volumes de cerveja engarrafada fossem divulgados. No entanto, a análise comparativa tem por base o conhecimento desses volumes. Para facilitar a interpretação da tabela 5.2, apresenta-se, na figura 5.1, um gráfico que relaciona o KPI de vapor com o volume de cerveja engarrafado no ano de 2016 e nos primeiros 5 meses do ano de 2017.

Tabela 5.2 – Valores do KPI do vapor obtidos em 2016

2016	Fabrico	Adegas	Enchimento	ETAR	Central CO ₂	ETA	Desalcooliz.	Mini Fábrica	Total Vapor	KPI Vapor
	ton									(kg/volume)
JAN	1558	379	2546	483	67	15	17	77	5142	23,8
FEV	1363	428	2026	482	109	34	37	28	4507	23,5
MAR	1081	403	842	415	12	58	40	102	2953	16,9
ABR	1687	461	1695	377	11	42	68	44	4385	20,2
MAI	2135	524	1330	302	12	17	60	45	4425	15,4
JUN	2436	468	1974	99	15	10	63	36	5101	14,7
JUL	2509	524	2045	100	15	13	88	38	5332	14,8
AGO	2211	464	2451	130	8	15	90	28	5397	15,0
SET	2089	461	1447	130	11	13	63	31	4245	12,9
OUT	1836	418	1294	200	17	14	65	30	3874	14,3
NOV	1590	332	1664	300	7	50	166	37	4146	18,8
DEZ	1243	366	2122	873	7	57	22	38	4728	22,9

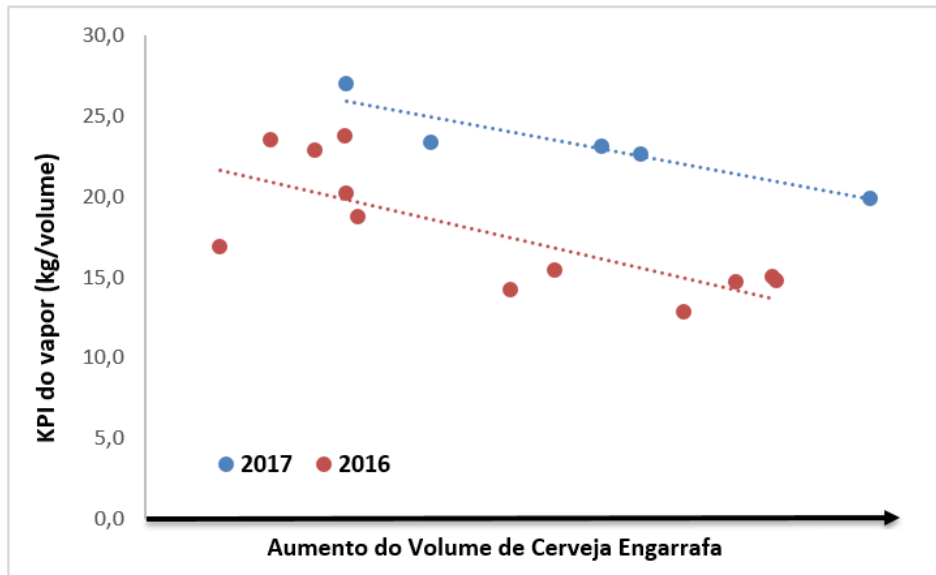


Figura 5.1 – Gráfico que relaciona o KPI do vapor com o volume de cerveja engarrafada correspondente

Ao comparar os valores de KPI que se têm vindo a obter em 2017, tabela 5.1, com os valores de KPI obtidos em 2016, tabela 5.2, verifica-se que o desempenho da fábrica, relativo a este indicador, já se apresentou mais satisfatório. Esta constatação torna-se evidente quando se compara o mês de abril de 2016 com o mês de fevereiro de 2017, figura 5.1, pois para o mesmo volume de cerveja cheia consumiu-se aproximadamente mais 25 % de vapor.

Como já foi referido anteriormente, no mês de fevereiro a temperatura do ar ambiente é menor e há mais dissipação de calor resultando num aumento de consumo. No entanto, este facto não justifica um consumo tão exorbitante, pois no mês de janeiro de 2016, em que a temperatura ambiente também é baixa, o volume de cerveja cheia foi similar a estes e o consumo de vapor não foi tão exacerbado como o registado em fevereiro de 2017.

A análise dos valores de KPI do vapor obtidos em 2016 e o declive das retas de tendência dos pontos da figura 5.1, permitem validar a afirmação anterior de que uma das formas de atenuar os consumos específicos de vapor, resulta do aumento de volume de cerveja cheia. Como se pode ver na tabela 5.2, os valores mais favoráveis de KPI de vapor foram obtidos nos meses de verão, que foram os meses em que se registaram maiores volumes de cerveja cheia.

Por outro lado, no mês de maio de 2017 registou-se o maior volume de cerveja engarrafada e colocada em barril dos últimos meses, quer de 2017, quer de 2016, e isso não culminou num menor valor de KPI. Isto porque, quando se compara o mês de maio com, por exemplo, o mês de 2016 em que se registou um maior volume de cerveja, julho, constata-se que se consumiu aproximadamente 46 % mais de vapor, para apenas um aumento de volume de cerveja cheia de 9 %, o que é completamente desproporcional. Esta constatação realça a afirmação anterior de que a fábrica já obteve resultados mais favoráveis relativamente a este indicador.

Face a estes resultados, percebeu-se que a avaliação da rede de vapor e condensados é extremamente importante, pois permite identificar e corrigir situações de perdas de vapor, culminando em melhores resultados do KPI do vapor.

Assim, começou-se por avaliar a área do Fabrico, pois como se pode ver na tabela 5.1 é uma das áreas onde se tem vindo a consumir mais vapor, de maneira que o potencial para reduzir o seu consumo também é maior.

5.2. Avaliação da rede de vapor e condensados da área do Fabrico

Conforme explicado no subcapítulo 3.1.2, o Fabrico é a área onde ocorre a preparação de mosto, que é uma fase imprescindível à produção da cerveja. É nesta fase de produção da cerveja que se verifica um maior consumo de vapor, devido à etapa de ebulição do mosto.

5.2.1. Consumo específico de vapor no Fabrico

A avaliação do consumo de vapor no Fabrico foi feita no início do mês de maio. Consistiu em determinar o consumo específico (CE) do vapor com base na divisão do consumo de vapor nesta área (em kg) pelo volume de mosto produzido, para os meses de janeiro a abril de 2017. Na tabela 5.3 apresentam-se os valores obtidos do CE do vapor na área do Fabrico para os referidos meses e os valores que permitiram o seu cálculo. No final deste capítulo apresentar-se-ão os valores relativos aos meses de maio e junho de 2017, já que estes irão refletir os resultados das inspeções e correções que se apresentam ao longo do presente capítulo.

Tabela 5.3 – Valores do CE do vapor na área do Fabrico obtidos em 2017

2017	Total Vapor	CE Vapor Fabrico
	ton	(kg/volume)
JAN	1542	9,7
FEV	1414	11,4
MAR	2435	12,9
ABR	2915	14,8

Por análise da tabela 5.3, verifica-se que os valores de KPI do consumo específico do vapor no Fabrico vinham a piorar ao longo dos meses, tendo agravado significativamente no mês de abril. Isto porque, o consumo de vapor no Fabrico no mês de abril foi cerca de 16 % mais que no mês de março, para apenas um aumento de produção de 4 %. Esta análise permitiu evidenciar a necessidade de inspeção da rede de vapor e condensados no Fabrico.

5.2.2. Inspeção dos equipamentos da rede de vapor e condensados na área do Fabrico

A inspeção da área do Fabrico coincidiu com a execução dos planos de manutenção preventiva e contou com o auxílio de um técnico de manutenção. As tarefas realizadas basearam-se apenas na avaliação de fugas de todos os tipos de equipamentos existentes nesta área, pois todas as outras envolviam a paragem do Fabrico e isso não foi possível. Para a concretização desta tarefa utilizou-se a câmara termográfica, pois permite obter resultados visuais mais fiáveis do que os resultados auditivos obtidos pelo ultrassom. Sendo a área do Fabrico um local que contém bastante ruído de fundo, os resultados obtidos pelo detetor ultrassónico poderiam levar a conclusões erradas.

Relativamente aos conjuntos de admissão de vapor avaliados, não foi detetada nenhuma anomalia. É de referir que a avaliação destes equipamentos foi dificultada pelo facto de estes equipamentos se localizarem em pontos altos e de difícil acesso. Para além disso, quase todos os elementos destes equipamentos estão isolados, o que é correto, mas que torna inviável a utilização da câmara termográfica.

Dos três coletores de vapor avaliados resultaram as seguintes conclusões. O coletor de vapor principal do Fabrico continha uma válvula DN 200 sem isolamento. Conforme se pode ver pelo gradiente de temperaturas à direita da imagem termográfica apresentada na figura 5.2, a válvula sem isolamento apresenta uma temperatura de superfície muito elevada, aproximadamente 150 °C, quando comparada com as válvulas que têm isolamento, entre 35 e 40 °C, o que provoca uma maior dissipação de calor. Assim que foi possível, o isolamento desta válvula foi repostado.

Os restantes coletores de vapor apresentavam-se em conformidade.

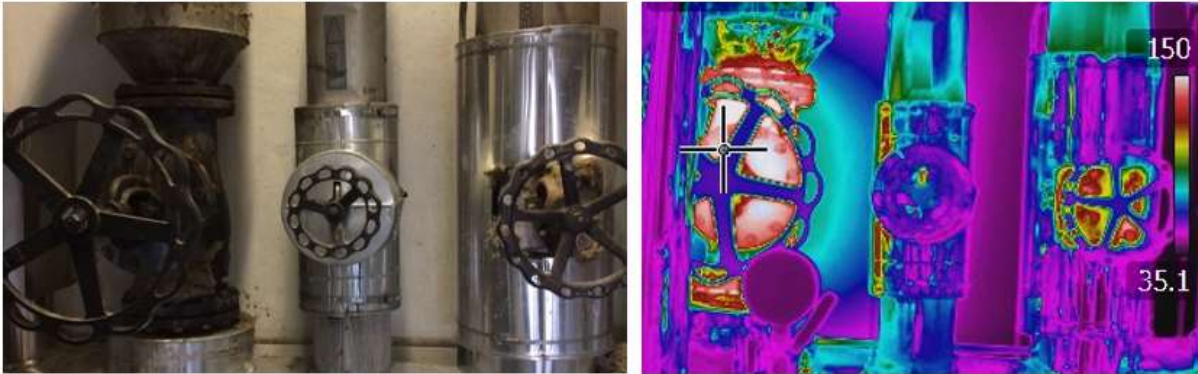


Figura 5.2 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) das válvulas do coletor de vapor principal do Fabrico com e sem isolamento

Relativamente aos dois conjuntos de bombagem de condensados que existem no Fabrico, foi detetado, num deles, que uma das seis bombas que o integram não estava a funcionar corretamente. Isto porque a conduta que fazia a admissão de vapor a essa bomba estava com fuga, ficando o vapor sem pressão suficiente para evacuar os condensados. Foi desligada essa bomba, e a evacuação dos condensados foi assegurada pelas restantes cinco. A intervenção aguarda uma paragem programada do Fabrico, por não ser uma situação urgente.

Dos 23 conjuntos de purga avaliados, 19 mostraram estar a trabalhar corretamente, 2 não foram avaliados por não estarem em serviço no momento de avaliação, e dois apresentaram estar a trabalhar incorretamente. Na figura 5.3 apresenta-se um exemplo de dois conjuntos de purga de linha com purgadores termodinâmicos a operar corretamente. Como se pode ver, até ao purgador circula vapor e como tal os elementos a montante deste estão mais quentes do que os elementos a jusante, onde circulam os condensados.

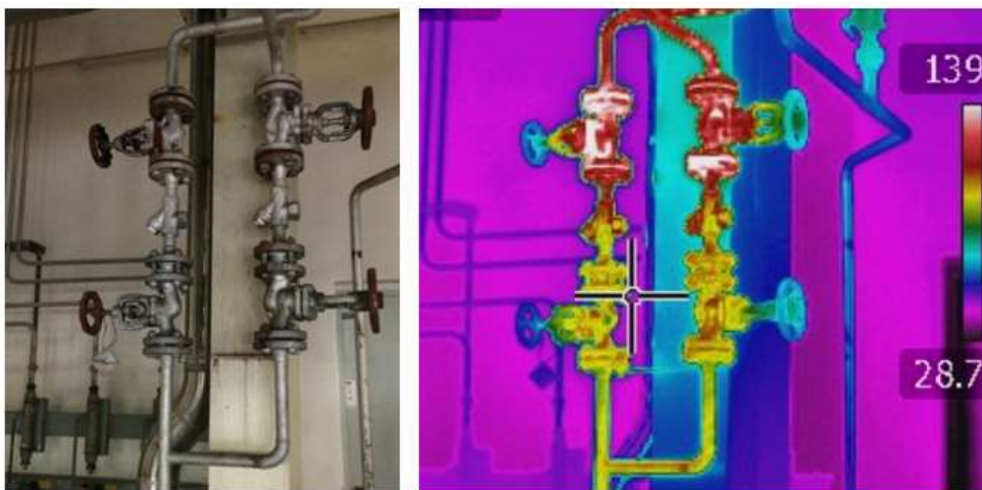


Figura 5.3 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) de dois conjuntos de purga de linha com purgador termodinâmico a operar corretamente

Na figura 5.4 apresenta-se uma imagem termográfica de um conjunto de purga com um purgador mecânico de flutuador, aplicado a um coletor de vapor, a funcionar corretamente. Tal como nos casos apresentados na figura 5.3, até ao purgador a temperatura de superfície dos conjuntos de manutenção mostram-se superiores, havendo um decréscimo a seguir a este. O facto deste conjunto de purga não apresentar isolamento, faz com que a válvula de corte a montante do purgador emita calor para o elemento que está imediatamente à sua frente, o coletor de vapor, projetando a sua imagem no mesmo.

