



Diogo Antunes Cardoso

Licenciado em Ciências da Engenharia Química e Bioquímica

**Implementação do REACH
&
Optimização energética do processo de
refinação de óleo de girassol**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientadora: Eng. Sara Rodrigues, Eng. Resp. Ambiente,
Sovena Portugal Consumer Goods, S.A.
Co-orientador: Prof. Dr. Pedro Calado Simões, Professor Auxiliar,
FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Isabel Maria Rola Coelho
Arguente: Prof. Doutor Mário Fernando José Eusébio
Vogal: Engenheira Sara Andreia Sardinha Rodrigues



Março 2014

Implementação do REACH & Optimização energética do processo de refinação de óleo de girassol

Copyright © Diogo Antunes Cardoso, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer à Sovena Portugal Consumer Goods, S.A. e à Engenheira Lina Dionísio pela oportunidade que me deram de realizar este trabalho nas suas instalações.

À minha orientadora, a Engenheira Sara Rodrigues, pela sua orientação, disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

Ao Engenheiro Sérgio Palma, ao Sr. Moita Gomes e todos os operadores da refinaria pela paciência, dedicação e os conhecimentos transmitidos.

A todos os funcionários e colaboradores da Sovena, em especial ao pessoal do departamento da Qualidade e Laboratório, pela recepção calorosa que me permitiu integrar tão bem, por todo o apoio e motivação dados, pela amizade e todos os momentos de descontração.

Ao meu co-orientador, Professor Pedro Simões, pela oportunidade do estágio e a disponibilidade e simpatia dispensadas.

À FCT-UNL e ao corpo docente do curso de MIEQB, por todos os conhecimentos transmitidos ao longo destes cinco anos de formação e pelo espírito académico.

Aos meus colegas de faculdade pelo apoio e pelos bons e maus momentos que passamos juntos.

A todos os meus amigos, pelo apoio, paciência e carinho. Espero que a nossa amizade se mantenham por longos e bons anos e que disfrutemos ainda de muitos bons momentos juntos.

Finalmente, um agradecimento muito especial à minha família por todo o apoio que me deram, pela educação e valores transmitidos que me fizeram ser a pessoa que sou hoje e por terem investido na minha formação e por acreditarem sempre em mim.

RESUMO

O trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação teve como tema a implementação do Regulamento REACH (Regulamento (CE) n.º 1907/2006, relativo ao Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de substâncias químicas) e a optimização energética do processo de refinação de óleo de girassol.

Para assegurar que a Sovena Portugal Consumer Goods, S.A. se encontra em cumprimento com a legislação REACH, foram identificadas as obrigações impostas pelo regulamento, referentes à posição da empresa como fabricante e utilizador a jusante na cadeia de abastecimento.

Foram elaboradas bases de dados referentes a cada uma dessas posições na cadeia de abastecimento, em que constam as características de todas as substâncias produzidas e a avaliação da documentação dos produtos utilizados na instalação fabril e foram organizados dossiês para compilar e conservar toda a documentação necessária, como fichas de dados de segurança, relatórios de pré-registo e de registo, entre outros.

Após a implementação destes sistemas de controlo de documentos foi elaborada uma instrução de trabalho de forma a monitorizar e controlar o cumprimento das questões obrigatórias no âmbito do Regulamento REACH.

De forma a avaliar o potencial de optimização energética no processo de refinação de óleo de girassol, foi realizado um levantamento de todos os sectores consumidores de energia da refinaria.

Depois de identificados foi feita uma inspecção ao seu estado de funcionamento e realizados balanços de energia e todos os cálculos necessários, de forma a verificar o correcto funcionamento dos equipamentos e o seu potencial de optimização.

Com base nos resultados obtidos estudaram-se várias medidas de optimização, como por exemplo, a reparação das fugas de ar comprimido, substituição dos sistemas de iluminação e instalação de um economizador dos gases de exaustão na caldeira de vapor de alta pressão. A implementação das medidas estudadas permite obter poupanças de vapor entre 690 e 1460 toneladas por ano e entre 8 a 45 MWh/ano de energia eléctrica.

Palavras-chave: Sovena, Regulamento REACH, optimização energética, balanço energético

ABSTRACT

The work within this dissertation was titled the implementation of REACH (Regulation (EC) No 1907/2006, concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) and energy optimization of the refining process of sunflower oil.

To ensure that Sovena Portugal Consumer Goods, SA is in compliance with REACH legislation, were identified the obligations imposed by the regulation regarding the company's position as a manufacturer and downstream user in the supply chain.

Were developed databases for each of these positions in the supply chain, which contains the characteristics of all substances produced and a documentation review of the products used in all sectors of the manufacturing facility. All necessary documentation contained the safety data sheets, the reports of pre-registration and registration and client's communications, among others, were also organized.

After the implementation of these document control systems was drawn up a work instruction in order to monitor and control the fulfillment of obligatory questions under the REACH Regulation.

In order to evaluate the potential for energy optimization in sunflower oil refining process, a survey of all energy consuming sectors of the refinery was conducted.

Having identified those sectors, was made an inspection to their condition and were performed energy balances and all necessary calculations in order to verify the correct operation of the equipment and its potential for optimization.

Based on the results obtained were studied various optimization measures, such as reparation of the compressed air leaks, the replacement of the lighting system and the installation of an economizer in the exhaust gas boiler high pressure steam. The implementation of the measures studied allows savings of steam between 690 and 1460 tonnes per year and from 8 to 45 MWh/year of electricity.

Keywords: Sovena, REACH Regulation, energy optimization, energy balances

ÍNDICE

1. ESTUDO DESENVOLVIDO.....	1
2. A EMPRESA	3
2.1 . Grupo Sovena	3
2.2 . Sovena Portugal Consumer Goods, S.A.....	4
3. REGULAMENTO REACH.....	7
3.1 Introdução.....	7
3.2 Objectivos	8
3.3 Âmbito de Aplicação	9
3.4 Intervenientes e suas Obrigações	10
3.5 Registo.....	11
3.6 Avaliação e Autorização	13
3.7 Restrição.....	13
3.8 Fichas de Dados de Segurança	14
3.9 Outros Regulamentos Relevantes.....	14
3.9.1 Regulamento CLP.....	14
3.9.2 Outros	15
4. O REACH NA SOVENA.....	17
4.1 Obrigações como Fabricante.....	17
4.2 Obrigações como Utilizador a Jusante	21
5. REFINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS.....	25
5.1 Processo de Refinação.....	26
5.2 Diagrama de Blocos	27
5.3 Balanço Mássico.....	29
5.4 BALANÇO DE ÁGUA	32
5.4.1 Água Doce	32
5.4.2 Água Salgada.....	33
5.4.3 Água Glicolada	33
5.4.4 Condensados de Vapor	34
6. ENERGIA TÉRMICA.....	35
6.1 Balanço Energético.....	35
6.1.1 Permutadores de Calor	36
6.1.2 Desodorizador	42
6.2 Caldeira de Vapor de Alta Pressão	43
6.2.1 Rendimento da combustão	44
6.2.2 Aquecedor Final	45
6.3 Purgadores de Vapor.....	46
6.4 Isolamentos Térmicos.....	52
7. ENERGIA ELÉCTRICA.....	53
7.1 Ar Comprimido.....	53

7.1.1	Produção de Ar Comprimido.....	54
7.1.2	Tratamento de Ar Comprimido.....	56
7.1.3	Eficiência Energética.....	58
7.2	Sistemas de Iluminação.....	60
7.2.1	Lâmpadas	60
7.2.2	Balastros	64
7.2.3	Armaduras.....	65
7.2.4	Eficiência Energética.....	65
8.	MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA	69
8.1	Energia Térmica	69
8.2	Energia Eléctrica.....	71
9.	CONCLUSÕES	73
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
11.	ANEXOS.....	77
11.1	Anexo 1: Listagem da legislação aplicável à Sovena relativamente ao REACH	77
11.2	Anexo 2: Calor específico do óleo de girassol em função da temperatura	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Lagar do Marmelo	4
Figura 2.2: Unidade de embalagem da Sovena.....	5
Figura 3.1: Informação disponível sobre químicos de produção elevada em 1981. Adaptada de [5]	7
Figura 4.1: Fluxograma do processo de filtração de azeite	18
Figura 4.2: Fluxograma do processo de refinação de óleos vegetais	19
Figura 5.1: Diagrama de blocos do processo de refinação do óleo de girassol	28
Figura 5.2: Diagrama da central de produção de água glicolada	33
Figura 6.1: Esquema de um permutador de calor de placa. Adaptado de [13]	37
Figura 6.2: Purgador de bóia [14]	47
Figura 6.3: Purgador de balde invertido [14].....	48
Figura 6.4: Purgador de balde aberto [14]	48
Figura 6.5: Purgador de expansão de líquido [14].....	49
Figura 6.6: Purgador bimetálico [14]	49
Figura 6.7: Purgador de expansão balanceada [14].....	50
Figura 6.8: Purgado termodinâmico [14].....	51
Figura 7.1: Representação de uma lâmpada de descarga	61
Figura 7.2: Lâmpada de luz mista	62
Figura 11.1: Variação do calor específico do óleo de girassol com a temperatura	79

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1: Exemplo de base de dados do fabricante no âmbito do regulamento REACH	20
Tabela 4.2: Exemplo de base de dados do utilizador a jusante no âmbito do Regulamento REACH	23
Tabela 5.1: Composição média de ácidos gordos do óleo de girassol. Adaptada de [7]	25
Tabela 5.2: Balanço de massa ao processo de refinação de óleo de girassol.....	30
Tabela 6.1: Calor específico dos vários tipos de água utilizados	35
Tabela 6.2: Propriedades termodinâmicas do vapor a várias pressões [12].....	35
Tabela 6.3: Resultados da avaliação energética aos permutadores de calor	41
Tabela 6.4: Rendimento de combustão	45
Tabela 6.5: Eficiência energética do aquecedor final	46
Tabela 7.1: Fugas de ar comprimido	59
Tabela 7.2: Características dos sistemas de iluminação existentes na refinaria	66
Tabela 7.3: Eficiência luminosa dos sistemas de iluminação da refinaria	67
Tabela 8.1: Gastos energéticos associados às fugas de ar comprimido.....	71
Tabela 8.2: Poupança energética por substituição dos balastros convencionais por balastros electrónicos	72
Tabela 11.1: Legislação aplicável à Sovena relativamente ao REACH	77
Tabela 11.2: Variação do calor específico do óleo de girassol com a temperatura	79

ABREVIATURAS

Sovena	Sovena Portugal Consumer Goods, S.A
UE	União Europeia
REACH	Regulamento (CE) nº 1907/2006, relativo ao Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de substâncias químicas
ECHA	Agência Europeia dos Produtos Químicos (do inglês, <i>European Chemicals Agency</i>)
CAS	Do inglês, <i>Chemical Abstracts Service</i>
EINECS	Inventário Europeu das Substâncias Químicas Existentes no Mercado (do inglês, <i>European Inventory of Existing Chemical Substance</i>)
FDS	Ficha de Dados de Segurança
CLP	Regulamento (CE) nº 1272/2008, relativo à Classificação, Rotulagem e Embalagem de substâncias e misturas
SIEF	Fórum de Intercâmbio de Informação sobre uma Substância (do inglês, <i>Substance Information Exchange Forum</i>)
Art.º	Artigo (de legislação nacional ou comunitária)
N.A.	Não aplicável
Refinaria	Fábrica de refinação de óleo cru de girassol
EPTARI	Estação de pré-tratamento de águas residuais industriais

1. ESTUDO DESENVOLVIDO

O trabalho no âmbito do tema desta dissertação foi desenvolvido na instalação fabril da Sovena Portugal Consumer Goods, S.A., localizada no Barreiro e compreendeu duas partes distintas.

A primeira parte, respeitante ao controlo do cumprimento das obrigações impostas pelo Regulamento (CE) n.º 1907/2006, relativo ao Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de substâncias químicas (REACH), cujos principais objectivos são:

- Identificar a legislação em vigor e documentação legal de apoio sobre as obrigações do Regulamento REACH;
- Recolher informação e documentos relevantes e obrigatórios na empresa no âmbito do mesmo regulamento;
- Criar bases de dados e outros documentos com a informação que necessita ser sistematicamente controlada;
- Elaborar ou actualizar os dossiês REACH, sendo um relativo à posição de fabricante e outro relativo à posição de utilizador a jusante na cadeia de abastecimento;
- Criar procedimentos escritos e simplificados de monitorização das questões obrigatórias no âmbito do Regulamento REACH.

A segunda parte diz respeito à optimização energética do processo de refinação de óleo de girassol e tem como objectivos:

- Fazer o levantamento inicial dos diagramas de processo, equipamentos, fluxos, etc;
- Elaborar os balanços de energia térmica, permutas de calor, balanços de água e consumos eléctricos nos vários equipamentos e/ou fases do processo;
- Avaliar o grau de eficiência energética e uso da água;
- Estudar medidas de optimização dos consumos de energia e água e calcular os respectivos potenciais de poupanças.

2. A EMPRESA

2.1. Grupo Sovena

Nos finais do século XIX, Alfredo da Silva cria o primeiro grupo industrial de Portugal, a Companhia União Fabril, CUF, fruto da fusão de duas pequenas empresas químicas, a União Fabril e a Companhia Aliança Fabril. [1]

No início do século XX, a CUF era já o maior grupo português, com um complexo industrial localizado no Barreiro, representando 5% do PIB nacional, constituído por mais de 100 empresas e 110.000 colaboradores. O grupo abrangia inúmeras áreas de negócio, nomeadamente a construção naval, adubos, têxteis, ácidos, óleos alimentares, entre outros. [1]

Contudo a instabilidade social e política, causada pelo fim da ditadura em Portugal, motivou o fim da CUF.

Em finais do século XX, os descendentes de Alfredo da Silva, nomeadamente Jorge de Mello e José Manuel de Mello levaram a cabo a reconstrução do grupo. Na década de 1980, Jorge de Mello adquire a Sociedade Alco, Algodoeira Comercial e Industrial, cuja área de negócio era a extracção, refinação e embalagem de óleos alimentares e a Fábrica Torrejana de Azeites. [1]

Na década seguinte o grupo continua a crescer com a aquisição da Lusol (extracção e refinação de óleos e produção de sabões), da Tagol (extracção e refinação de oleaginosas e soja) e da Sovena, criada em 1956 por uma parceria entre a CUF, a Macedo e Coelho e a Sociedade Nacional de Sabões, para comercialização de óleos vegetais e sabões. [1]

O novo século marcou o início da reestruturação industrial e a expansão internacional do grupo, de forma a responder às necessidades crescentes de um mercado global. Assim, as actividades de extracção foram concentradas na Tagol e de embalagem na Sovena.

Em 2002, o grupo tornou-se no maior operador da Península Ibérica com aquisição de activos de empresas espanholas, posteriormente integradas na Sovena Ibérica de Aceites, responsável pela refinação e embalagem de óleos vegetais, maioritariamente azeite. [1]

Nos anos seguintes o grupo entra em novos mercados noutros continentes. Em 2004 entra no mercado brasileiro com a aquisição da marca Andorinha e em 2005 adquire 80% do capital da East Coast Olive Oil, o maior importador e embalador de azeite nos E.U.A. Ainda no mesmo ano, o grupo constitui a Tagol Ibérica de Aceites em Espanha para facilitar o acesso ao mercado de semente de girassol nesse país. [1]

O ano de 2006 marca a entrada do grupo no continente africano e na agricultura, com a criação de uma empresa sediada em Marrocos para, através de exploração de olival, produzir e comercializar azeite. [1]

No ano seguinte, o grupo reforça a sua posição na agricultura com a plantação do maior olival do mundo com cerca de 10.000 hectares e um lagar equipado com a tecnologia mais avançada (**Figura 1.1**), adquirindo assim o controlo de todo o processo produtivo. [1]



Figura 2.1: Lagar do Marmelo

Ainda no mesmo ano, é criada a Sovena Middle East & North Africa, sediada na Tunísia, para abastecimento de novos mercados internacionais e a Agrodiesel, nas instalações da Tagol, para produção e comercialização de biodiesel. [1]

O grupo torna-se a segunda maior empresa de azeite do mundo e o maior fornecedor de marca de distribuição do mundo. [1]

Em 2008 é realizada a reestruturação da imagem e identidade do grupo, passando a denominar-se Sovena Group, com quatro unidades de negócio distintas: Biodiesel, Agriculture, Oilseeds e Consumer Goods. [1]

2.2. Sovena Portugal Consumer Goods, S.A.

Esta área de negócio é responsável pelo loteamento, embalagem e comercialização dos inúmeros produtos Sovena e marcas de distribuição dos vários parceiros comerciais.

A fábrica da Sovena Portugal Consumer Goods, S.A. está localizada no Barreiro e é a maior fábrica de refinação e embalagem de óleos vegetais do país e uma das mais avançadas a nível tecnológico da Europa. [2]

A instalação fabril possui uma unidade de refinação, com capacidade instalada para refinar 350 ton/dia de óleo de girassol ou 320 ton/dia de óleo de soja; uma unidade de filtração de azeite; uma unidade para produção e embalagem de sabão com uma capacidade de 40 ton/dia, que funcionou até Agosto de 2013; e uma unidade de embalagem de óleos vegetais com capacidade para embalar diariamente 90.000 L de azeite e 650.000 L de óleo, nos mais diversos tamanhos e formatos de embalagem. [2]

A Sovena Consumer Goods é responsável pela produção de grandes marcas nacionais de óleos alimentares, como Fula, Vêgê e Frigi; de azeite, com o Oliveira da Serra e Andorinha; e sabão, como o Clarim.

A Sovena Portugal é também líder no fornecimento de marcas de distribuição de óleo e azeite em Portugal, tendo como clientes as maiores cadeias de hipermercados e supermercados. [3]



Figura 2.2: Unidade de embalagem da Sovena

3. REGULAMENTO REACH

3.1 Introdução

A indústria química tem crescido ao longo dos anos, contudo a importância do sector na Europa tem diminuído, em muito devido à deslocalização das empresas europeias para outros continentes, como a Ásia. O crescimento da indústria é acompanhado pelo aparecimento de novas empresas e novos produtos químicos. [4]

Até 1981 não se sabia ao certo que químicos estavam disponíveis no mercado na União Europeia. Apenas nesse ano, pela primeira e única vez, listaram-se todos os químicos disponíveis ao consumidor. Foram listados mais de 100 106 químicos e para 99%, a informação disponível sobre as propriedades, usos e riscos era escassa. [5]

Alguns químicos possuem propriedades tóxicas, corrosivas, carcinogénicas e outros de disrupção endócrina, que provocam a inibição de produção de determinadas hormonas nos seres vivos.

Os casos de asma, alergias, certos tipos de cancro e distúrbios reprodutivos, incluindo infertilidade, sofreram um aumento na Europa e suspeita-se que uma das causas sejam as substâncias químicas e o seu manuseamento incorrecto, contudo era necessário mais informação para comprovar essa suspeita. [5]

Foram examinados com maior cuidado os produtos produzidos em quantidades superiores a 1000 toneladas por ano, de forma a perceber que informação existia sobre eles. Essa informação encontra-se detalhada na Figura 3.1.

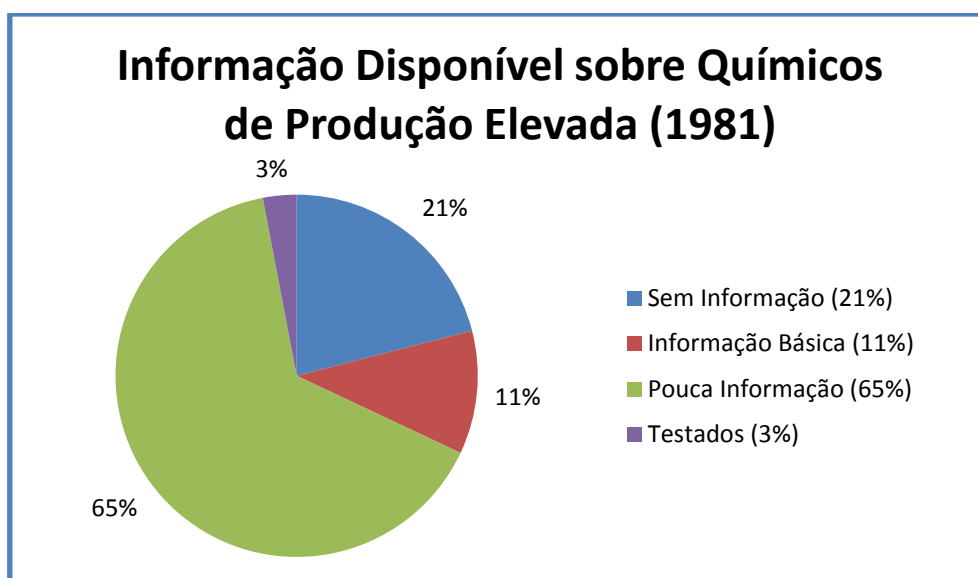


Figura 3.1: Informação disponível sobre químicos de produção elevada em 1981.

Adaptada de [5]

Observando o gráfico, verifica-se que não existia qualquer informação sobre 21% dos

produtos químicos produzidos em maior volume e 65% tinham informação insuficiente. Apenas se conheciam as propriedades e perigos associados de 3% dos produtos químicos e a pouca informação existente não era transmitida ao longo de toda a cadeia de abastecimento. [5]

Outro dos problemas que as empresas enfrentavam, punha-se com o facto de a legislação relativa aos produtos químicos se encontrava distribuída por 40 actos legislativos diferentes, o que dificultava a sua aplicação correcta e eficaz.

Tendo em conta o elevado crescimento da indústria e o elevado número de substâncias químicas existentes, tornou-se necessário fazer face a todos estes problemas já mencionados.

Assim, em 2001 a Comissão Europeia começou a trabalhar numa estratégia de desenvolvimento de projectos para a criação de uma política comunitária sobre os produtos químicos. Dois anos depois, uma proposta para um regulamento europeu foi enviada ao Parlamento Europeu e três anos depois foi aprovado. [6]

O texto legal foi publicado no Jornal Oficial da União Europeia a 30 de Dezembro de 2006.

A 1 de Junho de 2007 entrou em vigor o Regulamento (CE) n.º 1906/2007, relativo ao Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de substâncias químicas, vulgarmente designado por Regulamento REACH, do acrónimo *Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals*.

3.2 Objectivos

O principal objectivo do Regulamento REACH é melhorar a protecção da saúde humana e do ambiente, promovendo a inovação e competitividade da indústria química na UE.