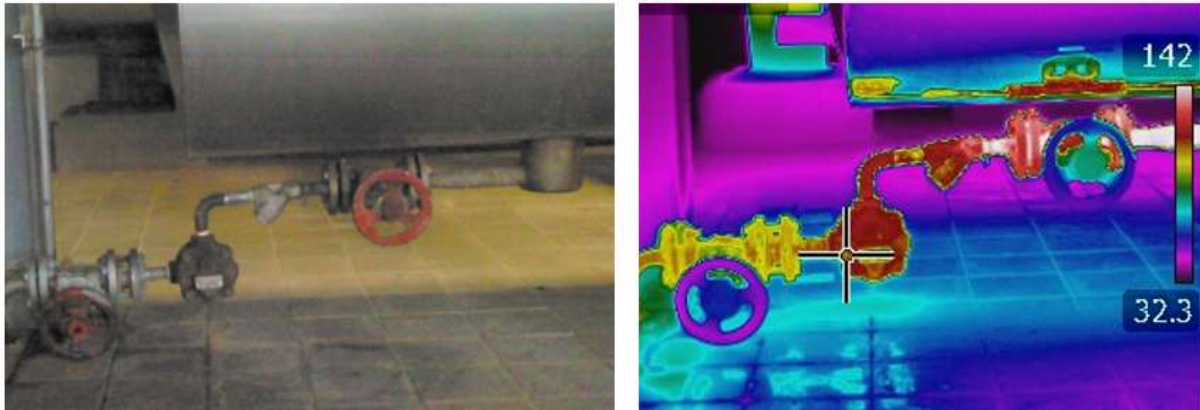


Figura 5.4 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) de um conjunto de purga com purgador de boia a operar corretamente

Todos os purgadores a funcionar corretamente apresentaram uma imagem termográfica semelhante às das figuras 5.3 e 5.4. Houve, no entanto, dois conjuntos de purga que apresentaram imagens diferentes, permitindo concluir que se encontravam a operar incorretamente.

Cada um desses conjuntos de purga estava associado ao aquecimento de um tanque de soda, conseguido através da circulação de vapor numa serpentina. Nas figuras 5.5 e 5.6 apresentam-se as imagens termográficas dos conjuntos de purga ligados às serpentinas dos tanques de soda C801 e C802, respetivamente.



Figura 5.5 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga ligado à serpentina do tanque C801

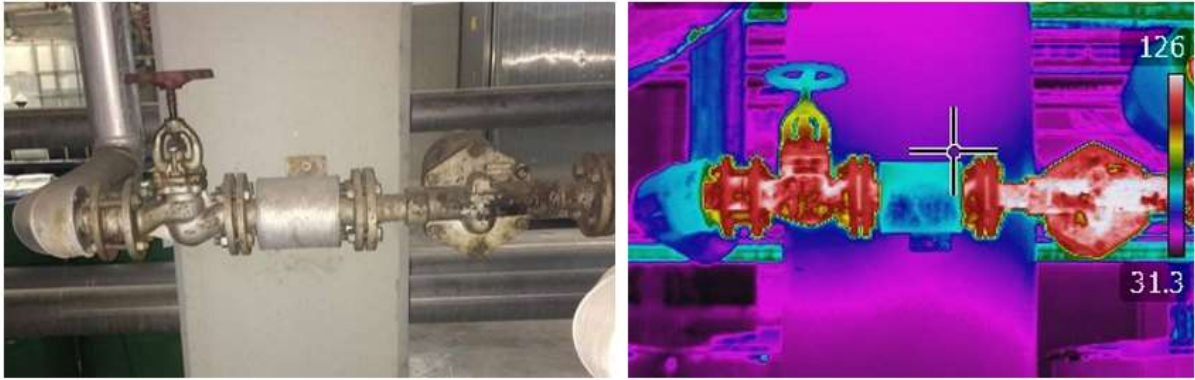


Figura 5.6 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga ligado à serpentina do tanque C802

Ao analisar as imagens termográficas das figuras 5.5 e 5.6, verifica-se que estas apresentam gradientes de temperatura diferentes dos apresentados nas figuras 5.3 e 5.4. Isto porque antes e depois do purgador, a imagem termográfica apresenta-se com a mesma cor, vermelho, dando a indicação que todos os elementos se apresentam à mesma temperatura. Esta constatação é mais flagrante na figura 5.6, não deixando dúvidas de que o purgador permite a passagem direta de vapor. Devido ao espaço não foi possível captar este conjunto de purga na totalidade. Na figura 5.5, evidencia-se uma ligeira passagem de vapor, pois verifica-se um traçado constante mais quente a circular por cima dos condensados, o que é normal face à densidade do vapor.

Não se sabe ao certo desde quando estes purgadores permitiam a passagem de vapor, contudo, pode ser um dos motivos pelo qual o consumo de vapor no Fabrico aumentou consideravelmente no mês de abril. Isto porque ao deixarem passar o vapor, faz com que este não ceda todo o seu calor à solução de soda que se pretende aquecer, necessitando de admitir mais para que se conseguisse atingir a temperatura pretendida.

Para proceder à reparação destes purgadores foi estabelecido contacto com o fornecedor, empresa A, para obter informação sobre os *kits* de reparação existentes para estes purgadores. Como se trata de purgadores antigos, a empresa A informou que já não continham *kits* de reparação para estes modelos. Foi então decidido solicitar orçamentos a duas empresas distintas para a aquisição de purgadores novos (empresas 1 e 2, assim designadas por questões de confidencialidade).

Os purgadores mais recentes possuem atravancamentos (distância entre flanges) diferentes dos purgadores que se encontravam na instalação da UNICER Bebidas, S.A.. Como tal, qualquer que fosse o purgador novo a colocar na instalação, exigiria sempre alterações nas tubagens. Assim, pretendeu-se dimensionar os purgadores, de modo a perceber se o diâmetro nominal que os purgadores avariados continham, DN 40, era o mais adequado para a aplicação a que se destinam. Caso devessem ter outro DN, aproveitar-se-ia o momento de alteração de tubagem para o implementar.

Como já foi dito anteriormente, cada um dos purgadores estava inserido num conjunto de purga responsável por evacuar os condensados resultantes do aquecimento de uma solução de soda, através da passagem de vapor numa serpentina. Os tanques possuem a mesma capacidade, mas têm funções e condições de trabalho diferentes. Para que fosse possível efetuar o dimensionamento dos purgadores, procedeu-se à recolha dessas informações.

5.2.3. Dimensionamento de purgadores

Através das informações cedidas, percebeu-se que a solução de soda contida no tanque C801 é a que se destina a fazer o CIP (*Cleaning In Place*) dos filtros do Fabrico e a solução de soda do tanque C802 é responsável pelo CIP dos restantes equipamentos desta área que contactam com o produto (tanques, permutadores, entre outros). Deste modo, a solução de soda do tanque C802 é utilizada quase continuamente, de forma que há praticamente uma admissão contínua de vapor, para que a temperatura não se afaste da temperatura de utilização, 76 °C. Por outro lado, a solução de soda do tanque C801 tem períodos largos em que não é utilizada e, como tal, nesses períodos a temperatura diminui. No entanto, sabe-se que não atinge valores inferiores a 55 °C. Assim, para o dimensionamento dos purgadores foram consideradas as características limite de cada uma das soluções, que se apresentam na tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Características das soluções de soda contidas nos tanques C801 e C802

Dados	Unidade	Tanque C801	Tanque C802
Volume	L	30000	30000
T inicial	°C	55	70
T final	°C	76	76
Condutividade	mS/cm	100	100

Com as características da solução de soda e com o c_p de 4,138 kJ/(kg.°C) [26], foi possível determinar a energia que o vapor necessita de transferir para aquecer cada uma das soluções de soda. Os cálculos associados ao dimensionamento dos purgadores apresentam-se no anexo F.

Conhecendo a pressão do vapor, 5 barg, o calor latente de vaporização, 2085,7 kJ/kg [13] e o tempo que cada uma das soluções demora, em média, a aquecer, obteve-se o caudal de vapor necessário para o aquecimento pretendido. Sabendo a pressão a montante e a jusante do purgador, determinou-se a pressão diferencial, requisito indispensável para o dimensionamento dos purgadores. Na tabela 5.5 apresentam-se os resultados obtidos que permitiram dimensionar os purgadores.

Tabela 5.5 – Resultados obtidos para o dimensionamento do purgador

	Unidade	Solução Soda (2%)	
		Tanque C801	Tanque C802
E	kJ	2608215	741551
t	h	0,33	0,1
\dot{m}	kg/h	3790	3555
ΔP	barg	4,5	4,5

Com o caudal mássico de condensados e com a pressão diferencial, presentes na tabela 5.5, determinou-se o diâmetro nominal que os purgadores deveriam ter para operar corretamente. Na figura 5.7 apresenta-se um gráfico de capacidades, disponível no *site* da Empresa 2, com os pontos referidos anteriormente, assinalados.

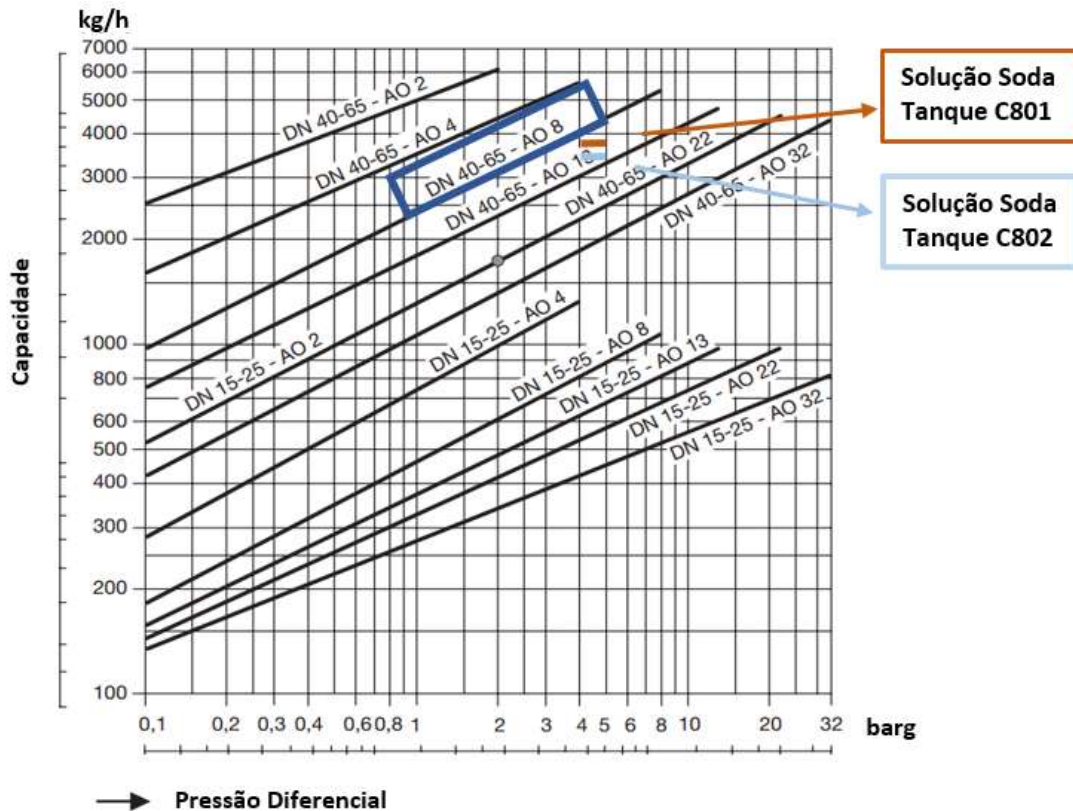


Figura 5.7 – Gráfico de capacidades de purgadores da Empresa 2

Ao analisar os pontos assinalados na figura 5.7, verifica-se que para ambos os casos o purgador a seleccionar seria o DN 40-65 – AO 8. Assim, foi possível afirmar que, de facto, o DN mais adequado é o que se encontrava na instalação, DN 40.

Sabendo o DN adequado para o purgador, DN 40, conhecendo a pressão máxima da rede, 5 barg, o tipo de ligação, flangeada, estabeleceu-se contacto com dois fornecedores de purgadores, Empresa 1 e Empresa 2, para pedir orçamento para dois purgadores com as características supracitadas. É de salientar que a Empresa 2 apresentou como proposta os purgadores dimensionados anteriormente (DN40-65 – AO8).

Com base nas propostas apresentadas pelos dois fornecedores, efetuou-se uma tabela comparativa, tabela 5.6, compilando a informação de ambas as propostas.

Tabela 5.6 – Informação relativa às propostas de purgadores apresentadas pela Empresa 1 e pela Empresa 2

Purgador		Empresa 1	Empresa 2
DN		40	40
PN		16	40
Pressão máx. diferencial	barg	4,5	8
Ligação		Flangeado	Flangeado
Custo Purgador (unitário)	€	996,54	615
Custo 2 Purgadores	€	1993,08	1230
Custo kit reparação (unitário)	€	-	315
Prazo Entrega	semanas	4	2 a 3

Observando os dados da tabela 5.6, verifica-se que os purgadores apresentados pelos dois fornecedores cumprem os requisitos para que possam ser aplicados na instalação. No entanto, o custo unitário dos purgadores sugeridos pela Empresa 2 é cerca de 38 % mais barato do que os da Empresa 1. Por esse motivo e também pelo facto do prazo de entrega ser menor, procedeu-se à encomenda dos purgadores da Empresa 2.