Este regulamento propõe-se a atingir algumas metas, nomeadamente:

- Assegurar um elevado nível de protecção da saúde humana e do meio ambiente;
- Tornar aqueles que colocam substâncias químicas no mercado, responsáveis pela produção e distribuição de informação sobre esses produtos e riscos associados, a toda a cadeia de abastecimento;
- Permitir a livre circulação de substâncias químicas no mercado da UE;
- Promover a inovação e competitividade da indústria química europeia;
- Eliminar os ensaios em animais, promovendo a utilização de métodos alternativos na avaliação das propriedades perigosas das substâncias.
- Criar uma entidade europeia responsável por assegurar o cumprimento da legislação, a Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA, *European Agency of Chemicals*)

A implementação do REACH veio combater os problemas mencionados anteriormente e sabe-se agora muitos dos riscos associados à utilização dos produtos químicos e como manuseá-los correctamente. Isto permitiu diminuir inúmeros problemas de saúde dos

trabalhadores expostos aos químicos e diminuir os níveis de poluição ambiental.

3.3 Âmbito de Aplicação

Este regulamento incide sobre o fabrico, a colocação no mercado e a utilização dessas mesmas substâncias, estemes ou contidas em misturas ou em artigos e à colocação no mercado de misturas, em quantidades superiores ou iguais a uma tonelada por ano.

É aplicável a substâncias, estemes ou contidas em misturas ou em artigos, não apenas às utilizadas em processos industriais, mas também às utilizadas diariamente pelo consumidor, como por exemplo produtos de limpeza, tintas e roupas.

Contudo, o Regulamento REACH não é aplicável a determinadas substâncias e prevê ainda algumas excepções à sua total ou parcial aplicação.

Este regulamento não é aplicável, na sua totalidade, a:

- Substâncias radioactivas;
- Substâncias, estemes ou contidas em misturas, que estejam submetidas a controlo aduaneiro;
- Produtos intermédios não isolados;
- Ao transporte ferroviário, rodoviário, por via navegável interior, marítimo ou aéreo de substâncias perigosas e substâncias perigosas contidas em misturas perigosas;
- Resíduos;
- Polímeros (os monómeros estão abrangidos).

Algumas substâncias são excluídas da aplicação de alguns Títulos, pois estão abrangidas por legislação específica, tais como:

- Géneros alimentícios ou alimentos para animais (inclusive aditivos e aromatizantes);
- Medicamentos para utilização humana ou veterinária;
- Produtos cosméticos;
- Dispositivos médicos invasivos ou utilizados em contacto directo com o corpo.

Outras substâncias adoptam um estatuto especial, segundo o Regulamento REACH, desde que sejam utilizadas em condições específicas, sendo o caso:

- Produtos intermédios isolados;
- Substâncias utilizadas em pesquisa e desenvolvimento;
- Substâncias com interesse em matéria de defesa (a pedido do Estado-Membro).

Existem substâncias que são consideradas registadas, de acordo com o disposto no artigo 15.º do mesmo regulamento:

- Substâncias activas de produtos biocidas;
- Substâncias activas e co-formuladores em produtos fitofarmacêuticos.

3.4 Intervenientes e suas Obrigações

No âmbito deste regulamento existem obrigações associadas a cada interveniente da cadeia de abastecimento, pelo que é necessário identificar o seu papel e as obrigações inerentes ao mesmo.

➤ **FABRICANTE E IMPORTADOR**

Segundo o artigo 3.º do Regulamento REACH, um fabricante é “Qualquer pessoa singular ou colectiva estabelecida na Comunidade que fabrique uma substância dentro da Comunidade”.

É considerado importador “Qualquer pessoa singular ou colectiva na Comunidade, que seja responsável pela introdução física de uma substância, mistura ou artigo, no território aduaneiro da Comunidade”.

No âmbito deste regulamento, as principais obrigações do fabricante e importador estão listadas abaixo.

- ✓ Efectuar o registo das substâncias abrangidas;
- ✓ Comunicação da informação a jusante da cadeia de abastecimento;
- ✓ Elaboração de relatórios de segurança química, quando aplicável;
- ✓ Elaboração de fichas de dados de segurança, quando aplicável;
- ✓ Conservação da informação.

➤ **DISTRIBUIDOR**

É considerado um distribuidor “Qualquer pessoa singular ou colectiva estabelecida na Comunidade, que apenas armazene e coloque no mercado uma substância ou mistura, para utilização por terceiros”.

As obrigações do distribuidor, no âmbito do Regulamento REACH são as seguintes:

- ✓ Adoptar medidas de redução de riscos

O distribuidor deve aplicar as medidas de redução de riscos, relativas ao transporte e armazenamento das substâncias e misturas.

- ✓ Transmitir informação a montante e a jusante da cadeia de abastecimento

A montante, o distribuidor deve comunicar as informações recolhidas dos utilizadores sobre as utilizações das substâncias, os perigos e novas medidas para gestão e redução de riscos associados.

A jusante, o distribuidor deve comunicar as informações dos fornecedores sobre as substâncias e misturas, através das respectivas fichas de dados de segurança.

➤ **UTILIZADOR A JUSANTE**

O utilizador a jusante é definido como “*Qualquer pessoa singular ou colectiva estabelecida na Comunidade, que não seja o fabricante, o importador, o distribuidor nem o consumidor, e que utilize uma substância ou mistura, no exercício das suas actividades industriais ou profissionais*”.

O utilizador a jusante tem como principais obrigações:

- ✓ Cumprimento das instruções mencionadas nas fichas de dados de segurança, em termos do correcto manuseamento e utilização e das medidas de gestão de riscos a adoptar;
- ✓ Transmissão de informação a montante da cadeia de abastecimento;
- ✓ Transmissão de informação a jusante da cadeia de abastecimento.

3.5 Registo

O Regulamento REACH vem impor que todos os importadores e fabricantes têm de registar os químicos que importam ou produzem, em quantidades superiores a uma tonelada por ano, assim como fornecer informações sobre a sua perigosidade e como manuseá-los em segurança.

O Regulamento REACH baseia-se no princípio que os fabricantes, importadores e utilizadores a jusante apenas podem fabricar, importar, colocar no mercado ou utilizar substâncias que não ponham em risco a saúde humana e o ambiente.

Se uma substância produzida ou importada em quantidade igual ou superior a uma tonelada por ano não se encontrar registada, esta não poderá ser colocada no mercado da União Europeia.

Contudo, substâncias que já estejam a ser produzidas e/ou importadas (substâncias de integração progressiva), encontram-se abrangidas por um período de transição, desde que a empresa tenha efectuado o pré-registo das mesmas.

O pré-registo de substâncias decorreu entre 1 de Junho de 2008 e 1 de Dezembro de 2008. O fabricante ou importador, na fase de pré-registo, teve de apresentar informações base

sobre a empresa e a substância em causa e em que altura vai efectuar o registo, com base na tonelagem em que é produzida. Se o pré-registo foi efectuado com sucesso, foi fornecido um número de pré-registo que é associado à substância a registar.

Após a conclusão da fase de pré-registo, o regulamento prevê três fases de registo distintas para as substâncias que tenham sido pré-registadas.

- i. A primeira fase de registo teve lugar até 1 de Dezembro de 2010 e procedeu-se ao registo de todas as substâncias produzidas ou importadas em quantidades iguais ou superiores a 1000 toneladas por ano e de todas as substâncias de elevada preocupação, ou seja, substâncias classificadas como sendo carcinogénicas, mutagénicas, tóxicas para a reprodução, disruptoras endócrinas, entre outras classificações.
- ii. Até 1 de Junho de 2013, ocorreu o registo das substâncias produzidas ou importadas em quantidades entre 100 e 1000 toneladas por ano.
- iii. Até 1 de Junho de 2018, decorre o registo das substâncias produzidas ou importadas em quantidades entre 1 e 100 toneladas por ano.

Aquando do registo, o importador ou fabricante deverá apresentar informação à ECHA. Um dossiê técnico contendo a identidade do registante e da substância a registar, assim como informações relativas ao seu fabrico, utilizações e propriedades. O dossiê também deve conter as condições de utilização segura e medidas de gestão dos riscos.

Após a ECHA validar o registo e o fabricante ter procedido ao pagamento das taxas associadas ao procedimento de registo, é fornecido um número de registo que deverá constar em todos os documentos relacionados com a substância registada.

O Regulamento prevê isenções ao registo de algumas substâncias químicas, que se encontram mencionadas nos anexos IV e V.

As substâncias mencionadas no anexo IV, acerca das quais se disponha de informações suficientes e que sejam consideradas como apresentando um risco mínimo devido às suas propriedades intrínsecas, estão isentas do disposto nos Títulos II, V e VI.

As substâncias abrangidas pelo anexo V, relativamente às quais se considera que o registo é inadequado ou desnecessário, estão igualmente isentas do disposto nesses mesmos títulos.

3.6 Avaliação e Autorização

A Agência Europeia dos Produtos Químicos é responsável por levar a cabo dois tipos de avaliação:

- Avaliação dos dossiês, consiste numa apreciação geral e sistemática das informações contidas no dossiê de registo com especial relevância sobre os testes propostos;
- Avaliação das substâncias, efectuada pelas autoridades competentes dos Estados-Membros que solicitem a avaliação.

Existem substâncias que não podem continuar a ser utilizadas devido à sua perigosidade para a saúde humana ou para o ambiente, salvo se for fornecida uma autorização que permita a sua utilização para aplicações muito específicas.

A autorização de substâncias de elevada preocupação só é concedida se os riscos da sua utilização estiverem devidamente controlados. Caso isso não se verifique e não existam substâncias ou tecnologias alternativas adequadas, os benefícios socioeconómicos devem ultrapassar os riscos para a saúde e o ambiente.

Os pedidos de autorização submetidos à ECHA devem ser acompanhados de uma análise das possíveis alternativas e actividades de investigação e desenvolvimento existentes.

Todas as substâncias que estejam sujeitas a autorização encontram-se listadas no anexo XIV do Regulamento REACH. Este anexo é alterado sempre que seja necessário incluir alguma substância ou uma substância deixe de preencher os requisitos para necessitar de autorização.

3.7 Restrição

Certas substâncias possuem um risco elevado para a saúde humana ou para o ambiente, decorrente da sua produção, utilização ou colocação no mercado.

Se esse risco não for controlado adequadamente, o regulamento prevê a elaboração de um dossiê contendo uma avaliação dos perigos e riscos e provas da insuficiência das medidas de gestão de registo actualmente aplicadas, de forma a impor restrições ao fabrico, utilização ou colocação no mercado dessas substâncias.

O anexo XVII deste regulamento contém todas as substâncias que possuem qualquer tipo de restrição. A substância constante neste anexo não é fabricada, utilizada ou colocada no mercado, excepto se cumprir as condições da restrição apresentada no mesmo.

3.8 Fichas de Dados de Segurança

As fichas de dados de segurança (FDS) têm constituído um método eficaz e bem aceite na Comunidade para fornecer informações sobre substâncias e misturas.

O Regulamento REACH veio introduzir as FDS como parte integrante do seu sistema e todos os requisitos aplicáveis encontram-se dispostos no artigo 31.º. O anexo II deste regulamento define as regras para a elaboração de uma ficha de dados de segurança.

Nesse artigo, é definido no ponto 1 que todos os fabricantes de substâncias ou misturas têm de elaborar uma FDS, em conformidade com o anexo II, se estas forem classificadas como perigosas, sejam persistentes, bioacumuláveis e tóxicas ou muito persistentes e muito bioacumuláveis e ainda se as substâncias ou misturas estiverem sujeitas a algum tipo de restrição ao seu fabrico, utilização ou colocação no mercado.

No caso de uma substância ou mistura em que não seja obrigatório fornecer uma FDS, o fabricante é obrigado a fornecer uma no caso de lhe ser pedido por algum utilizador a jusante ou transmitir as informações necessárias por outros meios, de forma a permitir a implementação, pelos utilizadores, das medidas de gestão de riscos adequadas.

As fichas de dados de segurança devem ser fornecidas na língua oficial do(s) Estado(s)-Membro(s), onde a substância ou mistura seja colocada no mercado, conforme o disposto no ponto 5 do artigo 31.º e devem ser fornecidas de forma gratuita.

O fabricante deve proceder à actualização das FDS por eles elaboradas sempre que se encontre na posse de novas informações sobre os efeitos perigosos ou que possam afectar as medidas de gestão de riscos.

3.9 Outros Regulamentos Relevantes

Com a experiência adquirida com a primeira fase da aplicação do Regulamento REACH, tanto as empresas como as entidades europeias, verificaram que seria benéfico proceder a algumas alterações ou correcções ao regulamento. A entrada em vigor de novos regulamentos também veio promover alterações ao Regulamento REACH (consultar anexo 2)

3.9.1 Regulamento CLP

O Regulamento (CE) nº 1272/2008, relativo à Classificação, Rotulagem e Embalagem de substâncias e misturas, mais conhecido por Regulamento CLP, veio alterar os critérios de classificação, rotulagem e embalamento de substâncias e misturas e entrou em vigor em Janeiro de 2009 com um período de transição que termina em 2015.

Este regulamento tem o mesmo âmbito de aplicação do Regulamento REACH e tem como objectivo assegurar que os perigos associados aos produtos químicos sejam comunicados aos trabalhadores e consumidores desses produtos, através da sua classificação e rotulagem.

As principais obrigações decorrentes da entrada em vigor deste regulamento são:

- Classificar, rotular e embalar todos os produtos antes de os colocar no mercado;
- Classificar as substâncias não colocadas no mercado que estejam sujeitas à obrigação de registo ou notificação no âmbito do Regulamento REACH;
- Notificar a ECHA sobre a classificação e rotulagem das substâncias colocados no mercado, para a sua inclusão no inventário de classificação e rotulagem;
- Conservar todas as informações e pedidos de informação.

As alterações mais relevantes ao Regulamento REACH, promovidas pela entrada em vigor deste regulamento, prendem-se com os novos critérios de classificação das substâncias, nomeadamente alteração das categorias de perigo, dos pictogramas de perigo associados, substituição das frases de risco (frases R) pelas advertências de perigo (declarações H).

3.9.2 Outros

Existem outros regulamentos que vieram propor alterações ao disposto no Regulamento REACH, sendo os mais relevantes o Regulamento (CE) n.º 987/2008 e o Regulamento (UE) n.º 453/2010.

❖ Regulamento (CE) n.º 987/2008

O Regulamento REACH exigia, no n.º4 do artigo 138º, que até 1 de Junho de 2008 fosse efectuada uma revisão dos Anexos IV e V, com vista a propor a sua alteração se fosse esse o caso.

O Regulamento (CE) n.º 987/2008 veio regulamentar as alterações decorrentes da revisão dos anexos anteriormente mencionados, com as actualizações efectuadas às listas de substâncias isentas de registo no âmbito do Regulamento REACH.

❖ Regulamento (UE) n.º 453/2010

A entrada em vigor do Regulamento CLP veio alterar as regras de classificação, rotulagem e outras disposições relevantes das substâncias e misturas, como tal importa alterar o anexo II do Regulamento REACH, de forma a adapta-lo aos novos critérios e disposições.

Como o Regulamento CLP prevê a aplicação faseada das regras de classificação e rotulagem para substâncias e para misturas, este regulamento obedece aos prazos de entrada em vigor dessas mesmas regras.

Numa primeira fase, entre 1 de Dezembro de 2010 e 1 de Junho de 2015, a estrutura das FDS tem de seguir o disposto no anexo I deste regulamento, em que a secção 2, referente à identificação dos perigos, tem de apresentar a classificação das substâncias em conformidade com a Directiva 67/548/CEE e o Regulamento CLP.

A partir de 1 de Junho de 2015, a estrutura das FDS das substâncias e misturas passa a ser regulamentada pelo Anexo II deste regulamento, em que a secção 2 das FDS passa a ser apenas elaborada em conformidade com o Regulamento CLP.

4. O REACH NA SOVENA

Como todas as outras empresas, a Sovena tem de obedecer ao disposto no Regulamento REACH e outros que o vieram alterar, como tal é necessário identificar a sua posição na cadeia de abastecimento e as respectivas obrigações.

A Sovena produz e embala óleos vegetais alimentares a partir do óleo bruto extraído de sementes, logo pela definição apresentada no Capítulo 3.4, tem um papel de fabricante no âmbito do Regulamento REACH.

No seu processo de fabrico, utiliza vários produtos químicos, o que significa que possui também um papel como utilizador a jusante, no âmbito do mesmo regulamento.

4.1 Obrigações como Fabricante

De seguida, são apresentadas as obrigações da Sovena como fabricante e como proceder para o seu cumprimento.

- **Registo**

O primeiro passo que o fabricante deve tomar, é identificar os *inputs* e *outputs* dos processos produtivos, ou seja, as matérias-primas e subsidiárias, e as substâncias resultantes do processo (produtos, subprodutos e resíduos), a fim de verificar se é necessário proceder ao registo de alguma substância.

Para essa análise serão analisados os processos produtivos da Sovena, a filtração e embalagem de azeite e a refinação e embalagem de óleos vegetais.

Filtração e Embalamento de Azeite

São recebidos vários tipos de azeite bruto, nomeadamente comum, virgem e virgem extra. O azeite virgem é filtrado, de forma a retirar impurezas e obter-se um líquido límpido. Da filtração resultam os bolos de filtração que possuem valor económico e são vendidos a uma empresa externa.

Após a filtração, o azeite filtrado é armazenado e posteriormente segue para embalagem e expedição.

O fluxograma do processo de filtração de azeite é apresentado na figura 4.1.

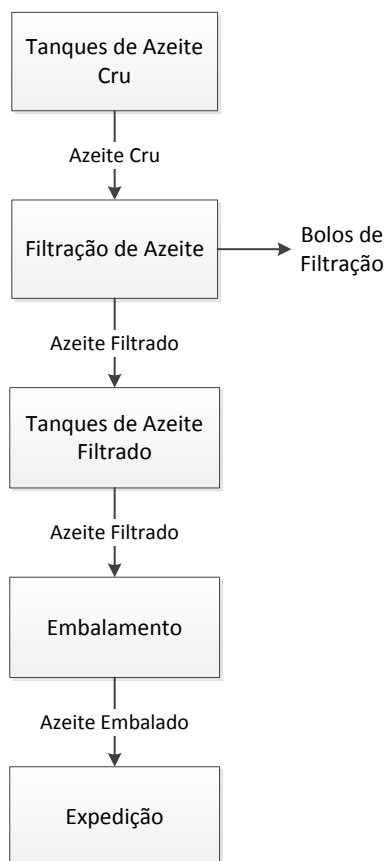


Figura 4.1: Fluxograma do processo de filtração de azeite

Os bolos de filtração estão isentos de registo, pois são uma mistura e os seus componentes estão isentos de registo.

O azeite está isento de registo, segundo o disposto no ponto 9 do novo anexo V, alterado pelo Regulamento (CE) n.º 987/2008, que diz que os óleos vegetais estão isentos de registo.

Refinação e Embalamento de Óleos Vegetais

No processo de refinação de óleos vegetais, o óleo bruto que é extraído das sementes, é refinado e embalado.

Na unidade de produção da Sovena, procede-se à refinação de óleos de girassol e soja, seguida de embalamento.

Apresenta-se de seguida o fluxograma do processo produtivos da Sovena, relativos à refinação e embalamento de óleos vegetais (Figura 4.2).

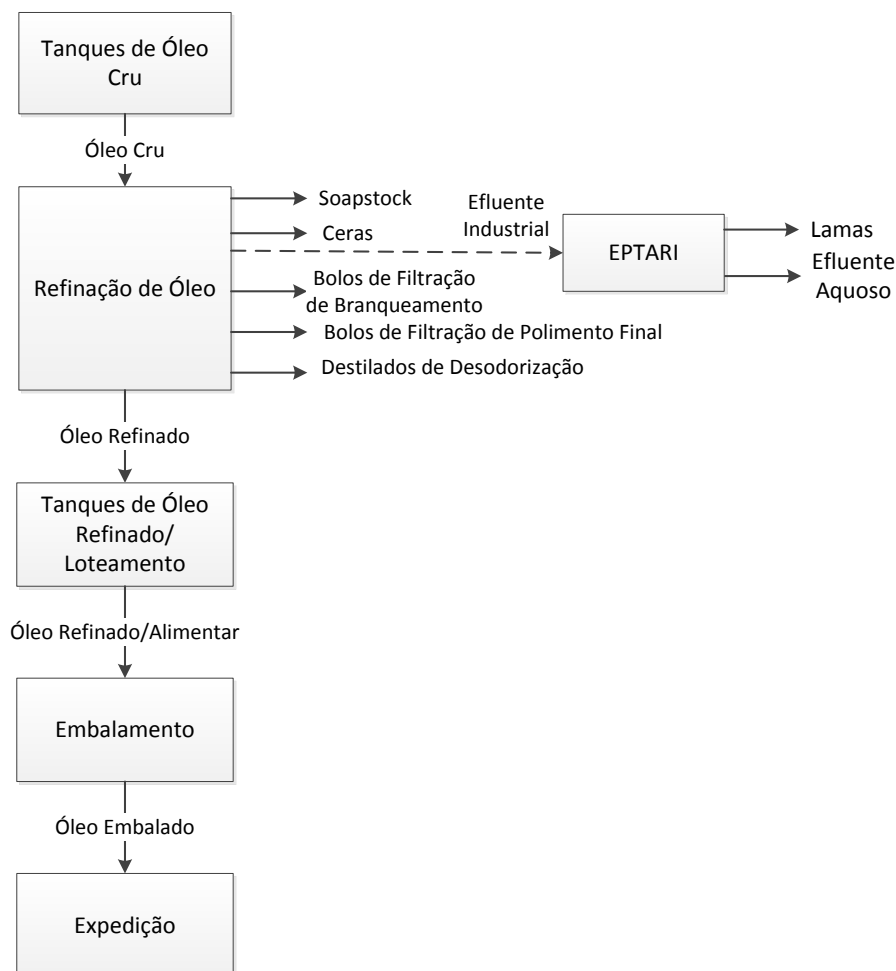


Figura 4.2: Fluxograma do processo de refinação de óleos vegetais

Os óleos refinados e embalados, de girassol, soja e colza, estão isentos de registos pelo disposto no n.º 9 do novo anexo V. O mesmo é aplicável às massas de neutralização (*soapstock*) e às ceras.

O n.º 9 do anexo V diz que estão isentos de registo “*As seguintes substâncias obtidas a partir de fontes naturais, se não forem quimicamente modificadas (...): Gorduras vegetais, óleos vegetais, ceras vegetais; gorduras animais, óleos animais, ceras animais; ácidos gordos de C₆ a C₂₄ e respectivos sais de potássio, sódio, cálcio e magnésio; glicerol*”.

Os destilados de desodorização, são constituídos maioritariamente por ácidos gordos, contudo não são abrangidos pela isenção do n.º 9 do anexo V por serem quimicamente modificados. Tendo em conta a gama de tonelagem em que estes são produzidos na instalação, o seu registo foi efectuado na fase que terminou a 1 de Junho de 2013.

As lamas formadas na estação de pré-tratamento de águas residuais industriais (EPTARI) são resíduo e por isso estão isentas de registo, segundo o ponto 2 do artigo 2º do Regulamento REACH, relativo à isenção de aplicação deste regulamento aos resíduos.