Tendo em conta os diâmetros dos orifícios que permitiam a passagem de vapor indesejada de cada um dos purgadores, que se consideraram ser de 5 mm para o purgador associado ao tanque C801 e de 15 mm para o purgador do tanque C802, conhecendo a pressão de vapor (5 barg), e com base na equação 2.5, foi possível estimar as perdas de vapor inerentes a cada um dos purgadores, tendo-se obtido 60 e 540 kg/h, para os purgadores associados aos tanques C801 e C802, respetivamente. Com esses dados e com o custo dos purgadores encomendados foi possível determinar o *payback* para cada um dos investimentos (anexo F.5.) que foi de 3 anos para o purgador associado ao tanque C801 e de 2 meses para o purgador do tanque C802, tendo em conta que os purgadores associados aos tanques C801 e C802 trabalham em média 0,4 e 0,8 horas por dia, respetivamente.

Enquanto se aguardou a chegada dos purgadores, os condensados tiveram de ser desviados para esgoto, uma vez que se observou que a passagem direta de vapor estava a produzir “martelos de água” na válvula de chegada dos condensados ao coletor de condensados na Central Térmica. Por descuido dos técnicos ou falha de comunicação, foram fechadas as válvulas que davam acesso à chegada de todos os condensados da área do Fabrico, quando havia somente necessidade de fechar a válvula associada aos condensados provenientes do aquecimento dos tanques de soda. Esta perda refletiu-se na recuperação de condensados do mês de maio, que registou o valor mais baixo dos últimos meses (63 %). Na figura 5.8 apresenta-se o gráfico que relaciona a recuperação de condensados, em %, para os meses de janeiro a maio do ano de 2017.

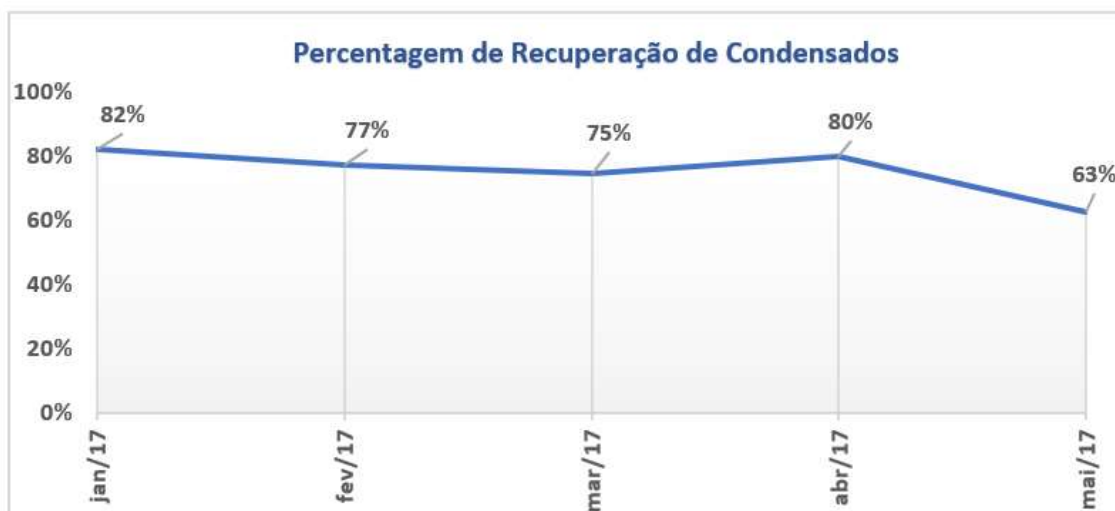


Figura 5.8 – Recuperação de condensados, em %, registados ao longo do ano de 2017

A percentagem de condensados foi estimada tendo em conta o consumo de água efetuado pelas caldeiras da Central Térmica e o consumo de água por parte da caldeira recuperativa da Cogeração, conhecendo o consumo de água desmineralizada. Os cálculos apresentam-se no anexo G.

Foi ao investigar o porquê de a recuperação de condensados ter sido tão baixa no mês de maio, que se detetou que todos os condensados do Fabrico estavam a ser desviados para esgoto. O aproveitamento destes condensados foi reposto de imediato, mas no período em que não foram aproveitados, aproximadamente todo o mês de maio, este facto provocou um grande impacto

negativo no consumo de água desmineralizada, já que os condensados que não foram aproveitados tiveram de ser compensados com água desmineralizada.

Os purgadores chegaram no início do mês de junho. No entanto aguardou-se cerca de uma semana, de forma a reunir as condições necessárias e que menos comprometiam a área de funcionamento do Fabrico. Como referido anteriormente foi necessário fazer alterações na tubagem devido ao atravancamento dos novos purgadores serem menores. Assim, aproveitou-se esse período para fazer revisão a alguns elementos dos dois conjuntos de purga. Os filtros foram abertos e limpos e as válvulas de retenção foram avaliadas. Optou-se por se fazer substituição do filtro e da válvula de retenção do conjunto de purga associado ao tanque C802, por se considerar que se apresentavam desgastados e que poderiam trazer complicações ao funcionamento deste conjunto de purga em breve. As juntas de vedação que se colocam entre flanges foram também substituídas. Para além de se colocarem novos conjuntos de manutenção (filtro e da válvula de retenção) neste equipamento (conjunto de purga associado ao tanque C802), este sofreu ainda uma retificação estrutural ao ser montado, pois colocou-se a válvula de retenção a seguir ao purgador e só depois a válvula de corte a jusante, enquanto que até ao momento de intervenção a válvula de corte estava posicionada a seguir ao purgador e só depois surgia a válvula de retenção, conforme se pode ver na figura 5.5.

Nas figuras 5.9 e 5.10 apresentam-se as imagens termográficas dos conjuntos de purga ligados às serpentinas dos tanques de soda C801 e C802, respetivamente, com os novos purgadores, a funcionar corretamente.

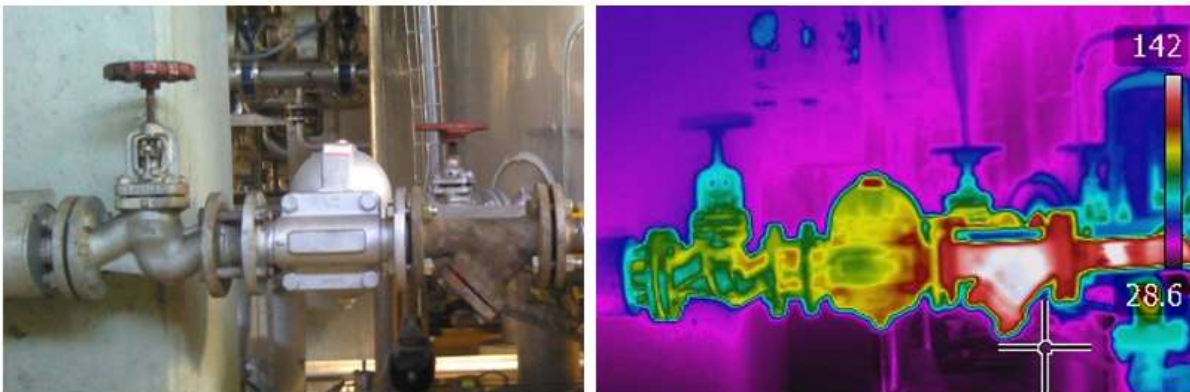


Figura 5.9 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga ligado à serpentina do tanque C801, a trabalhar corretamente depois de substituído

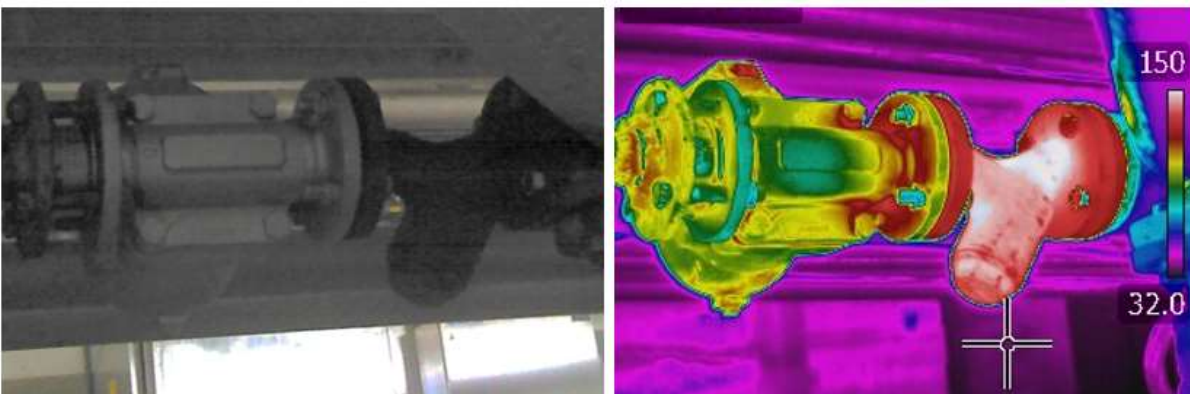


Figura 5.10 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga ligado à serpentina do tanque C802, a trabalhar corretamente depois de substituído

Com os purgadores a funcionar corretamente, os condensados puderam ser novamente aproveitados e enviados para o desgaseificador da Central Térmica, juntamente com todos os condensados associados à área do Fabrico. Este aproveitamento contribuiu para um aumento de 11 % na recuperação de condensados obtida no mês de junho, face à recuperação registada no mês de maio, que foi de 63 %.

Conforme já referido, durante o período em que se aguardou pelos purgadores foi necessário desviar os condensados para o esgoto. Como os purgadores permitiam a passagem direta do vapor, este também era lá dissipado. Assim, com a substituição dos purgadores, normalizou-se esta situação que teve impactos significativos no consumo de vapor. Verificou-se que no mês de junho se consumiu cerca de 28 % menos de vapor, face ao mês de maio, para uma diminuição de produção de volume de mosto de apenas 9 %. Estes resultados permitiram obter o menor consumo específico de vapor registado nos últimos 5 meses (fevereiro a junho) de 2017, que foi de 11,3 kg/volume.

5.2.4. Sugestões de melhorias térmicas para a área do Fabrico

A avaliação realizada à área do Fabrico possibilitou ainda identificar melhorias que, ao serem implementadas, poderão diminuir o consumo de vapor nesta área e conseqüentemente melhorar o consumo específico de vapor no Fabrico. Apesar de a maioria das tubagens estarem isoladas com lã de rocha, ainda existem alguns troços que não contém qualquer isolamento, facilitando a dissipação de calor. Há também vários conjuntos de manutenção como válvulas, filtros e purgadores sem isolamento, que apesar de não conterem diâmetros nominais tão elevados como os das válvulas dos coletores de vapor, e que atualmente possuem todas isolamento, promovem, do mesmo modo que as tubagens sem isolamento, a dissipação térmica.

Um caso flagrante são as caldeiras de calda, empastagem e ebulição utilizadas na produção do mosto e que estão na sala do Fabrico sem qualquer revestimento exterior para minimizar as perdas de calor. Como estas caldeiras têm dimensões elevadas e as fases que se desenrolam em cada uma delas requerem temperaturas elevadas, a dissipação térmica na sala em que estão posicionadas faz com que se atinjam temperaturas extremamente elevadas, tornando-se num ambiente exageradamente quente para os técnicos que têm de operar nessa sala. Assim, sugere-se que nestas caldeiras sejam colocados isolamentos térmicos como os que possuem as caldeiras de uma unidade de produção de cerveja do grupo *Baltika* e que se apresentam na figura 5.11. Com isso diminuir-se-ia o consumo de energia térmica e a temperatura da sala com certeza não seria tão elevada.



Figura 5.11– Isolamento térmico das caldeiras de fabrico do mosto (imagem gentilmente cedida pelo Engenheiro Pedro Frias)

Relativamente às tubagens sem isolamento e aos conjuntos de manutenção sem revestimento térmico isolante, sugere-se que seja colocado o isolamento nos troços das tubagens que atualmente não contemplam qualquer isolamento, bem como seja feita a atribuição de camisas de isolamento térmico a todos os conjuntos de manutenção, independentemente do seu diâmetro nominal, conforme o isolamento colocado nas válvulas de fole do coletor de vapor do Enchimento, que se mostra figura 5.12. Estas camisas de isolamento são de fácil colocação e remoção, facilitando a intervenção, quando necessária. Evitam até cerca de 70 % da dissipação térmica e protegem ainda de possíveis queimaduras por parte dos operadores.



Figura 5.12 – Camisas de isolamento térmico para conjuntos de manutenção

5.3. Avaliação termográfica dos conjuntos de purga da área das Adegas

Por motivos de aproximação do término do estágio, apenas foi possível avaliar com a câmara termográfica o funcionamento dos conjuntos de purga existentes na área das Adegas. Dos 34 conjuntos de purga de que esta área dispõe, 17 não estavam em funcionamento, de maneira que não foi possível proceder à sua avaliação. Relativamente aos restantes, 16 aparentaram estar a operar corretamente e um deles incorretamente. Isto porque a montante e a jusante do purgador a temperatura mostrou ser a mesma, dando a ideia de que o purgador estava a proporcionar a passagem direta do vapor.

Na figura 5.13 apresenta-se uma imagem do purgador a operar incorretamente, que diz respeito ao purgador do conjunto de purga de linha do vapor que aquece o CIP, na área do arrefecimento do mosto.



Figura 5.13 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga de linha do vapor que aquece o CIP na área do arrefecimento do mosto, com passagem direta de vapor

O purgador apresentado na figura 5.13 é um purgador termodinâmico, com ligação flangeada e com DN de 20 mm, adquirido à empresa B. Como existia em armazém uma unidade deste purgador, aguardou-se um momento oportuno, isto é, um período de tempo longo em que o vapor não ia ser necessário naquele utilizador e procedeu-se à substituição do purgador.

Na figura 5.14 apresenta-se uma imagem do purgador termodinâmico substituído a operar corretamente.

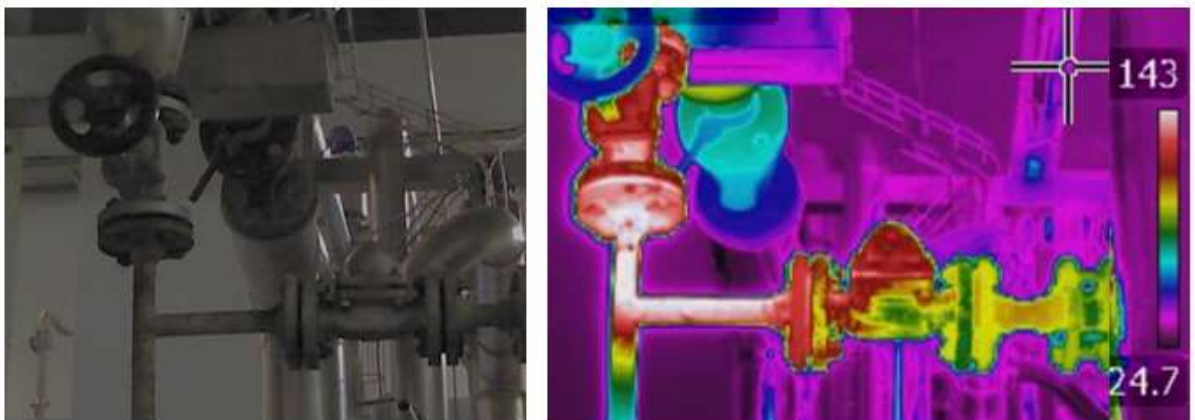


Figura 5.14 – Imagem fotográfica (esquerda) e termográfica (direita) do conjunto de purga de linha do vapor que aquece o CIP na área do arrefecimento do mosto, a funcionar corretamente depois de substituído

Conforme se pode ver na figura 5.14, a seguir ao purgador nota-se uma diminuição de temperatura, pois apresenta uma coloração amarelada, o que sugere uma temperatura bastante inferior à apresentada pelas zonas de cor vermelha (aproximadamente 143 °C).

Devido a existirem 4 purgadores na área das Adegas semelhantes aos apresentados nas figuras 5.11 e 5.12, estabeleceu-se contacto com o fornecedor, a empresa 2, para que apresentasse uma proposta de custo para o *kit* de reparação do purgador referido. A proposta apresentada pela empresa 2 foi aceite pela UNICER Bebidas, S.A., que decidiu proceder à encomenda deste *kit* para ter em *stock*, por uma questão de prevenção.

Capítulo 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recordando os dois principais objetivos deste trabalho, que foram o desenvolvimento e a implementação de um sistema de manutenção preventiva para a rede de vapor e condensados e a avaliação do desempenho energético das unidades de produção de energia (a Cogeração e a Central Térmica), várias tarefas foram realizadas para que se conseguissem atingir os alvos propostos. A concretização dessas tarefas permitiu obter determinadas conclusões e ainda expor sugestões para trabalhos futuros, que se apresentam ao longo deste capítulo.

Conclusões

Relativamente ao objetivo enunciado em primeiro lugar, pode-se concluir que foi constituída a rede de vapor e condensados no SAP-PM, tendo sido criados um total de 172 equipamentos e de 1018 conjuntos de manutenção. No início do estágio não existiam quaisquer dados no SAP-PM referentes a esta rede. Foram ainda elaborados diagramas em *Microsoft Visio* da rede de vapor e condensados das áreas identificados. Estes diagramas permitem, através de uma breve análise, ter uma visão geral dos equipamentos existentes em cada uma das áreas e perceber por quais conjuntos de manutenção são constituídos.

Ainda na temática da implementação de manutenção preventiva à rede de vapor e condensados, foi feita uma análise do consumo de vapor na fábrica da UNICER Bebidas, S.A. que permitiu evidenciar a necessidade de inspecionar esta rede, bem como definir prioridades. Através da comparação dos valores de indicadores de desempenho relativos ao consumo específico de vapor, KPI, que se vinham a obter nos primeiros meses de 2017 (janeiro a maio) com os valores obtidos em 2016, foi possível concluir que o desempenho da fábrica já se mostrou mais satisfatório relativamente a este indicador. Para os meses de abril de 2016 e fevereiro de 2017, em que foram registados volumes de cerveja engarrafada e colocada em barril semelhantes, consumiu-se aproximadamente mais 25 % de vapor em fevereiro de 2017 que em abril de 2016. Com base na análise geral do consumo de vapor na fábrica, concluiu-se ainda que as áreas que consomem mais vapor são o Fabrico, o Enchimento, as Adegas e a ETAR, devendo ser estas as áreas de inspeção prioritárias.

Os resultados obtidos da avaliação termográfica efetuada aos equipamentos da rede de vapor e condensados da área do Fabrico, permitiram concluir que os conjuntos de admissão de vapor dessa área estavam a funcionar corretamente. Uma das válvulas de DN200 do coletor de vapor principal do Fabrico não continha qualquer isolamento, promovendo uma maior dissipação de calor. Uma das bombas integrantes do conjunto de bombagem de condensados principal do Fabrico não estava a operar corretamente, uma vez que a conduta de admissão de vapor a esta bomba possuía uma fuga.

Dos 23 conjuntos de purga avaliados, 19 aparentaram estar a funcionar corretamente, 2 não foram avaliados devido a não estarem a trabalhar no momento de avaliação e 2 mostraram estar a funcionar incorretamente.

Foram solicitadas propostas às empresas 1 e 2 para a substituição dos dois últimos purgadores mencionados. Devido à empresa 2 ter apresentado uma proposta 38 % mais barata do que a empresa 1, procedeu-se à encomenda dos purgadores sugeridos pela empresa 2. Tendo em conta os períodos de funcionamento destes dois purgadores, que estão associados aos tanques de soda C801 e C802 do sistema *Cleaning In Place* (CIP), e que são de 0,4 e 0,8 horas por dia, respetivamente, e considerando as perdas de vapor estimadas para cada um dos purgadores em 60 e 540 kg/h, foi possível determinar os valores de *payback* do investimento destes dois purgadores, concluindo que serão aproximadamente de 3 anos e de 2 meses, respetivamente.

Com a substituição destes dois purgadores, o que aconteceu no início de junho, foi possível restabelecer o aproveitamento de condensados desta área. Esta prática contribuiu para melhorar novamente a recuperação de condensados que foi de 74 %, cerca de 11 % mais do que a registada em maio. Verificou-se ainda uma diminuição do consumo de vapor na área do Fabrico de 28 %, face à registada em maio, para uma diminuição de produção de volume de mosto de 9 %. Estes resultados permitiram obter o menor consumo específico registado nos últimos 5 meses (fevereiro a junho) de 2017.

No que diz respeito à avaliação termográfica dos conjuntos de purga existentes na área das Adegas, pode-se concluir que dos 34 conjuntos de purga que esta área dispõe, 17 não estavam em funcionamento, de maneira que não foi possível proceder à sua avaliação. Dos restantes 17, 16 aparentaram estar a operar corretamente e um deles incorretamente.

Relativamente ao segundo objetivo enunciado, em que se pretendeu avaliar o desempenho energético da Cogeração, constatou-se que esta apresentou um REE (Rendimento Elétrico Equivalente) constante e de aproximadamente 70,4 %, sendo superior ao registado entre junho e setembro de 2013 em 7 %. No que diz respeito às perdas energéticas, verificou-se que estas apresentam valores praticamente invariáveis na ordem dos 13 %, cerca de 3 % menos do que os valores registados no mesmo período de 2013.

Ainda com base no segundo objetivo, foi avaliado o desempenho energético das caldeiras da Central Térmica. Os resultados de rendimento obtidos para as caldeiras 2 e 3 pelo método das perdas foram de 91 e 71 %, respetivamente. A avaliação efetuada possibilitou concluir que as maiores perdas obtidas nas caldeiras correspondem às perdas por radiação, que no caso da caldeira 3 foram em média 20 %, justificando, em parte, o baixo desempenho apresentado por esta. Constatou-se ainda que as perdas por radiação são tanto maiores, quanto menores forem as produções horárias de vapor, face à capacidade nominal da caldeira.

Por fim, atendendo à totalidade do trabalho realizado, pode-se concluir que o desenvolvimento do sistema de manutenção preventiva permitiu obter uma ferramenta que se mostrou ser muito útil na identificação e respetiva correção de situações de perdas de energia consideráveis e que a empresa continuará, certamente, a utilizar. O estudo da eficiência energética das unidades produtoras de vapor, permitiu desenvolver folhas de cálculo que possibilitam a verificação diária do desempenho destas unidades, concluindo que será uma ferramenta importante para o início do desenvolvimento do sistema de gestão de energia que a empresa pretende implementar.

Sugestões para trabalhos futuros

Atendendo à temática abordada neste trabalho, identificam-se várias atividades que podem ser realizadas. Tendo em conta a avaliação genérica efetuada ao consumo de vapor na fábrica, em que se identificou que os consumos de vapor se têm mostrado em 2017 mais elevados quando comparados com o ano anterior e que, as áreas do Fabrico e do Enchimento, em particular, registaram consumos algo exacerbados face ao expectável, sugere-se que seja efetuada uma análise detalhada do consumo do vapor por tipo de mosto, no caso do Fabrico, e pelas diferentes linhas, no caso do Enchimento.

Ainda neste contexto, propõe-se que se continue a inspeção termográfica da rede de vapor e condensados, dando prioridade à área do Enchimento, com vista a identificar possíveis fugas que possam estar a contribuir para o aumento de consumo de vapor nesta área.

No âmbito da eficiência energética reconhecem-se várias tarefas que podem ser desempenhadas com vista a melhorar o desempenho da fábrica quanto a essa vertente. Apesar de se ter verificado que já existem instalados na fábrica vários contadores de energia e de fluidos, há ainda alguns consumos que têm de ser estimados por falta de contadores e nesses casos seria conveniente a colocação dos mesmos. Seria igualmente vantajoso que todos os contadores fossem revistos e calibrados periodicamente, com o objetivo de contribuir para a melhoria e fiabilidade do sistema de recolha de dados. Ainda relativamente aos contadores, sugere-se que as leituras que são feitas manualmente, passem a ser automáticas, pois as primeiras estão sujeitas a maiores erros.

Reconhece-se ainda a necessidade de controlo semanal ou até diário dos consumos específicos de energia e de fluidos em toda a fábrica, pois a análise mensal que é feita atualmente destes indicadores, não é suficiente.

Por último, sugere-se que seja desenvolvido um sistema de gestão de energia, em que se possa fazer o controlo contínuo da sua produção e utilização. No fundo, considera-se fundamental dar continuidade a análise inicial no decorrer deste projeto para a Cogeração e para as caldeiras da Central Térmica.

LISTA DE REFERÊNCIAS

- [1] UNICER Bebidas, S.A.. *Apresentação Unicer* (2016). Disponível em <https://intranet.unicer.pt/Pages/Unicer.aspx> (acedido em 25 de março de 2017).
- [2] Spirax Sarco. *The Steam and Condensate Loop* (2007) 1st Edition.
- [3] Machado, L. *Cálculos de Rendimento de Geradores de Vapor* (2016) Apontamentos disponibilizados para a Unidade Curricular Fontes e Conversão de Energia (ISEP).
- [4] Teixeira, F. J., Pereira, I. M. B., Santos, R. M. S. & Beleza, V. M. *Tratamento de Águas de Caldeira* (2001) Publicações POLITEMA (Instituto Politécnico do Porto) Coleção Cadernos Profissionais 7.
- [5] Spirax Sarco. *Condensate Return*. Disponível em <http://pointing.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/introduction-to-condensate-recovery.asp> (acedido em 15 de abril de 2017).
- [6] Assis, C. *Produção, Distribuição e Utilização de Vapor* (2016) Apontamentos disponibilizados para a Unidade Curricular Utilidades e Sistemas Térmicos (ISEP).
- [7] Brito, P. *Purgadores* (2013). Disponível em <http://maquinasmissao.blogspot.pt/2013/06/purgadores.html> (acedido em 20 de abril de 2017).
- [8] Spirax Sarco. *Posicionadores, Controladores, Sensores* (2017). Disponível em <http://www.spiraxsarco.com/global/pt/Products/Pages/positioners-controllers-and-sensors.aspx> (acedido em 20 de maio de 2017).
- [9] Marquéz, A. C. *The Maintenance Management Framework*, 2nd Edition (2007).
- [10] *European Standard EN 13306. Maintenance – Maintenance terminology* (2010).
- [11] Liebstückel, K. *Plant Maintenance with SAP: Business User Guide*.
- [12] Spirax Sarco, *Evaluation of steam leaks* (2002).
- [13] Assis, C. *Formulário para Problemas de Vapor* (2016) Apontamentos disponibilizados para a Unidade Curricular Utilidades e Sistemas Térmicos (ISEP).
- [14] Eurostat, *Statistics Explained. Natural Gas Price Statistics* (2017). Disponível em http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural_gas_price_statistics (acedido a 15 de maio de 2017).
- [15] Diário da República, 2ª série – Nº122. “Despacho n.º 17313/2008” 26 de junho, 2008. Disponível em https://www.esd.ipl.pt/wp-content/uploads/2015/02/03_Despacho_17352_2008_26_junho.pdf (acedido a 15 de maio de 2017).