Os bolos de filtração do branqueamento estão isentos de registo, pois são uma mistura e

os seus componentes estão isentos de registo.

Os bolos de filtração do polimento final estão isentos de registo, pois são uma mistura e os seus componentes estão isentos de registo.

Todas estas informações devem ser compiladas numa base de dados, mantida sempre actualizada, em que se identifica as substâncias ou misturas em causa, os números de pré-registo e registo, quando aplicável e informações referentes a gama de tonelagem em que são produzidas, como é exemplificado na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Exemplo de base de dados do fabricante no âmbito do regulamento REACH

Produto	Destilados de Desodorização	Óleos Refinados
Substância/ Mistura	Substância	Substância
Instalação	Refinaria	Refinaria
Nº CAS	68476-80-2	8001-22-7 (soja) 8001-21-6 (girassol)
Nº EINECS	270-700-0	232-274-4 (soja) 232-273-9 (girassol)
Nº Pré-Registo	05-2118367002-XX	-
Nº de Registo	01-2119548381-XX	-
Justificação para ausência de registo	-	Isento: Anexo V, ponto 9 "óleos vegetais"
Produção (ton/ano)	100-1000	> 1000

Sempre que existir produção ou importação de novas substâncias ou misturas, é necessário verificar se é preciso efectuar o registo dessas substâncias ou misturas, e em caso afirmativo, proceder ao mesmo.

- **Comunicação de informação**

Sempre que existir produção ou importação de novas substâncias ou misturas sujeitas a registo no âmbito do Regulamento REACH, é importante que se estabeleça comunicação a jusante da cadeia de abastecimento para aferir junto dos utilizadores, as utilizações dadas à substância ou mistura em questão. Sempre que aplicável, o fabricante considera essas utilizações no relatório de segurança química para depois proceder ao registo da substância na ECHA.

Sempre que existir alguma alteração das características da substância, mistura ou artigo previamente registado, é necessário comunicar essa alteração à ECHA e a jusante da cadeia de abastecimento.

- **Obrigação de conservar a informação**

O Regulamento REACH obriga a manter toda a documentação associada ao registo atualizada e controlada. Assim, foi compilado um dossiê contendo os seguintes documentos:

- Comunicações com clientes, na fase de pré-registo, para proceder à identificação das utilizações dadas à substância registada;
- Relatório de submissão do pré-registo na ECHA;
- Documentos necessários à elaboração do dossiê de registo (análises, *Letter of Access*, comunicações com SIEF e clientes, entre outros);
- Relatório de registo na ECHA como comprovativo que o registo foi efectuado com sucesso;
- Fatura e respectivo comprovativo de pagamento das taxas e outros custos associados ao registo.

Todas estas informações devem ser mantidas durante um período mínimo de dez anos, como disposto no artigo 36.º deste regulamento.

- **Fichas de Dados de Segurança**

Sempre que uma substância registada, não seja considerada perigosa, a elaboração da sua FDS é opcional. Contudo, se existir uma FDS, esta deve ser mantida actualizada e qualquer alteração ou revisão da mesma, deve ser comunicada aos utilizadores da substância a jusante da cadeia de abastecimento.

No caso de o fabricante produzir uma substância perigosa, este é obrigado a elaborar uma FDS em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 453/2010.

4.2 Obrigações como Utilizador a Jusante

Apesar dos utilizadores a jusante não terem de efectuar o registo de substâncias, este regulamento afecta-os de diversas maneiras. As substâncias que não forem registadas deixam de poder ser comercializadas na União Europeia e as fichas de dados de segurança sofreram várias alterações, trazendo obrigações adicionais, entre outros.

De seguida, são apresentadas as obrigações da Sovena como utilizador a jusante e como proceder para o seu cumprimento.

- **Fichas de Dados de Segurança**

Em primeiro lugar, o utilizador a jusante deve garantir que possui uma ficha de dados de segurança de todos os produtos perigosos que utiliza, de forma a garantir que executa todos os procedimentos de segurança e medidas de gestão de riscos associados à utilização de determinada substância ou mistura.

O utilizador a jusante deve verificar se as FDS dos produtos que utiliza estão elaboradas em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 453/2010, que altera o anexo II, relativo à elaboração das fichas de dados de segurança, do Regulamento REACH.

Caso sejam fornecidos cenários de exposição em anexo à FDS, o utilizador a jusante deve verificar se a utilização que faz da substância é contemplada nos cenários de exposição e se for, se cumpre as condições de utilização seguras e se adopta as medidas de gestão de riscos recomendadas no respectivo cenário de exposição.

Se a utilização não estiver abrangida, ou for desaconselhada, poderá ser necessário elaborar um relatório de segurança química.

Foram analisadas 141 fichas de dados de segurança e elaborada uma base de dados, para avaliar se estavam elaboradas em conformidade com a regulamentação em vigor e verificados alguns pontos, com especial ênfase nos seguintes pontos: os identificadores químicos (nome químico, nº CAS e nº EINECS), o número de registo ou justificação para a sua ausência quando aplicável, se a utilização dada à substância ou mistura está abrangida nas utilizações especificadas na FDS, se estas se encontram redigidas em português, se é fornecido um cenário de exposição, entre outros parâmetros.

A tabela 4.2 apresenta alguns exemplos de fichas de segurança analisadas, com alguns campos mais relevantes da base de dados.

Tabela 4.2: Exemplo de base de dados do utilizador a jusante no âmbito do Regulamento REACH

Produto	Soda cáustica	Hidrogénio	Cola A	Lubrificante 1	Ácido fosfórico
Substância/ Mistura	Substância	Substância	Mistura	Mistura	Substância
Nome químico/ Substâncias perigosas	Hidróxido de sódio	Hidrogénio	Ceras parafínicas e de petróleo	Óleo base, não especificado	Ácido ortofosfórico
Nº CAS	1310-73-2	1333-74-0	8002-74-2	-	7664-38-2
Nº EINECS	215-185-5	215-605-7	232-315-6	-	231-633-2
Nº de Registo	01-2119457892-XX	-	01-2119488076-XX	-	01-2119484862-XX
Justificação para ausência de registo	-	Isento: Anexo IV	-	-	-
Sector de utilização	Refinaria	Laboratório	Embalamento	Manutenção	Refinaria
Utilização	Regulador de pH	Gás de análise	Cola	Lubrificante para engrenagens	Neutralização de óleos vegetais
Fornecedor	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Fornecedor D	Fornecedor E
Pictogramas	Corrosivo	Gás inflamável e Gás sob pressão	Não perigoso	Não perigoso	Corrosivo
Língua	PT ¹	PT	PT	PT	PT
Cenário de exposição	Sim	Não	Não	Não	Sim

¹ PT – Português

Verificou-se que algumas das FDS analisadas não cumpriam todos os requisitos, sendo os mais comuns: omissão de número de registo da substância e não apresentação de uma justificação para essa ausência, algumas fichas encontrarem-se total ou parcialmente escritas em língua estrangeira e o não envio dos cenários de exposição anexos às fichas de dados de segurança.

- **Comunicação de informação**

O utilizador a jusante tem a obrigação de comunicar a montante da cadeia de abastecimento sempre que possuir novas informações sobre os perigos associados a determinada substância ou mistura; se considerar insuficientes ou inadequadas as medidas de gestão de riscos propostas pelo fabricante na FDS da respectiva substância ou mistura ou se detectar inconformidades em qualquer ficha de dados de segurança.

- **Acesso dos trabalhadores à informação**

Como está disposto no artigo 35.º do regulamento, devem ser realizadas acções de formação e sensibilização, de forma a dar a conhecer a todos os trabalhadores, os perigos associados ao manuseamento e à exposição a substâncias ou misturas a que se encontram sujeitos no local de trabalho. Os trabalhadores também devem ter conhecimento das medidas de acção a tomar em situações acidentais (exposição elevada, derrames, entre outras).

Por razões de segurança, é também recomendado que seja afixado um resumo das FDS, nomeadamente no que toca a medidas de gestão de riscos e instruções de segurança, nos locais onde são utilizadas as substâncias ou misturas.

- **Obrigação de conservar a informação**

Toda a informação necessária para o cumprimento das obrigações incumbidas pelo Regulamento REACH, deve ser mantida arquivada e disponível durante um período mínimo de dez anos, tal como disposto no artigo 36.º deste regulamento.

No caso do utilizador a jusante, essas informações incluem as FDS de todos os produtos utilizados na instalação; declarações de cumprimento do Regulamento REACH, de isenção, autorização, restrição ou outras; e contactos e comunicações efectuadas com fornecedores.

5. REFINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS

Nos capítulos seguintes é estudado o processo de refinação do óleo de girassol da SOvena, principal consumidor de energia térmica nesta instalação.

O girassol, *Helianthus annuus*, é uma planta herbácea da família das compostas. É dotado de um caule fino e erecto que chega a ultrapassar os três metros de altura e a sua flor chega a ter um diâmetro de vinte centímetros. As flores são estéreis na periferia e férteis no centro que produzem sementes de onde é extraído o óleo. [7]

O óleo de girassol extraído das sementes é similar ao óleo de soja e de azeitona e é muito utilizado na cozinha e outras aplicações industriais, como para fabrico de alimentação animal.

Tal como a maior parte dos óleos vegetais, o óleo de girassol é maioritariamente constituído por ácidos gordos mono- e poli-insaturados (tabela 5.1).

Tabela 5.1: Composição média de ácidos gordos do óleo de girassol. Adaptada de [7]

Ácido Gordo	Composição (%)
Linocérico	0,4
Araquídico	0,6
Esteárico	2,9
Palmítico	3,5
Oleico	34,0
Linoleico	58,6

Para além dos ácidos gordos insaturados, o óleo de girassol é constituído por outros compostos, como ácidos gordos livres, pigmentos, metais pesados, resíduos de pesticidas e uma pequena fracção, denominada por fracção insaponificável, constituída por fosfolípidos, tocoferóis, esteróis e ceras. [8]

Os ácidos gordos livres causam cheiros e sabores indesejáveis no óleo e o seu conteúdo no óleo bruto depende da sua acidez. Quanto maior for a acidez do óleo, maior é a quantidade destes compostos no óleo e menor a sua qualidade. [7]

As ceras são ésteres de álcoois e ácidos gordos de cadeia longa que quando são submetidas a baixas temperaturas cristalizam, causando turvação no óleo. Os fosfatídeos, ou gomas, são ésteres fosfóricos de diglicerídeos que têm uma influência negativa na estabilidade, cor e gosto do óleo, logo têm de ser removidos ao máximo. [7]

Os materiais coloridos e pigmentos mais importantes são os carotenos e carotenoides (responsáveis por tons vermelhos) e a clorofila e derivados (tons verdes). A clorofila deve ser completamente removida, pois tem uma cor muito intensa que prejudica a qualidade do óleo, contudo os carotenos têm algum valor e devem ser conservados. [7]

5.1 Processo de Refinação

Após a extracção do óleo contido na semente, este ainda contém vários constituintes, como ácidos gordos, fosfatídeos, tocoferóis, esteróis, pigmentos e resíduos de pesticidas e metais pesados, que prejudicam a qualidade do óleo e são prejudiciais para a saúde humana. Por essa razão, o óleo sofre um processo de refinação para remover esses constituintes, evitando ao máximo a perda de ácidos gordos insaturados.

➤ Desgomagem e Neutralização

A desgomagem e a neutralização são etapas que normalmente se efectuam em conjunto e são o primeiro passo do processo de refinação.