- [16] TLV. A Stem Specialist. *Company Steam Trap Losses - what it costs you* (2017). Disponível em <http://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/cost-of-steam-trap-losses.html> (acedido a 15 de maio de 2017).
- [17] Amprobe. *Instruções de Operação*. Detetor Ultrassónico-Modelo ULD-300 (1999).
- [18] Ribeiro, A. M. S. *Transferência de Calor por Radiação* (2016) Apontamentos disponibilizados para a Unidade Curricular Fenómenos de Transporte (ISEP).
- [19] FLIR. *Getting Started Guide FLIR Exx series* (2012).
- [20] Flin, D. *Cogeneration - A User's Guide* (2010).
- [21] Scully, L. *Machine Design* (2017). Disponível em <http://www.machinedesign.com/news/low-temp-gasoline-combustion-research-could-boost-engine-efficiency> (acedido a 16 de maio de 2017).
- [22] UNICER Bebidas, S.A. *Produção da Cerveja* (2017). Disponível em <https://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/historia/34-portugues/cervejas/43-producao-da-cerveja> (acedido a 25 de abril de 2017).
- [23] Boaventura, J. *Otimização do Processo de Filtração da Cerveja* (2009) Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [24] Diário da República, 1ª série – Nº284. “Decreto-Lei nº 313/2001” 10 de dezembro, 2001. Disponível em <https://www.edpsu.pt/pt/PRE/cogeracao/RegulamentaoDocs/DL313-2001.pdf> (acedido a 3 de junho de 2017).
- [25] Norma Portuguesa NP-182 “Identificação de Fluidos – Cores e Canais para canalizações” (1996). Disponível em <https://pt.scribd.com/doc/232573263/NP-182-1966-Regras-Identificacao-de-Tubagens-pdf> (acedido a 21 de maio de 2017).
- [26] Japan Soda Industry Association. *Safe Handling of Caustic Soda (Sodium Hydroxide)* (2006).
- [27] Machado, L. *Combustão* (2016) Apontamentos disponibilizados para a Unidade Curricular Fontes e Conversão de Energia (ISEP).
- [28] Kobe, K. A. *Thermochemistry for the Petrochemical Industry* (1954) Petroleum Refiner.
- [29] IPMA. *Boletim meteorológico para a agricultura* (2017). Disponível em https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170614/tbKTHSrLBOJbVgeQQmKH/agr_20170501_20170531_bag_3d_co_pt.pdf (acedido a 11 de junho de 2017).
- [30] The Dow Chemical Company. *A Guide to Glycols* (2013). Disponível em http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_091b/0901b8038091b508.pdf?filepath=pro (acedido a 21 de maio de 2017).
- [31] IC Controls, *Conductivity Theory and Measurement* (2005). Disponível em <https://iccontrols.com/art-4-1-conductivity-theory-and-measurement/> (acedido a 10 de maio de 2017).
- [32] Dow. *Caustic Soda Solution Handbook* (2010).

ANEXO A - Dados e cálculos associados à determinação da eficiência das caldeiras da Central Térmica e da Cogeração

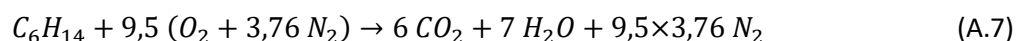
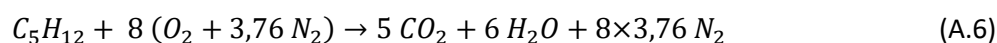
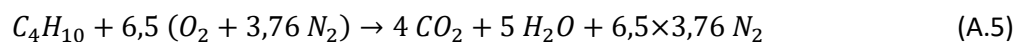
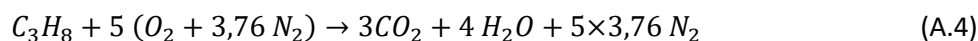
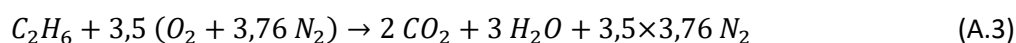
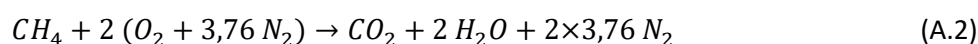
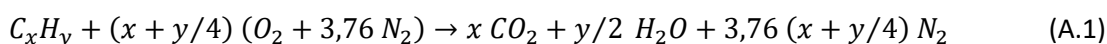
A.1. Dados e cálculos relativos à determinação da eficiência das caldeiras da Central Térmica

Para determinar o rendimento da caldeira 2, começou-se por reunir as análises de composição mais recentes de cada um dos combustíveis que alimentam esta caldeira: o gás natural e o biogás. A composição molar apresenta-se na tabela A.1.

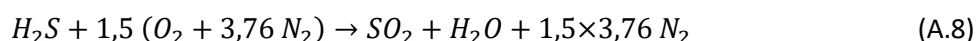
Tabela A.1 – Composição molar do gás natural e do biogás

Gás Natural		Biogás	
Composição (fração molar)			
Metano (CH ₄)	0,85097	Metano	0,78700
Etano (C ₂ H ₆)	0,09624	CO ₂	0,21100
Propano (C ₃ H ₈)	0,01704	N ₂	0,00040
isobutano (C ₄ H ₁₀)	0,00158	H ₂ S	0,00160
n-butano (C ₄ H ₁₀)	0,00191		
isopentano (C ₅ H ₁₂)	0,00037		
n-pentano (C ₅ H ₁₂)	0,00026		
N ₂	0,01342		
CO ₂	0,01803		
C ₊₊ (C ₆ H ₁₄)	0,00018		

Conhecendo os caudais de biogás e de gás natural determinou-se a composição ponderada da mistura. Sabendo que o combustível reage com o oxigénio do ar, procedeu-se à determinação do ar teórico. O ar teórico pode ser definido como sendo a quantidade mínima de ar que cede o oxigénio estritamente necessário para a combustão completa do combustível. Nessas condições ideais, encontrar-se-ia nos gases de combustão uma mistura de CO₂, SO₂, H₂O e N₂, sendo que este último é proveniente quer do combustível, quer do ar de combustão, e não participa na reação. Sabendo que a combustão teórica de um hidrocarboneto pode ser expressa de acordo com a equação A.1 [27], escreveram-se as equações das reações de combustão teórica para a mistura dos combustíveis.



O H₂S reage com o ar de acordo com a reação A.8.



Na prática não existem combustões teóricas. As combustões reais afastam-se sempre dos valores estequiométricos e caracterizam-se pelo coeficiente do excesso de ar. Na instalação, é possível conhecer o teor de oxigénio nos gases de combustão, mas não se conhece o caudal de ar que está a realmente ser alimentado nem o caudal de gases de combustão. A análise da composição dos gases de combustão (caracterização feita por empresa externa certificada) permitiu constatar uma combustão praticamente completa, pois o teor de CO era residual (cerca de 2 mg/Nm³). Assim, para efeitos de cálculo e reconhecendo que pode ser uma aproximação bastante realista, através do ar teórico determinado pela combustão teórica e sabendo que o teor de oxigénio nos gases de combustão é, em média 4,8 %, determinou-se o excesso de ar considerando combustão completa, obtendo-se 33 %. Conhecendo o excesso de ar, foi possível determinar o caudal de ar e o caudal de gases de combustão. Com isso, possibilitou-se a determinação das perdas para que se pudesse aplicar a equação 2.4 ($\eta = (1 - \frac{\sum Perdas}{PCI}) \times 100$) para obter o rendimento das caldeiras. Poder-se-ia também utilizar o método direto apresentado na equação 2.1. No entanto, optou-se por usar o método das perdas uma vez que este método permite obter uma informação mais detalhada sobre as várias perdas associadas à geração de vapor.

As perdas associadas aos gases secos de combustão (PGSC) podem ser calculadas através da razão entre a massa de ar seco (m_{AR}) e a massa do combustível (F) de acordo com a equação A.9 [4].

$$PGSC = \left(\frac{m_{AR}}{F} + 1 - 9Hi - M \right) \cdot C_{pG} \cdot (T_G - T_{AR}) \quad (A.9)$$

em que M e Hi são as frações mássicas de humidade e de hidrogénio no combustível, respetivamente, e T_{AR} , T_G e C_{pG} , representam, respetivamente, a temperatura dos gases de combustão à saída, a temperatura do ar de combustão (°C) e o calor específico médio dos gases de combustão (kJ/(kg.°C) entre T_{AR} e T_G . Conforme se pode ver na tabela A.1, os combustíveis não contêm água, logo o M é igual a zero. O C_{pG} foi determinado para cada um dos compostos de acordo com a equação A.10 [28].

$$C_p = a + b \cdot T + c \cdot T^2 + d \cdot T^3 \quad (T = K) \quad (A.10)$$

em que os valores de a , b , c e d são constantes que diferem consoante o composto.

Assim, considerando os dados apresentados no esquema da figura 3.3 (correspondentes a valores médios para um determinado dia) e tendo em conta a composição dos combustíveis obteve-se que:

$$m_{AR} = 8087 \text{ kg/h}$$

$$F = 40958 \text{ kg/h}$$

$$Hi = 0,20$$

$$C_{pG} \cdot (T_G - T_{AR}) = 224 \text{ kJ/kg}$$

$$PGSC = 1791 \text{ kJ/kg}$$

As perdas atribuídas à presença de humidade no ar de combustão (PHAC) e, que sairá aquecida nos gases de combustão, podem ser estimadas pela equação A.11 [4].

$$PHAC = \left(\frac{m_{AR} \cdot \gamma \cdot C_{pv} (T_G - T_{AR})}{F} \right) \quad (A.11)$$

em que y é a humidade específica do ar (kg de água/kg ar seco) e C_{pv} é o calor específico médio do vapor de água (kJ/(kg.°C) entre T_{AR} e T_G .

Sabendo que a humidade relativa do ar no Porto foi em média de 70 % [29] e a que a temperatura do ar registada foi em média 25 °C, determinou-se a humidade específica do ar através de uma carta psicrométrica que foi de 0,015 kg água/kg ar seco. O C_{pv} foi determinado de acordo com a equação A.10 e m_{AR} e F tomam os valores apresentados anteriormente. Assim, obteve-se:

$$C_{pv}(T_G - T_{AR}) = 167 \text{ kJ/kg}$$

$$PHAC = 46 \text{ kJ/kg}$$

As perdas inerentes à purga da caldeira (PP), podem ser determinadas de acordo com a equação A.12 [4].

$$PP = \frac{B(h_B - h_{AA})}{F} \quad (\text{A.12})$$

em que B corresponde ao caudal de água purgada, em kg/h, que pode ser estimado por diferença entre o caudal de água alimentado e o caudal de vapor produzido, e h_B e h_{AA} são, respetivamente, as entalpias específicas da água da caldeira e da água de alimentação e F é igual ao anterior. Assim, obteve-se:

$$B = 46,6 \text{ kg/h}$$

$$h_B = 672 \text{ kJ/k [13]}$$

$$h_{AA} = 421 \text{ kJ/kg [13]}$$

$$PP = 28 \text{ kJ/kg}$$

Relativamente às perdas por radiação e outras (PRO_{NOM}), existem alguns valores típicos para as caldeiras mais vulgares da indústria, que operam à capacidade nominal. Quando a caldeira opera em regime diferente do da capacidade nominal, as perdas reais (PRO_{REAL}) podem ser determinadas através da equação A.13 [4].

$$PRO_{REAL} = \frac{V_{NOM}}{V_{REAL}} \times PRO_{NOM} \quad (\text{A.13})$$

em que V_{NOM} e V_{REAL} representam a quantidade de vapor, em kg/h, produzido à capacidade nominal e às condições reais, respetivamente.

Sabendo que a potência nominal das caldeiras, em MW, indicada pelo fabricante é de 9,2 MW, o valor típico de perdas por radiação a essa capacidade é de 1,4 %. Segundo o fabricante, o V_{NOM} é de 15.000 kg/h. Assim, obteve-se:

$$PRO_{REAL} = 3,3 \%$$

Usando o PCI médio ponderado de 40957 kJ/kg, obtém-se o valor das perdas por radiação, PRO_{REAL} , em kJ/kg:

$$PRO_{REAL} = 1350 \text{ kJ/kg}$$

Uma vez determinadas todas as perdas, a eficiência da caldeira pode ser obtida a partir da equação 2.4. Assim:

$$\eta = 92,1 \%$$

Para determinar o rendimento da caldeira 3, efetuou-se o mesmo procedimento, mas para este caso apenas se considerou a composição do gás natural apresentado na tabela A.1.

A.2. Dados e cálculos relativos à recuperação de energia do circuito LT

Para avaliar a eficiência da instalação da Cogeração da UNICER Bebidas, S.A., foi utilizada uma folha de cálculo que foi elaborada em 2013 para o mesmo efeito. Contudo, foi necessário proceder à atualização dos dados desse ficheiro para os dados atuais bem como proceder às alterações necessárias para adequar a folha de cálculo à situação corrente.

A alteração relevante da folha de cálculo ocorreu na incorporação do circuito LT (baixa temperatura). Para tornar possível a incorporação deste circuito, começou-se por fazer um esquema do seu funcionamento, que se apresenta na figura A.1. Para avaliar a energia térmica envolvida neste circuito procedeu-se à recolha dos valores médios de caudais e de temperaturas associados ao fluido que circula neste circuito que é água glicolada (água + 35 % glicol) e que se apresentam no esquema da figura A.1.

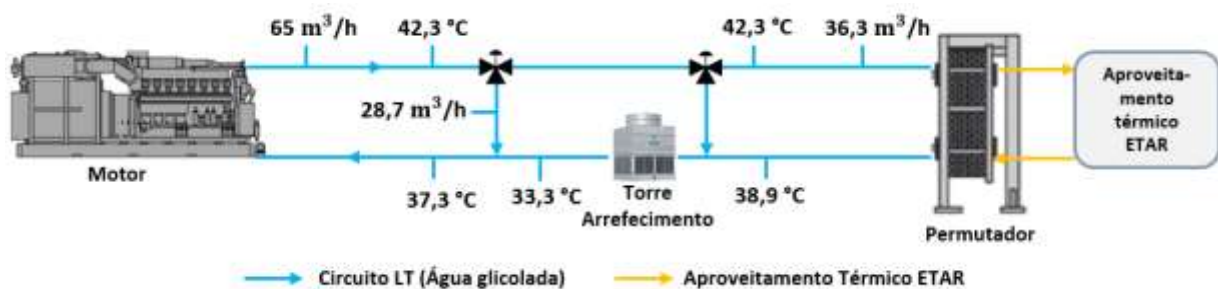


Figura A.1 – Esquema representativo do circuito LT

Para determinar a energia térmica envolvida em cada uma das fases, isto é, a energia térmica que o motor transfere para a água glicolada, a energia térmica que esta transfere para o fluido que circula em contra corrente no permutador de aproveitamento térmico para a ETAR e a energia térmica que dissipa na torre de arrefecimento, foram elaborados gráficos que relacionam a massa volúmica e o calor específico com a temperatura de uma solução de água com 35 % de glicol, que se apresentam nas figuras A.2 e A.3 [30], respetivamente.