O óleo é aquecido a uma determinada temperatura e é adicionado ácido fosfórico para remover os fosfatídeos. A sua remoção é conseguida através da hidratação dos fosfolípidos, de forma a reduzir a sua solubilidade no óleo e assim facilitar a sua remoção. [9]

A neutralização do óleo de girassol consiste em fazer reagir os ácidos gordos livres, responsáveis pela acidez do óleo, com uma solução diluída de soda cáustica. Os ácidos gordos transformam-se em sabões e podem assim ser removidos do óleo. O processo de neutralização também permite a remoção de fosfatídeos não hidratáveis. [9]

A separação dos sabões e dos fosfatídeos pode ser realizada por centrifugação, devido à diferença de densidades do óleo e das massas de neutralização (água com sabões e fosfatídeos).

➤ Winterização

Após a neutralização o óleo segue para a etapa de winterização, onde são removidas as partículas sólidas do óleo, como as ceras e as estearinas que causam turvação no óleo.

Nesta etapa, o óleo é arrefecido a baixas temperaturas em maturadores durante um certo tempo e é adicionada soda cáustica, o que permite a cristalização das ceras. Depois da maturação o óleo é ligeiramente aquecido para diminuir a viscosidade e é adicionada água para facilitar a separação das ceras do óleo. Finalmente a água e as ceras são separadas do óleo por centrifugação. [10]

Um óleo de girassol winterizado deve permanecer límpido, no mínimo 24 horas a 0°C. [7]

➤ Separação de Ceras

O efluente de ceras e água que é removida na etapa anterior de winterização é aquecido e misturado com ácido clorídrico e sulfúrico. As ceras dissolvem-se por acção da temperatura e a mistura de ácidos facilita a sua separação da água.

A mistura é depois separada por decantação, devida à diferença de densidades dos dois líquidos.

➤ **Lavagem**

Mesmo após estas etapas, ainda existem vestígios de sabões no óleo, pelo que é necessária uma lavagem final.

Para remover estes vestígios e o excesso de soda cáustica adicionada anteriormente, o óleo é lavado com água quente para dissolver estes sabões. O óleo e a fase aquosa podem ser removidos por centrifugação, devido à diferença de densidades.

➤ **Branqueamento**

O branqueamento do óleo consiste num processo de adsorção com terras de branqueamento. O objectivo desta etapa é remover os compostos que dão cor ao óleo (clorofila e carotenos), assim como vestígios de matéria insaponificável, como sabões e fosfatídeos.

As terras de branqueamento são normalmente activadas por via ácida ou por acção do calor. As terras de origem natural contêm grandes quantidades de metais na sua composição que limitam a capacidade de adsorção e por isso são alvo de um tratamento ácido para a remoção desses metais e outros que possam estar presentes no óleo. [9], [10]

➤ **Desodorização**

A etapa de desodorização tem como objectivo reduzir a quantidade de ácidos gordos livres, garantindo a obtenção de um óleo praticamente isento de cor, odor e sabor e eliminar os peróxidos de forma a aumentar a estabilidade do óleo. [9]

A eliminação destes compostos é efectuada sob vácuo e o óleo é aquecido a altas temperaturas, permitindo a evaporação dos ácidos gordos livres, que são mais voláteis, sem danificar o óleo. Os ácidos gordos livres são retirados do desodorizador por injeção de vapor de arraste e posteriormente condensados. [9]

➤ **Polimento Final**

Após a desodorização e um arrefecimento do óleo, este é deixado repousar em maturadores. De seguida é efectuada uma última filtração para remoção de vestígios de compostos indesejados que ainda se encontrem no óleo e segue para os tanques de armazenamento.

Também é adicionado azoto para aumentar o período de resistência do óleo à reversão de odores e sabores e melhorar a sua estabilidade.

5.2 Diagrama de Blocos

O diagrama de blocos permite representar por um bloco cada operação unitária ou etapa de um processo industrial. Os blocos estão ligados entre si por linhas que representam a transferência de componentes entre blocos. O processo de refinação de óleos vegetais da Sovena é representado de forma simplista pelo diagrama de blocos da figura 5.1.

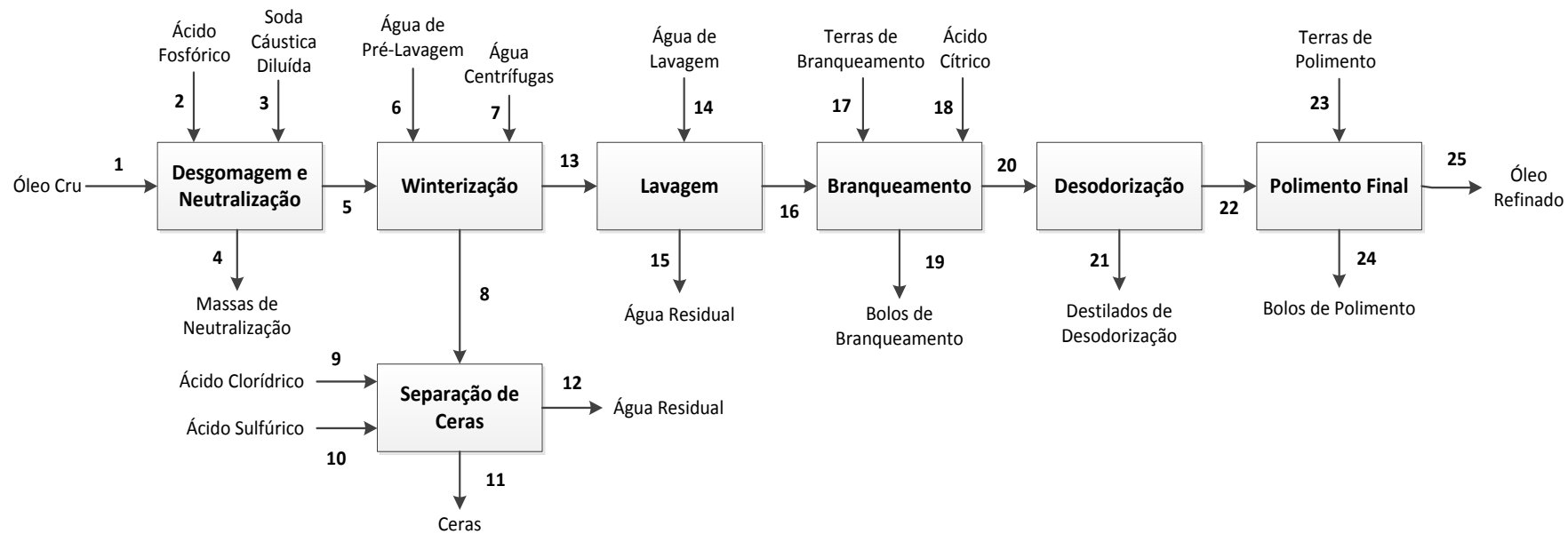


Figura 5.1: Diagrama de blocos do processo de refinação do óleo de girassol

5.3 Balanço Mássico

O balanço de massa é uma parte essencial num estudo e na monitorização de uma unidade industrial, pois é a partir deste que se determinam as quantidades consumidas e produzidas na unidade de produção. É também a partir deste balanço que se dimensionam os equipamentos necessários e as suas características.

Para a realização de um balanço de massa é necessário ter em conta a lei de conservação da massa, que é dada por:

$$Massa_{entra} + Massa_{gerada} = Massa_{sai} + Massa_{consumida}$$

Foi efectuado o balanço de massa ao processo com base nos consumos específicos de matérias subsidiárias e nos seguintes pressupostos:

- Base de cálculo: 15 ton/h de alimentação de óleo bruto;
- Óleo com 1,5% de acidez;
- A quantidade de azoto adicionada foi desprezável por não ter impacto no cálculo do balanço de massa;

Tendo como base a numeração apresentada na figura 5.1, o resultado obtido para o balanço encontra-se na tabela seguinte (todos os valores apresentados encontram-se expressos em kg/h).

Tabela 5.2: Balanço de massa ao processo de refinação de óleo de girassol

N.º	Fluxo	Desgomagem e Neutralização		Winterização		Lavagem		Branqueamento		Desodorização		Polimento Final		Separação de Ceras	
		Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
1	Óleo bruto	15000													
2	Ácido fosfórico	15													
3	Soda cáustica diluída	848													
4	Massas de neutralização		1238												
5	Óleo neutro		14625	14625											
6	Água de pré-lavagem			585											
7	Água centrífugas			1051											
8	Efluente de winterização				1794									1794	
9	Ácido sulfúrico													8	
10	Ácido clorídrico													15	
11	Água residual														1636
12	Ceras														158
13	Óleo winterizado				14467	14467									
14	Água de lavagem					1447									

N.º	Fluxo	Desgomagem e Neutralização		Winterização		Lavagem		Branqueamento		Desodorização		Polimento Final		Separação de Ceras	
		Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
15	Água residual						1447								
16	Óleo lavado						14467	14467							
17	Terras branqueamento							15							
18	Ácido cítrico							3							
19	Bolos de branqueamento								25						
20	Óleo branqueado								14460	14460					
21	Destilados de desodorização										29				
22	Óleo desodorizado										14431	14431			
23	Terras de polimento											36			
24	Bolos de polimento												50		
25	Óleo refinado												14380		

O rendimento do processo de refinação, pode ser calculado pela fórmula 5.1.

$$\eta = \frac{\text{Quantidade óleo refinado}}{\text{Quantidade óleo bruto}} \times 100\% \quad (5.1)$$

Com base na fórmula de cálculo acima, o rendimento do processo de refinação é de 95,9%.

Na refinaria é utilizada a fórmula 5.2, para estimar a percentagem de perdas no processo de refinação e dessa forma saber a quantidade mínima de óleo que se espera obter.

$$\% \text{ Perdas} = 1,8 \times \text{Acidez} + 1,5 \quad (5.2)$$

O factor 1,8 representa as perdas na etapa de neutralização do óleo e o factor de 1,5 representa outras perdas, como as perdas devido a impurezas, humidade, arraste de óleo com as ceras, destilados e nas filtrações e outras perdas fortuitas como gotejamento por mal ligação de uma tubagem, ou outras.

Com base na fórmula 5.2, seria espectável uma percentagem de perdas de 4,2%, que leva a um rendimento de 95,8%. Desta forma, é possível concluir que o rendimento do processo está conforme o teórico.

5.4 BALANÇO DE ÁGUA

No processo de refinação de óleos vegetais é utilizada água para arrefecimento do óleo vegetal, produção de vácuo e de vapor e para lavagem do óleo.

5.4.1 Água Doce

A água doce utilizada no processo tem três funcionalidades: alimentação às caldeiras para produção de vapor, para refrigeração de equipamentos e do óleo e para utilização no processo de refinação, nomeadamente na lavagem e pré-lavagem do mesmo.

A água de alimentação às caldeiras sofre um tratamento, para retirar todas as partículas e compostos indesejados e segue para a central de produção de vapor.

A água utilizada no circuito de arrefecimento é alimentada a duas torres de refrigeração para ser alimentada a dois permutadores e um grupo de frio e posteriormente retornada à torre, em circuito aberto. Devido a perdas por evaporação e à realização de purgas periódicas, existe uma reposição automática do nível.

A água para a pré-lavagem é tratada por descalcificação e armazenada num tanque para o efeito. A água para a lavagem é adicionada ao tanque de recolha dos condensados. Sempre que necessário é injectado vapor directo no tanque para a mistura atingir a temperatura desejada.

Não existindo equipamentos de medição do caudal de água que circula nos permutadores, foi calculado o caudal de água doce necessária nos permutadores de arrefecimento de óleo

para uma eficiência de transferência de calor de 100%

5.4.2 Água Salgada

No processo é utilizada água salgada no sistema de vácuo da refinaria, para produção de vácuo nos vários equipamentos e num permutador para arrefecimento do óleo desodorizado. A água salgada utilizada no processo é captada do rio.