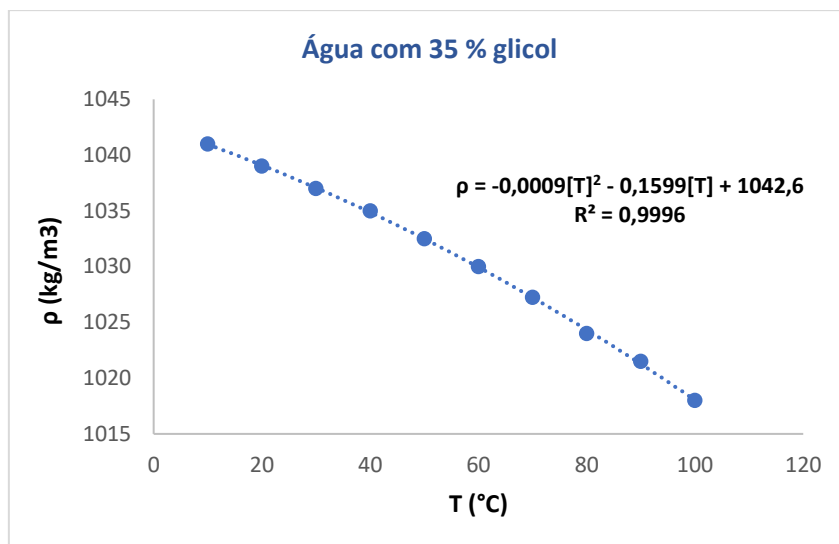


Figura A.2 – Variação da massa volúmica, ρ , em kg/m^3 , com a temperatura, em $^{\circ}\text{C}$, de uma solução de água com 35 % glicol [30]

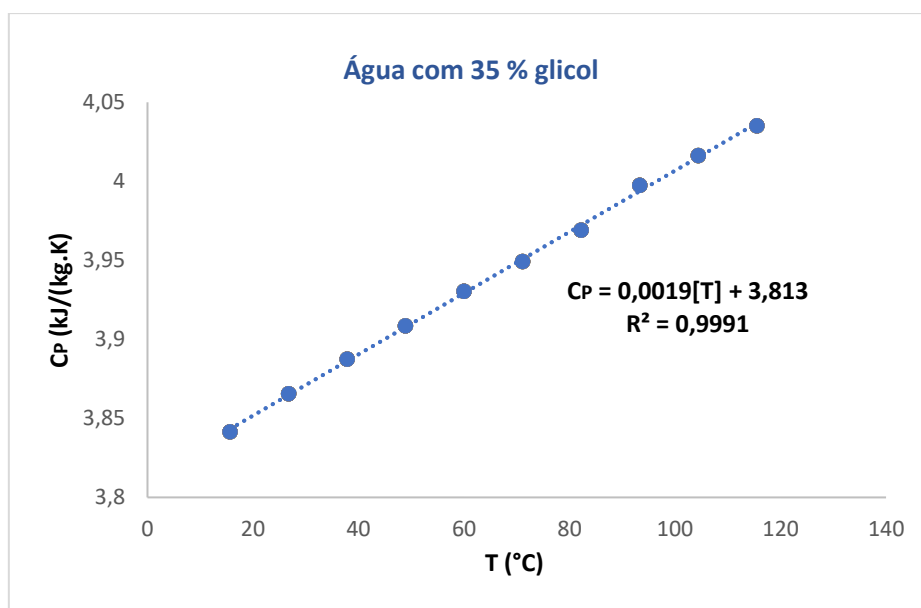


Figura A.3 – Variação do calor específico, C_p , em $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, com a temperatura, em $^{\circ}\text{C}$, de uma solução de água com 35 % glicol [30]

Com as propriedades da solução de água com 35 % glicol apresentadas nas figuras A.2 e A.3 e com os dados da figura A.1, foi possível determinar a energia associada em cada uma das fases referidas anteriormente através da equação A.14.

$$E = m \times c_p \times \Delta T \quad (\text{A.14})$$

em que m representa a massa de solução, c_p o seu calor específico à temperatura média e ΔT a diferença de temperatura que a solução deve sofrer. Na tabela A.2 apresentam-se os valores de energia obtidos em cada uma das fases.

Tabela A.2 – Resultados de energia associados a cada um dos equipamentos do circuito LT (base: 1h de funcionamento)

	T	\bar{T}	Densidade	Caudal	Calor Específico	Massa	Δ Energia
	°C	°C	kg/m ³	m ³ /h	kJ/(kg.K)	kg/h	kWh
Motor	42,3	39,8	1035	65	3,889	67263	
	37,3						367
Permutador	42,3	40,6	1035	36,3	3,890	37557	
	38,9						139
Torre Arref.	38,9	36,1	1036	36,3	3,882	37594	
	33,3						229

O cálculo descrito passou a estar disponível na folha de cálculo, integrado no sistema global térmico da cogeração, e uma vez que os dados das variáveis medidas passaram a ser recolhidos automaticamente a partir da ligação estabelecida às *tags* correspondentes, os resultados podem ser avaliados sempre que necessário.

ANEXO B - Excerto de ficheiro *Excel* com a caracterização dos equipamentos identificados na área do Fabrico.

Tendo como objetivo a constituição da rede de vapor e condensados no SAP-PM, foi preenchido um ficheiro *Excel* com toda a informação dos equipamentos da rede de vapor e condensados identificados. Este ficheiro foi previamente preparado para facilitar o “carregamento em massa” destes equipamentos nos sublocais criados no SAP-PM. Na figura B.1 encontra-se um excerto do ficheiro *Excel* preenchido com os equipamentos identificados na área do Fabrico.

Local de instalação		Equipamentos		Conjuntos de manutenção		
Área	Local	Designação de equipamento	Fabricante	Designação de conjunto	Txt. Breve 1	Txt. Breve 2
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01	Conj.Purga coletor vap/principal fabrico	SPIRAX			
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2022-Válvula fole flangeada DN25 PN16	BSA1T "spirax"	Corte Montante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			F2001-Filtro y flangeado DN25	Fig33 "spirax"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			P2001-Purgador flangeado DN25 PN16	FT43-10 "spirax"	Boia
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2023-Válvula retenção flangeada DN25	DCV3 "spirax"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2024-Válvula fole flangeada DN25 PN16	BSA1T "spirax"	Corte Jusante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2021-Válvula fole flangeada DN15 PN16	BSA1T "spirax"	Válvula Esgoto
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01	Conj.Purga coletor vapor caldeira C100	SPIRAX/ARI			
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2034-Válvula fole flangeada DN15 PN16	"ARI"	Corte Montante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			F2003-Filtro y roscado 1/2" PN25	Fig12 "spirax"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			P2003-Purgador roscado 1/2" PN16	CA14 "spirax"	Boia
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2035-Válvula retenção flangeada DN15	DCV3 "spirax"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2036-Válvula fole flangeada DN15 PN16	BSA1 "spirax"	Corte Jusante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01	Conj.Purga caldeira C100-1ª cima p/baixo	ARI/ADCA/GESTRA			
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2039-Válvula fole flangeada DN50 PN16	FABA Plus "ARI"	Corte Montante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			F2004-Filtro y flangeado DN50	"ARI"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			P2004-Purgador flangeado DN50 PN16	FLT17 "ADCA"	Boia
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2038-Válvula retenção flangeada DN50	"Gestra"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2037-Válvula globo flangeada DN50 PN16	STOBU "ARI"	Corte Jusante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2040-Válvula fole flangeada DN40	FABA Plus "ARI"	Válvula Esgoto
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01	Conj.Purga caldeira C100-2ª cima p/baixo	SPIRAX/ARI/GESTRA			
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2043-Válvula fole flangeada DN40	FABA Plus "ARI"	Corte Montante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			F2005-Filtro y flangeado DN40		
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			P2005-Purgador flangeado DN40	FT43-10 "Spirax"	Boia
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2042-Válvula retenção flangeada DN40	"Gestra"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2041-Válvula globo flangeada DN40 PN16	STOBU "ARI"	Corte Jusante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2044-Válvula fole flangeada DN25 PN40	FABA Plus "ARI"	Válvula Esgoto
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01	Conj.Purga caldeira C100-3ª cima p/baixo	SPIRAX/GESTRA/KLEIN			
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2047-Válvula globo flangeada DN40	"KLEIN"	Corte Montante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			F2006-Filtro y flangeado DN40		
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			P2006-Purgador flangeado DN40	FT11-4.5 "Spirax"	Boia
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2046-Válvula retenção flangeada DN40	"Gestra"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2045-Válvula globo flangeada DN40 PN16	"KLEIN"	Corte Jusante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2048-Válvula fole flangeada DN40 PN40	"ARI"	Válvula Esgoto
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01	Conj.Purga caldeira C100-4ª cima p/baixo	SPIRAX/GESTRA/KLEIN			
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2051-Válvula globo flangeada DN25 PN16	"KLEIN"	Corte Montante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			F2007-Filtro y flangeado DN25 PN40		
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			P2007-Purgador flangeado DN25 PN16	FT43-4.5 "spirax"	Boia
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2050-Válv. retenção flangeada DN25 PN40	"Gestra"	
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2049-Válvula fole flangeada DN25 PN16	BSA1 "spirax"	Corte Jusante
Energia e Fluidos	D000-D022-03-07-01-01			V2052-Válvula fole flangeada DN15 PN16	BSA1 "spirax"	Válvula Esgoto

Figura B.1 – Excerto de ficheiro *Excel* preenchido com a caracterização dos equipamentos identificados na área do Fabrico

ANEXO C - Diagramas elaborados para a rede de vapor e condensados

Com base na identificação efetuada da rede de vapor e condensados em cada uma das áreas, foram elaborados diagramas, em *Microsoft Visio*, utilizando uma biblioteca 3D disponível no *site* do principal fornecedor dos equipamentos da rede de vapor e condensados da UNICER Bebidas, S.A.. Os diagramas foram criados de modo a retratar a rede de vapor e condensados tal como ela é encontrada em cada uma das áreas da empresa. Nas figuras C.1, C.2 e C.3 apresentam-se os diagramas elaborados para as áreas da Central Térmica e Cogeração, das Adegas e do Enchimento, respetivamente

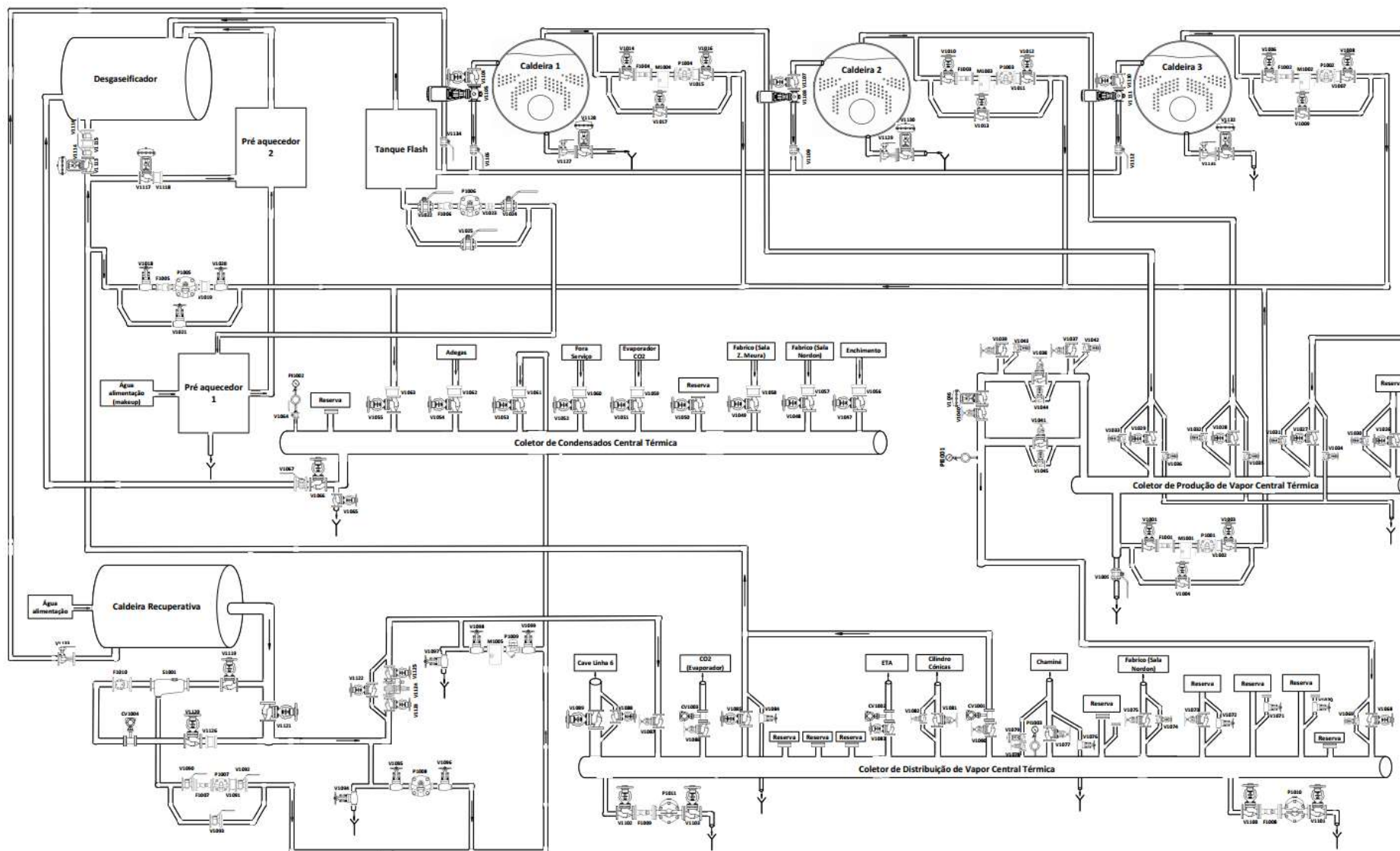


Figura C.1 - Diagrama elaborado para a rede de vapor e condensados da área da Central Térmica e Cogeração

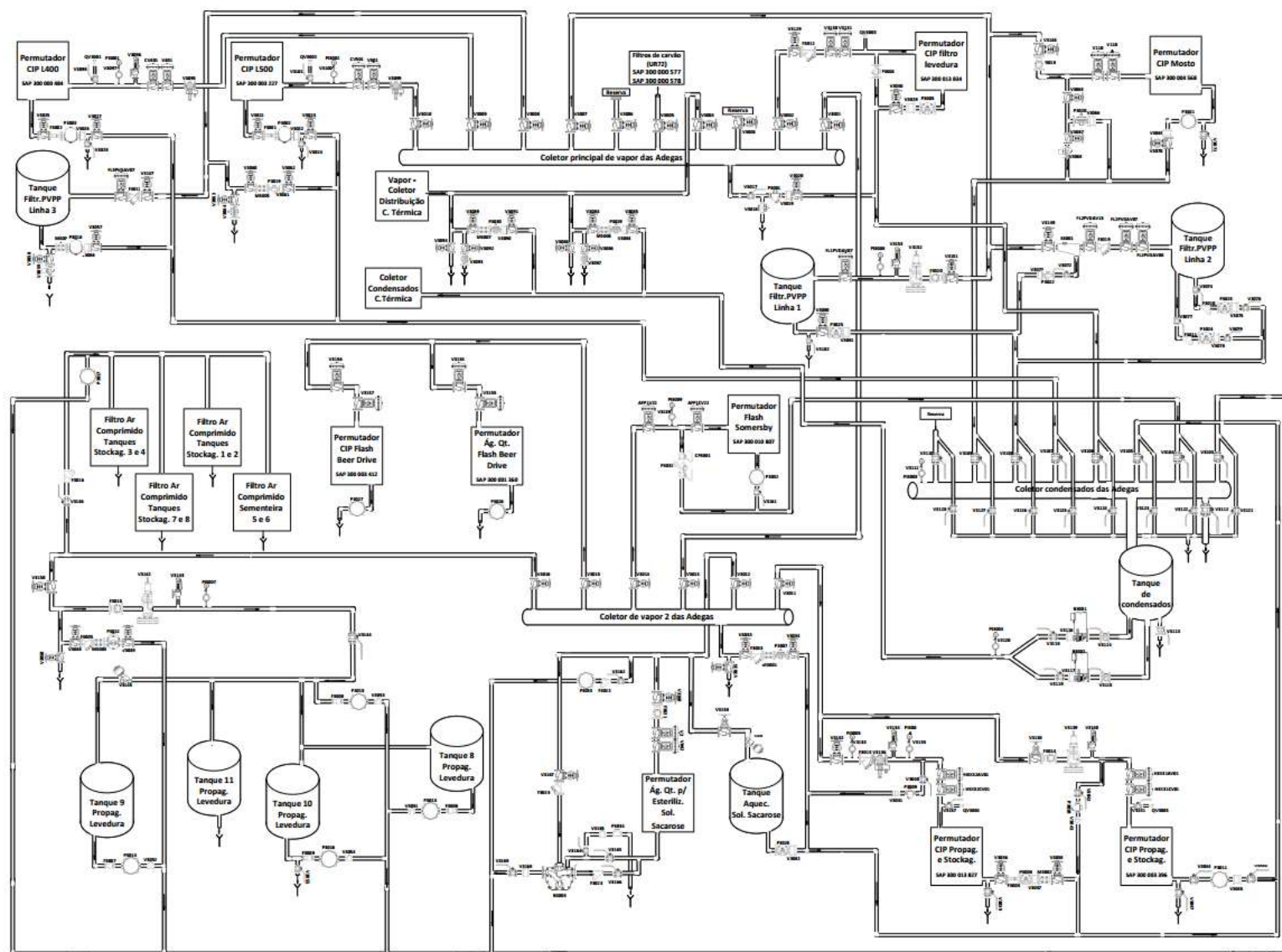


Figura C.2 – Diagrama elaborado para a rede de vapor e condensados da área das Adegas

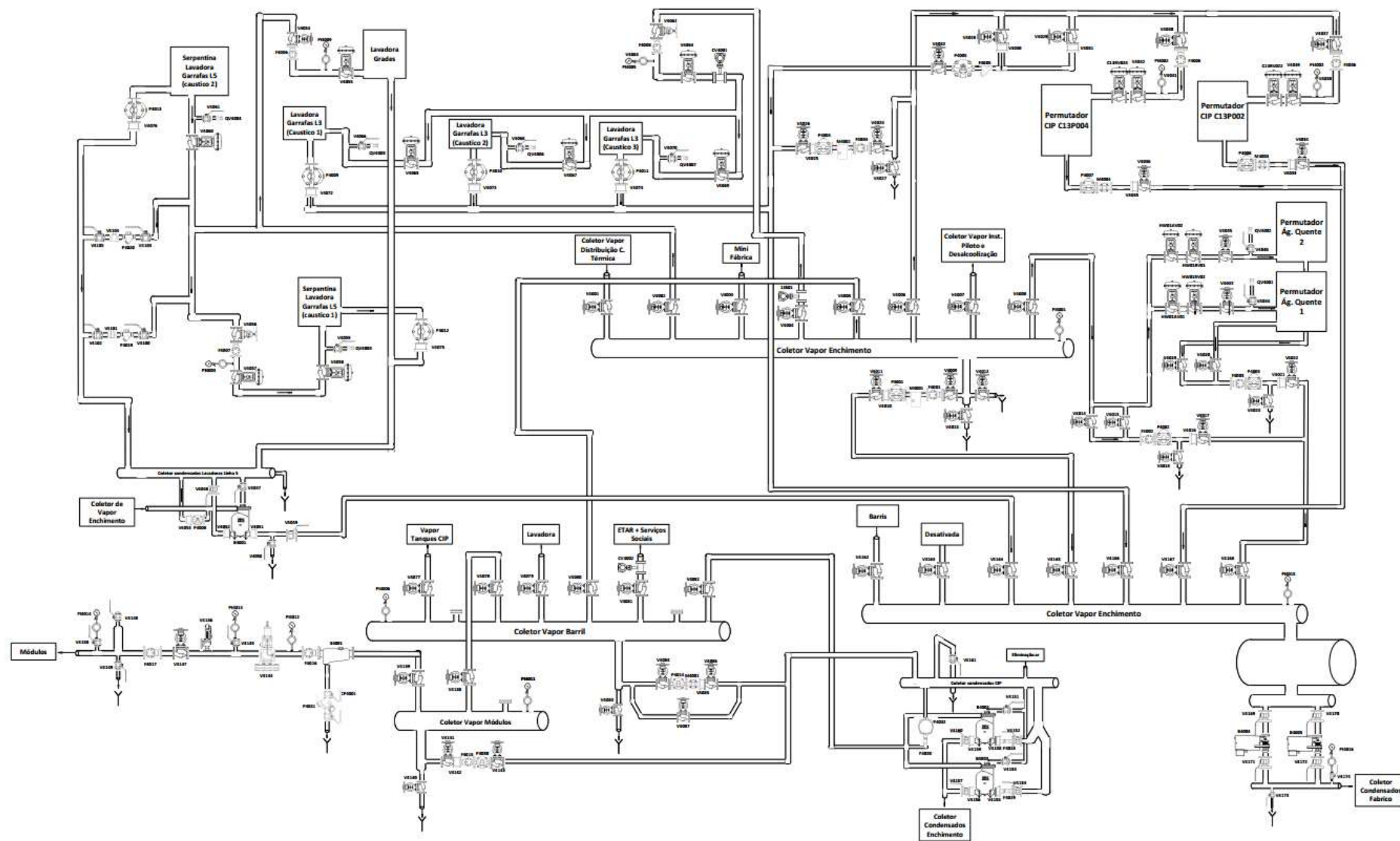


Figura C.3 – Diagrama elaborado para a rede de vapor e condensados da área do Enchimento

ANEXO D - Excerto do ficheiro *Excel* elaborado para codificação de materiais

Tendo como objetivo final a codificação dos materiais necessários à manutenção dos conjuntos de manutenção em SAP-PM, foi elaborado um ficheiro *Excel* com os materiais que cada conjunto de manutenção dispõe para substituição com base na informação recolhida nas suas fichas técnicas. Com a informação recolhida e compilada no ficheiro, estabeleceu-se contacto com o fornecedor da empresa A e solicitou-se que preenchessem o custo de cada material, que é um requisito para que se possam codificar os materiais no SAP-PM. Na figura D.1 apresenta-se um excerto do ficheiro *Excel* elaborado. A codificação efetuada pela empresa encontra-se oculta, por uma questão de sigilo.

Equipamento	Ref.	Tipo Lig.	Direção	Dimensão	Código Equip.	Preço Un.	Designação Kit	Código Kit	Preço Un.
Purgador	FT43-10	Flangeado	Horizontal	DN 25			Conj. Válv. Principal com flutuador boia	0664180	
							Conj. Eliminador vapor preso	0831580	
							Conj. Eliminador de ar	0620085	
							Conj. Completo de juntas (pack 3)	0660085	
Purgador	FT43-10	Flangeado	Horizontal	DN40			Conj. Válv. Principal	0666180	
							Flutuador Boia	0628085	
							Conj. Eliminador vapor preso	0836580	
							Conj. Eliminador de ar	0620085	
Purgador	FT43-4.5	Flangeado	Horizontal	DN25			Conj. Válv. Principal com flutuador boia	0664080	
							Conj. Eliminador vapor preso	0831580	
							Conj. Eliminador de ar	0620085	
							Conj. Completo de juntas (pack 3)	0660085	
Purgador	FT43-4.5	Flangeado	Horizontal	DN50			Conj. Válv. Principal	0668080	
							Flutuador Boia	0628085	
							Conj. Eliminador vapor preso	0837580	
							Conj. Eliminador de ar	0620085	
Purgador	FT14-10	Roscado	Horizontal	1/2"			Conj. Válv. Principal com flutuador boia	1440180	
							Conj. Completo de juntas p/ FT14 (pack 3)	1440081	
							Conj. Eliminador de ar	0620085	
							Conj. Manutenção p/FT14-10	1440188	

Figura D.1 – Excerto do ficheiro Excel elaborado para codificação dos materiais fornecidos pela Empresa A

ANEXO E - Procedimentos de Operação *Standard* (POS) elaborados para o detetor ultrassónico e para a câmara termográfica

Uma das tarefas de manutenção preventiva que deve ser realizada na rede de vapor e condensados é a inspeção de fugas. Assim, surgiu a necessidade de instruir os técnicos quanto à utilização dos instrumentos mais utilizados para a execução desta tarefa: o detetor ultrassónico e a câmara termográfica. Com base nos manuais de cada um dos instrumentos disponíveis na UNICER Bebidas S.A., foram elaborados os POS onde se colocaram todos os passos que os técnicos têm de executar para utilizar estes instrumentos corretamente. Nas figuras E.1 e E.2 apresentam-se, respetivamente, os POS elaborados para o detetor ultrassónico e para a câmara termográfica.

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça Balio		Unicer	
Departamento: Manutenção		Área: Preventiva	Categoria: Energia e Fluidos		Equipamento: 300 016 419	
Utilização de Ultrassom – Modelo ULD-300					Pág. 1 de 1	Data emissão: 24/04/2017
			<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensor 2. Painel LED 3. Controlo de Volume dos Auriculares 4. Controlo de Sensibilidade de Aproximação 5. Roda para acionar com o polegar o ajuste da sensibilidade 6. Indicador LED de potência e de descarga das baterias. 			
						