Depois de utilizada, a água salgada que serve para gerar o vácuo segue para uma fossa, onde é decantada para remover restos de gordura e posteriormente é enviada de volta ao rio. A água que é utilizada no permutador é enviada directamente para o rio.

Como não é possível determinar o caudal instantâneo de água salgada que está a ser consumido, num dado momento, nas várias etapas em que é utilizada, foi calculado o caudal de água salgada necessário no permutador de arrefecimento de óleo para uma eficiência de transferência de calor de 100%.

5.4.3 Água Glicolada

Na refinaria existe uma central de produção de água glicolada, necessária a alguns equipamentos para promover o arrefecimento do óleo em determinadas etapas do processo de refinação. A central é constituída por dois chillers e dois reservatórios e toda a rede de tubagens e equipamentos encontram-se isolados.

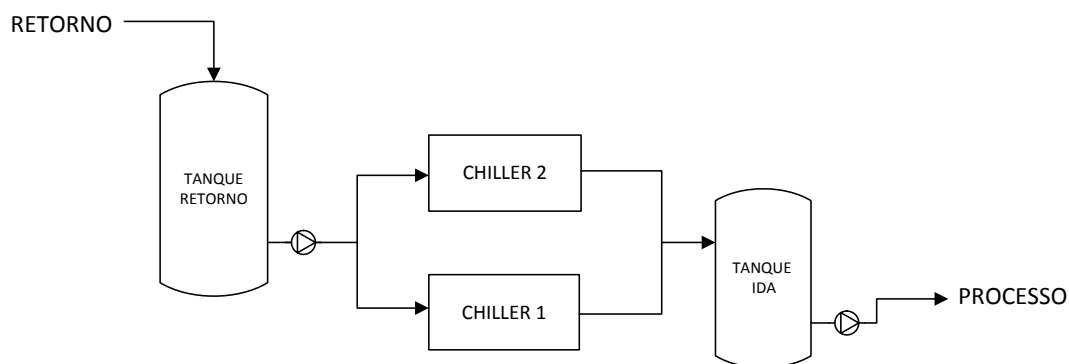


Figura 5.2: Diagrama da central de produção de água glicolada

A água glicolada é arrefecida num chiller eléctrico e segue para permutadores de arrefecimento do óleo, na etapa de winterização e na etapa do polimento final. A água glicolada circula em ciclo fechado, depois de ser utilizada nos permutadores retorna aos chillers para voltar a ser refrigerada.

Não sendo possível medir o caudal de água glicolada que está a ser utilizada em determinado instante, o seu valor foi determinado assumindo uma eficiência de permuta de calor de 100% nas mesmas condições em que foi efectuada a medição.

Contudo, a quantidade de água glicolada é dependente da temperatura a que esta se encontra e da temperatura do óleo. Se a temperatura do óleo for mais elevado, é necessário

uma maior quantidade de água ou se esta estiver a ser produzida a uma temperatura superior.

5.4.4 Condensados de Vapor

Os condensados de vapor são recuperados com recurso aos purgadores de vapor e colectados num tanque. O volume do tanque é completado até à sua capacidade máxima com água fria descalcificada e aquecido à temperatura desejada com vapor directo.

A mistura de condensados e água do tanque é utilizada para realizar a lavagem do óleo e na etapa de winterização.

As águas que saem da winterização seguem para a separação de ceras e este efluente final juntamente com a água de lavagem seguem para tratamento na EPTARI da instalação.

O correcto funcionamento dos purgadores de vapor pode melhorar a recuperação de condensados, diminuindo as perdas de vapor *flash* e consequentemente a quantidade de água doce fria a adicionar ao tanque.

6. ENERGIA TÉRMICA

6.1 Balanço Energético

Um balanço energético permite determinar a quantidade de energia a fornecer ou a retirar de um equipamento de uma unidade industrial. O conhecimento da quantidade de calor a transferir de ou para cada equipamento é parte integrante do seu dimensionamento e permite a optimização energética da unidade de produção.

Tal como a massa, a energia também é conservada, obedecendo à seguinte lei de conservação da energia:

$$Energia_{sai} = Energia_{entra} + Energia_{gerada} - Energia_{consumida} - Energia_{acumulada}$$

Se o termo de acumulação for nula, o sistema encontra-se em estado estacionário e o seu conteúdo não se altera com o tempo.

Para a resolução de um balanço de energia é necessário conhecer as propriedades termodinâmicas dos vários compostos presentes no processo, nomeadamente as entalpias de mudança de fase e o calor específico. As propriedades das utilidades utilizadas no processo, para aquecimento e arrefecimento do óleo são apresentadas nas tabelas 6.1 e 6.2.

Tabela 6.1: Calor específico dos vários tipos de água utilizados

	Calor específico (kcal/kg °C)
Água doce	1,000
Água glicolada	0,999
Água salgada	0,951 [11]

Tabela 6.2: Propriedades termodinâmicas do vapor a várias pressões [12]

	Calor específico (kcal/kg °C)	Entalpia de condensação (kcal/kg)
Vapor 3 bar	0,524	-516,78
Vapor 40 bar	0,904	-409,24

De uma forma genérica, o calor envolvido num equipamento em que não ocorre reacção química, é dado pela equação 6.1. No caso dos equipamentos que utilizam vapor para o aquecimento, o calor é pela sua condensação, logo é necessário contabilizar essa energia.

$$Q = m_i \int_{T_e}^{T_s} C_{p_i}(T) dT \pm m_i \Delta H_{cond,i} \quad (6.1)$$

em que,

- Q – Calor necessário fornecer ou remover do equipamento [kcal/h];

- m_i – Caudal mássico do composto i [kg/h];
- T_e – Temperatura à entrada do equipamento [°C];
- T_s – Temperatura à saída do equipamento [°C];
- C_{p_i} – Calor específico do composto i [kcal/kg °C];
- $\Delta H_{cond,i}$ – Entalpia de condensação do composto i [kcal/kg].

O calor específico é uma propriedade das substâncias que assume valores diferentes para diferentes temperaturas. Como tal, através dos valores de calor específico do óleo de girassol a várias temperaturas foi possível determinar a equação 12.1 que traduz a variação do calor específico com a temperatura (ver Anexo 2).

Assim, substituindo a equação 12.1 na equação 6.1, o calor necessário fornecer ou remover do óleo é dado pela equação seguinte.

$$Q = m_i \int_{T_e}^{T_s} (0,0008T + 0,425) dT \pm m_i \Delta H_{cond,i} \quad (6.2)$$

O óleo está sujeito a várias mudanças de temperatura ao longo de todo o processo de refinação, logo é importante avaliar a eficácia das trocas de calor efectuadas nos vários equipamentos para uma maior rentabilização da energia térmica.

6.1.1 Permutadores de Calor

Os permutadores de calor são equipamentos que permitem a transferência de energia térmica de uma corrente para outra, a temperaturas diferentes.

Existem vários tipos diferentes de permutadores disponíveis no mercado, que se distinguem em pormenores constructivos. Os permutadores mais utilizados na indústria são os permutadores de feixe tubular de invólucro e tubos, permutadores de placas e caixilhos e os permutadores de contacto directo.

No processo de refinação são utilizados vários permutadores, sendo na sua maioria, do tipo permutador de placas e um do tipo feixe tubular.

Um permutador de placa é constituído por uma série de chapas finas e onduladas de metal, entre as quais se formam canais por onde circulam o fluido quente e o frio em canais alternados. A transferência de calor ocorre do fluido quente para o fluido frio em canais adjacentes ao longo da placa.

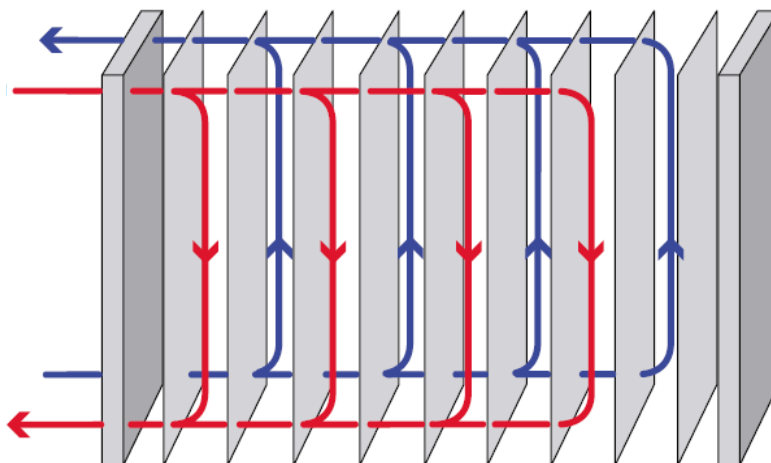


Figura 6.1: Esquema de um permutador de calor de placa. Adaptado de [13]

O padrão ondulado de saliências aumenta a rigidez das placas e proporciona maior suporte contra pressões diferenciais. Este padrão também cria um fluxo turbulento nos canais, aumentando a eficiência da transferência de calor, o que torna o permutador de placas mais compacto que um permutador de invólucro e tubos. O fluxo turbulento elimina a presença de zonas estagnadas, reduzindo a ocorrência de *fouling*. [13]

O fenómeno de *fouling* consiste no aparecimento e acumulação de impurezas nos equipamentos, formando incrustações. Este fenómeno, em permutadores de calor, reduz a área disponível para a transferência de calor e consequentemente a eficiência dos mesmos e provoca corrosão.

Os permutadores operam todos em contracorrente, o que é energeticamente mais vantajoso. Isto deve-se ao facto de para a mesma temperatura de entrada e de saída das correntes, o valor da média logarítmica de variação de temperatura é superior ao da operação em cocorrente, o que leva a um valor de área necessária de transferência de calor menor.

De forma a avaliar a eficácia da transferência de calor nos vários permutadores de calor, procedeu-se à determinação do coeficiente global de transferência de calor real e à comparação deste com o coeficiente global de transferência de calor considerado no projecto.

O coeficiente global de transferência de calor é a medida da capacidade global de uma série de barreiras conductivas e convectivas para transferirem calor. No caso dos permutadores de calor, pode ser utilizado para determinar a transferência de calor entre duas correntes, através da equação apresentada em baixo.

$$Q = U \times A \times \Delta T_{ml} \Leftrightarrow U = \frac{Q}{A \times \Delta T_{ml}} \quad (6.3)$$

Em que,

- Q – Quantidade de calor transferida [kcal/h]
- U – Coeficiente global de transferência de calor [kcal/m² h °C];

- A – Área disponível para a transferência de calor [m²];
- ΔT_{ml} – Média logarítmica da diferença de temperatura [°C].

A temperatura para a transferência de calor é calculada pela média logarítmica da diferença de temperatura dos fluidos à entrada e à saída do permutador.

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_i - t_f) - (T_f - t_i)}{\ln\left(\frac{T_i - t_f}{T_f - t_i}\right)} \quad (6.4)$$

Em que,

- T_i – Temperatura de entrada do fluido quente [°C];
- T_f – Temperatura de saída do fluido quente [°C];
- t_i – Temperatura de entrada do fluido frio [°C];
- t_f – Temperatura de saída do fluido frio [°C].