<p>Instruções de Uso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ligar os auriculares na entrada lateral do aparelho. Definir o controlo de volume dos auriculares (3). 2. Acionar a roda (5) com o polegar no sentido dos ponteiros do relógio de modo a atingir a posição ligado. O indicador LED (6) deve mostrar uma luz verde. Se surgir uma luz vermelha deve substituir-se a bateria. 3. Apontar o sensor para a direção onde poderão surgir fugas. Para ambientes onde existe um elevado ruído de fundo, deve ser colocada a parabólica, encaixando-a no sensor (1). 4. Definir uma das três sensibilidades de aproximação disponíveis (x1, x10, x100). Deve começar-se por ativar a sensibilidade mais alta (x100). À medida que o aparelho se vai aproximando da fuga, o painel LED (2) vai atingindo o nível máximo de 10 luzes. Para reduzir a sensibilidade deve acionar-se a roda (5) com o polegar no sentido inverso ao dos ponteiros do relógio ou definir um nível de sensibilidade menor (4). 5. Repetir a operação até encontrar a fonte da fuga. É importante não confundir reflexos de sons ultrassónicos com a fonte real da fuga. Normalmente os reflexos de sons ultrassónicos não são tão fortes como a fonte real da fuga. 						
Documentos relacionados:			Manual de Instruções do Ultrassom			
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:				
		por:				
		para:				

Figura E.1 – POS elaborado para o detetor ultrassónico

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça Balio	
Departamento: Manutenção	Área: Preventiva	Categoria: Energia e Fluidos	Equipamento:	
Câmara Termográfica – Modelo FLIR Exx series			Pág. 1 de 1	Data emissão: 26/04/2017




Figura 1 LCD e teclado

1. Ecrã tátil LCD
2. Tecla de navegação com toque central
3. Botão de arquivo de imagens
4. Botão para controlar o ponteiro laser
5. Botão Ligar/Desligar
6. Botão Retroceder

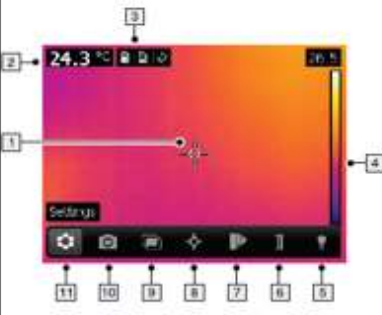


Figura 4 Elementos do ecrã

1. Ferramenta de medição
2. Tabela de resultados de medição
3. Ícones e notificações de estado
4. Escala de temperatura
5. Botão de ferramentas da Lâmpada
6. Botão da escala de temperatura
7. Botão de ferramentas de cor
8. Botão de ferramentas de Medição
9. Botão de ferramentas - Modos de imagem
10. Botão de ferramentas - Modos de gravação
11. Botão da barra de definições




Figura 2 perspetiva da direita

1. Tampa do compartimento da alimentação e do USB
2. Botão Guardar
3. Encaixe para tripé
4. Anel de focagem
5. Lente de infravermelhos




Figura 3 perspetiva da esquerda

1. Ponteiro Laser
2. Lâmpada da câmara digital
3. Câmara digital
4. Tampa do conector de vídeo e acesso ao cartão de memória
5. Compartimento da bateria

Instruções de Uso:

1. Carregar a bateria durante 4 horas antes de ligar pela primeira vez a câmara, ou até o LED verde de estado da bateria ficar permanentemente aceso (1 - Figura 2).
2. Colocar a bateria no respetivo compartimento (5 - Figura 3).
3. Inserir um cartão de memória na respetiva ranhura (4 - Figura 3).
4. Premir para ligar a câmara (5 - Figura 1).
5. Apontar a câmara na direção do objeto de interesse (3 - Figura 3).
6. Ajustar o foco rodando o anel de focagem (4 - Figura - 2).
7. Pressionar o botão "Guardar" para capturar uma imagem (2 - Figura 2).
8. Ligar a câmara ao computador utilizando o cabo USB (1 - Figura 1)
9. Mover a imagem da câmara através de uma operação de arrastar ou largar.

Documentos relacionados:		Manual da câmara termográfica										
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:										
		por:										
		para:										

Figura E.2 – POS elaborado para a câmara termográfica

ANEXO F - Dimensionamento de purgadores

F.1. Características das Soluções de Soda

Solução de Soda do Tanque C801:

- Volume Solução: 30.000 L
- Temperatura inicial: 55 °C
- Temperatura final: 76 °C
- Condutividade: 100 mS/cm

Solução de Soda do Tanque C802:

- Volume Solução: 30.000 L
- Temperatura inicial: 70 °C
- Temperatura final: 76 °C
- Condutividade: 100 mS/cm

F.2. Cálculo da energia necessária para aquecer as soluções de soda

A quantidade de energia necessária para aquecer as soluções de soda pode ser determinada pela equação A.14.

Para calcular a massa da solução de soda, a partir do volume existente no tanque, começou-se por determinar a sua concentração. Utilizou-se, para isso, o gráfico da figura F.1 [31], que relaciona a condutividade da solução com a sua concentração.

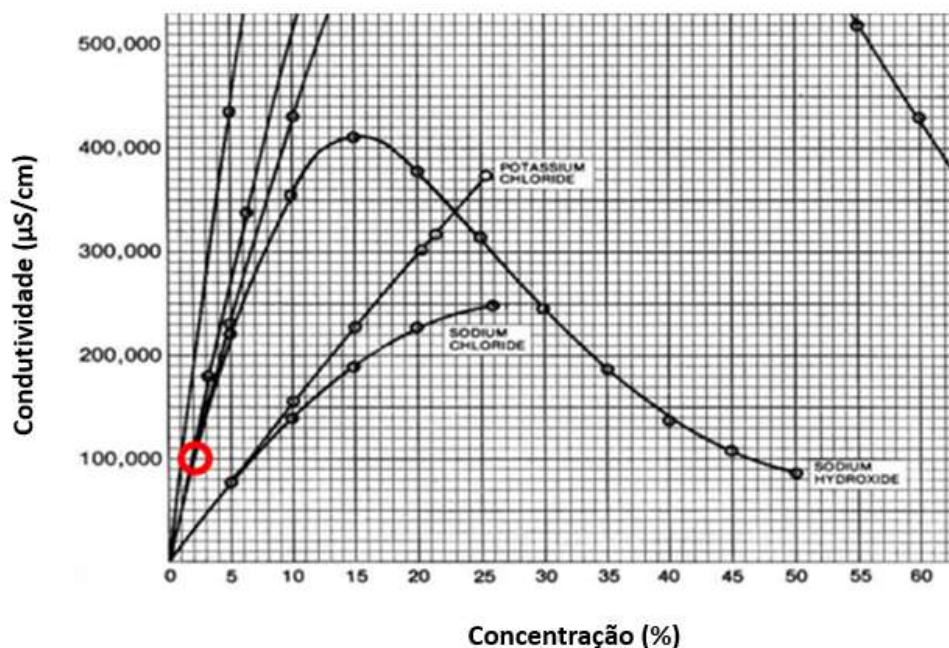


Figura F.1 – Variação da condutividade, em $\mu\text{S/cm}$, com a concentração, em % (m/m) de soluções aquosas [31]

Assim, sabendo que a condutividade de ambas as soluções de soda é de $100.000 \mu\text{S}/\text{cm}$, obteve-se uma concentração de 2 %.

Conhecendo a concentração das soluções e com as suas temperaturas médias, foi possível determinar a massa volúmica, ρ , através do gráfico da figura F.2 [32]. O calor específico, c_p , foi igualmente determinado nestas condições [26].

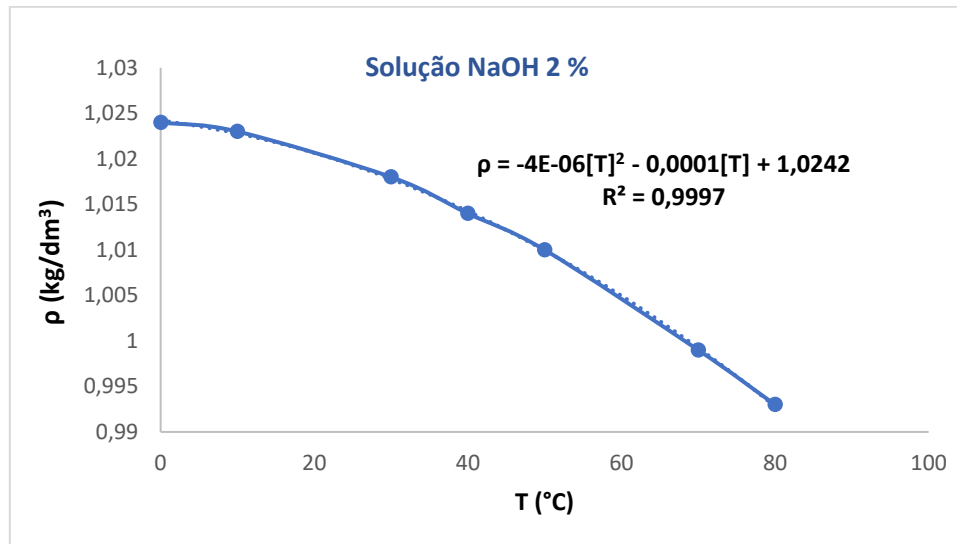


Figura F.2 – Variação da massa volúmica, ρ , em kg/dm^3 , com a T , em $^{\circ}\text{C}$, para uma solução de 2 % NaOH [32]

Solução de Soda do Tanque C801:

$$\bar{T}_{\text{média}} = 65,5 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Com o ajuste da curva representada no gráfico da figura F.2, obtém-se para a massa volúmica da solução à temperatura média de $65,5 \text{ } ^{\circ}\text{C}$:

$$\rho = 1,001 \text{ kg}/\text{dm}^3$$

Com $c_p = 4,138 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ [26] e utilizando a equação A.14, obtém-se $E = 2,61 \times 10^6 \text{ kJ}$ como sendo a energia necessária para aquecer a solução do tanque C801 de 55 a $76 \text{ } ^{\circ}\text{C}$.

Solução de Soda do Tanque C802:

$$\bar{T}_{\text{média}} = 73 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Com o ajuste da curva representada no gráfico da figura F.2, obtém-se para a massa volúmica da solução à temperatura média de $73 \text{ } ^{\circ}\text{C}$:

$$\rho = 0,996 \text{ kg}/\text{dm}^3$$

Com $c_p = 4,138 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ [26] e usando a equação A.14 obtém-se a energia necessária para aquecer a soda no tanque C802 de 70 a $76 \text{ } ^{\circ}\text{C}$, $E = 7,42 \times 10^5 \text{ kJ}$

F.3. Cálculo do caudal de vapor

Para determinar o caudal de vapor necessário para aquecer o tanque, durante um período de tempo, t , que será equivalente ao caudal que o purgador terá que evacuar, utilizou-se a equação F.1.

$$E = \dot{m} \times \lambda \times t \quad (\text{F.1})$$

Solução de Soda do Tanque C801:

Sabendo que o tanque C801 demora aproximadamente 20 min (0,33 h) a aquecer e que o calor latente de vaporização a 5 barg é $\lambda=2085,7$ kJ/kg [13], obteve-se:

$$\dot{m} = 3790 \text{ kg/h}$$

Solução de Soda do Tanque C802:

Sabendo que o tanque C802 demora aproximadamente 6 min (0,1 h) a aquecer e que o calor latente de vaporização a 5 barg é $\lambda=2085,7$ kJ/kg, obteve-se:

$$\dot{m} = 3555 \text{ kg/h}$$

F.4. Cálculo da pressão diferencial

Conhecendo a pressão a montante, $P_m = 5$ barg, e a pressão a jusante, $P_j = 0,5$ barg, foi possível determinar a pressão diferencial, $\Delta P = 4,5$ barg.

F.5. Cálculo do *payback* do investimento dos purgadores

Admitindo como diâmetros das fugas de cada um dos purgadores 5 e 15 mm para o purgador associado ao tanque C801 e para o purgador do tanque C802, respetivamente, conhecendo a pressão de vapor (5 barg), e com base na equação 2.5 presente no subtópico 2.4.2, estimaram-se as perdas de vapor para ambos os casos, tendo-se obtido 60 e 540 kg/h, para os purgadores associados aos tanques C801 e C802, respetivamente.

Com as perdas de vapor estimadas, com o custo do purgador selecionado que foi de 615 €, com a entalpia do vapor (h_v) à pressão de 5 barg ($h_v=2756,8$ kJ/kg [13]), considerando o custo do gás natural na indústria de 0,028 €/kWh para o ano de 2016 [14] e sabendo que a eficiência média dos geradores de vapor é de 90 %, foi possível determinar, através da equação F.2, ao fim de quantas horas de funcionamento do purgador se recupera o investimento de cada um dos purgadores.

$$\frac{\dot{m}_{fuga\ vapor} \times h_{vapor} \times t}{3600} \times \frac{1}{\eta} = C_{purgador} \times \frac{1}{C_{gás\ natural}} \quad (\text{F.2})$$

em que $\dot{m}_{fuga\ vapor}$ corresponde ao caudal mássico da fuga, em kg/h, h_{vapor} representa a entalpia do vapor, em kJ/kg, t diz respeito ao tempo de retorno do investimento, em h, $C_{purgador}$ é o custo de aquisição do purgador, em €, $C_{gás\ natural}$ é o custo do gás natural, em €/kWh e η representa a eficiência da caldeira.

Através da equação F.2 determinou-se ao fim de quantas horas de funcionamento de cada um dos purgadores é espectável que se recupere o investimento feito na aquisição dos purgadores novos,

tendo-se obtido 430 e 48 horas, para os purgadores associados aos tanques C801 e C802, respetivamente. Tendo em conta os ciclos de aquecimento de cada um dos purgadores, concluiu-se que num dia os purgadores dos tanques C801 e C802, trabalham cerca de 0,4 e 0,8 horas, respetivamente. Assim, sendo, o investimento de cada um dos purgadores é recuperado ao fim de aproximadamente 3 anos (purgador do tanque C801) e 2 meses (purgador do tanque C802).

ANEXO G - Determinação da recuperação de condensados

Para que fosse possível determinar a percentagem de recuperação de condensados, foram recolhidos os dados dos consumos de água em cada uma das caldeiras da Central Térmica e da caldeira recuperativa, bem como o consumo de água desmineralizada, que se apresentam na tabela G.1.

Tabela G.1 – Registo dos consumos de água alimentada a cada uma das caldeiras e de água desmineralizada.

Consumo Água					
2017	Caldeira 1	Caldeira 2	Caldeira 3	Caldeira Recuperativa	Água Desmineralizada
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
JAN	0	2014	0	2191	755
FEV	0	2441	559	1613	1051
MAR	0	3734	503	1552	1468
ABR	2	4380	522	1324	1235
MAI	2	4771	672	1362	2531

A determinação da recuperação de condensados pode ser obtida através da equação G.1.

$$\% \text{Recup. Cond.} = \left(\frac{V_{\text{ág. Cald. 1}} + V_{\text{ág. Cald. 2}} + V_{\text{ág. Cald. 3}} + V_{\text{ág. Cald. Recup.}} - V_{\text{ág. desmineral.}}}{V_{\text{ág. Cald. 1}} + V_{\text{ág. Cald. 2}} + V_{\text{ág. Cald. 3}} + V_{\text{ág. Cald. Recup.}}} \right) \times 100 \quad (\text{G.1})$$

Com base na equação G.1 e com os dados da tabela G.1, determinaram-se as percentagens de recuperação de condensados para os meses de janeiro a maio de 2017, que se apresentam na tabela G.2.

Tabela G.2 – Recuperação de condensados para os meses de janeiro a maio de 2017

2017	Recuperação Condensados
JAN	82%
FEV	77%
MAR	75%
ABR	80%
MAI	63%