Em certos permutadores não foi possível medir o caudal de fluido de aquecimento ou de refrigeração envolvido na permuta, portanto procedeu-se ao seu cálculo. Para fluidos em que não ocorra mudança de estado físico, o caudal pode ser determinado pela equação:

$$M = \frac{Q}{C_p \times \Delta T} \quad (6.5)$$

Em que,

- M – Caudal mássico do fluido de aquecimento ou de refrigeração [kg/h];
- Q – Quantidade de calor transferida [kcal/h];
- C_p – Calor específico do fluido de aquecimento ou de refrigeração [kcal/kg °C];
- ΔT – Diferença de temperatura do fluido de aquecimento ou de refrigeração [°C].

No caso de fluidos em que exista mudança de fase, neste caso a condensação do vapor, o caudal necessário à transferência de calor é dado por:

$$M = \frac{Q}{\Delta H_{cond}} \quad (6.6)$$

Em que,

- M – Caudal mássico do fluido de aquecimento ou de refrigeração [kg/h];
- Q – Quantidade de calor transferida [kcal/h];
- ΔH_{cond} – Entalpia de condensação do fluido de aquecimento [kcal/kg]

Na refinaria da Sovena são utilizados vários permutadores de calor de óleo/óleo, óleo/água e óleo/vapor, para efectuar o arrefecimento ou aquecimento do óleo. De seguida é explicada a operação que ocorre em cada permutador, utilizando a nomenclatura adoptada da

empresa.

Para este estudo não foram contemplados dois permutadores a vapor que só são utilizados em situação de arranque do processo ou quando os permutadores não conseguem atingir a temperatura desejada.

Permutador 5A

Neste permutador realiza-se o aquecimento do óleo bruto, proveniente dos tanques de armazenamento. Para realizar o aquecimento, o óleo bruto é permutado com óleo desodorizado proveniente do permutador 59A no circuito de arrefecimento.

Permutador 4

Como não é atingida a temperatura necessária com o permutador anterior, procede-se ao aquecimento até à temperatura desejada com vapor. Este permutador também é usado aquando do arranque do processo, mas nesse caso o permutador anterior não se encontra em operação e o aquecimento é todo realizado neste permutador.

Permutador 59

Após a etapa de neutralização do óleo é necessário arrefecê-lo para promover a cristalização das ceras. É adicionada a água que juntamente com o óleo são arrefecidos com óleo já winterizado, proveniente das centrífugas e que está a ser aquecido para a etapa de lavagem.

Permutador 62, 62A e 62B

Após o arrefecimento realizado no permutador 59, o caudal de óleo e água é dividido por três permutadores de características iguais para continuar a ser arrefecido. O arrefecimento é realizado por permuta com o óleo winterizado que saiu dos maturadores e que vai para as centrífugas para a remoção das ceras.

Permutador 60

Neste permutador ocorre o arrefecimento final do óleo, antes de este seguir para os maturadores. Este arrefecimento é realizado com recurso a água glicolada.

Permutador 59A

Ocorre o aquecimento final do óleo para a etapa de lavagem, proveniente do permutador 59 da winterização. O fluido que realiza o aquecimento é óleo desodorizado, oriundo do permutador 621.

Permutador 621 e 681A

No início do processo de branqueamento, o caudal de óleo lavado é dividido em dois. Uma parte segue para o permutador 621 onde é aquecido com óleo desodorizado, procedente do Alfa-Rex 1, pois o óleo perde temperatura na etapa de lavagem e a outra parte segue para o permutador 681A, onde é ligeiramente arrefecido para carregar e activar as terras de

branqueamento.

Permutador Alfa-Rex 1 e 2

Após o branqueamento do óleo é necessário aquece-lo para a etapa de desodorização, que ocorre a altas temperaturas. Assim o óleo passa através de dois permutadores de alta temperatura em que é aquecido por permuta com óleo proveniente da desodorização e que se encontra a ser arrefecido numa série de permutadores para a etapa de polimento.

Permutador de Destilados

Durante a desodorização, os destilados resultantes vão sendo removidos e armazenados num tanque. Contudo, até se atingir a capacidade do tanque, os destilados são recirculados para o desodorizador. Antes de voltarem a entrar no desodorizador são arrefecidos com água doce refrigerada.

Permutador 8

Após a desodorização, o óleo necessita de ser arrefecido para a última etapa do processo de refinação. Este arrefecimento é conduzido numa série de permutadores, os Alfa-Rex 1 e 2, P-621, P-59A e P-5A, que já foram discutidos mais acima e termina com este permutador que arrefece o óleo proveniente do P-5A, com água salgada.

Permutador Final 1 e 2

No permutador final 1, o óleo desodorizado continua a ser arrefecido para a realização do polimento, com a permuta de calor a ser realizada com óleo refinado vindo do polimento. No permutador final 2, é efectuado o último arrefecimento ao óleo com destino ao polimento final, utilizando água glicolada para esse efeito.

Na tabela 6.2 apresentam-se o resultado dos balanços de energia efectuados aos vários equipamentos em que ocorre permuta de calor.

Importa salientar que para o cálculo do calor envolvido na permuta, os valores de caudais de óleo utilizados são valores teóricos, obtidos do balanço de massa e os valores de temperatura são valores retirados dos painéis de controlo do processo e de medições efectuados no local com um termómetro de infravermelhos no decorrer do processo, que podem oscilar ao segundo.

Nos permutadores que usam fluxos de utilidades (vapor ou água) para realizar o aquecimento ou arrefecimento, não foi possível medir o caudal que estava a ser utilizado, por isso foram calculados para uma eficiência de permuta de calor de 100%, nas condições medidas.

Tabela 6.3: Resultados da avaliação energética aos permutadores de calor

	Q (kcal/h)	ΔT_{ml} (°C)	U (kcal/m² h °C)
P-5A	243 735	9	271,66
P-4	72 629	53	176,72
P-59	354 846	15	146,82
P-62	15 410	13	158,31
P-62A	15 410	13	158,31
P-62B	15 410	13	158,31
P-60	100 666	4	208,15
P-59A	88 025	13	382,89
P-621	78 702	19	223,40
P-681A	13 570	25	211,63
AR-1	334 315	20	219,51
AR-2	543 653	20	362,40
Destilados	134 330	38	404,42
P-8	102 307	25	230,99
PF-1	23 709	13	102,20
PF-2	108 693	16	135,27

De forma a avaliar a eficiência dos permutadores de calor, comparam-se os valores de coeficiente de transferência de calor obtidos (tabela 6.3) para as condições medidas, com os coeficientes de transferência de calor constantes nos projectos.

Verificou-se que apenas um permutador, o P-60, apresenta um valor de coeficiente global de transferência de calor real (condições medidas) superior ao valor nas condições de projecto. Isto deve-se ao facto de a média logarítmica da diferença de temperatura real ser inferior à verificada nas condições de projecto.

Nos restantes permutadores o valor do coeficiente de transferência de calor real é menor do que o valor considerado nas condições de projecto, pois apresentam uma média logarítmica de variação da temperatura superior à considerada nas condições de projecto.

Apesar da diferença de valores, os coeficientes globais de transferência de calor reais e de projecto são semelhantes à excepção do permutador P-4 que apresenta um valor de coeficiente global de transferência de calor bastante inferior ao de projecto. Isto deve-se ao facto de o permutador se encontrar dimensionado para condições de arranque do processo, em que as condições de aquecimento do óleo são bastante diferentes das verificadas durante o processo normal, em que a variação de temperatura é muito menor.

Embora os permutadores estejam a funcionar em condições diferentes das consideradas nos projectos, o óleo atinge a temperatura desejada em cada etapa do processo, sem recorrer à utilização adicional de utilidades, como por exemplo o recurso aos permutadores de arranque para realizar aquecimentos extra do óleo.

Assim, apesar destes resultados concluiu-se que os permutadores se encontram a operar de forma eficiente, não necessitando de qualquer medida de optimização.

6.1.2 Desodorizador

Neste equipamento não ocorre uma permuta térmica. O óleo é carregado no topo da coluna de desodorização e ao longo do seu percurso ao longo da torre de desodorização vai perdendo energia. Existe a adição de um caudal de vapor muito pequeno nos vários andares da torre, apenas para promover a saída dos destilados.

6.2 Caldeira de Vapor de Alta Pressão

A refinaria está equipada com uma caldeira alimentada a gás natural para produção de vapor de alta pressão.

O gás natural é um combustível gasoso, constituído maioritariamente por metano (mais de 80%) e outros alcanos leves como o etano, propano e butano. É uma fonte de energia mais limpa quando comparado com o petróleo, a lenha ou o carvão.

A combustão é uma reacção química que consiste na combinação de oxigénio com os elementos de um combustível, com ocorrência de libertação de energia térmica.



Os produtos de combustão do gás natural consistem essencialmente em dióxido de carbono (CO₂), vapor de água (H₂O), monóxido de carbono (CO) e óxidos de azoto (NO_x).

A maior quantidade de energia térmica libertada ocorre quando se dá a combustão completa do combustível que está a ser queimado. A combustão completa consiste na conversão de todo o carbono e hidrogénio presente no combustível em dióxido de carbono e água.

Uma combustão estequiométrica consiste na ocorrência da combustão completa nas condições ideais, em que o ar adicionado é somente o estritamente necessário para queimar todo o combustível. Contudo, a combustão estequiométrica é complicada de ocorrer na prática, pois é difícil de regular e por isso opta-se por utilizar um excesso de ar para garantir a combustão completa do combustível.

O excesso de ar utilizado deve ser o menor possível. Um elevado excesso de ar provoca um aumento da temperatura dos gases e, conseqüentemente, um aumento das perdas de energia pela chaminé.

A combustão de combustíveis gasosos é mais fácil que a combustão de líquidos e sólidos, pois basta garantir a mistura do ar (que contém o oxigénio necessário à queima) e o gás a queimar e uma simples faísca eléctrica para iniciar a combustão.

Na indústria são utilizados dois tipos de caldeiras para produção de vapor: caldeiras aquatubulares e caldeiras piro-tubulares.

As caldeiras piro-tubulares funcionam ao inverso, a câmara de combustão está cheia de água e possui tubos por onde circulam os produtos da combustão, que aquecem a água. Nas caldeiras aquatubulares, encontram-se tubos dispostos no interior da fornalha por onde circula água. Estes tubos estão expostos às chamas, provocando a vaporização da água.

A caldeira de produção de vapor de alta pressão instalada na refinaria é do tipo aquatubular.

6.2.1 Rendimento da combustão

O rendimento da combustão é influenciado por perdas de energia que podem ter várias origens distintas, das quais se destacam:

- Perda por combustível não queimado

Esta perda surge se forem detectados produtos combustíveis por queimar nos gases de exaustão. Assim, parte da energia que se poderia obter é perdida pela chaminé.

No caso do gás natural esta perda traduz-se num valor alto de CO nos gases, representando uma combustão incompleta.

- Perda pela chaminé

É a principal perda dos geradores de calor e corresponde à energia contida nos gases de combustão que são enviados para a atmosfera a temperaturas elevadas.

Esta perda pode ser reduzida por diminuição do excesso de ar e por diminuição da temperatura de saída dos gases através, por exemplo, da instalação de um economizador que permite a recuperação desta energia dos gases para aquecer uma corrente fria.

- Perda por condução, convecção e radiação

Estão associadas a trocas de calor entre a tubagem ou equipamento e o meio ambiente, resultando em perdas de energia. São muito difíceis de quantificar, pois dependem de muitas variáveis.

Estas perdas podem ser minimizadas mantendo o circuito (corpo da caldeira, tubagens e válvulas) provido de isolamentos térmicos eficientes.

O rendimento da combustão pode ser determinado pela quantificação das perdas de calor sensível nos gases de exaustão, visto serem as maiores perdas verificadas em caldeiras de vapor e podem ser determinadas pela equação seguinte.

$$P_s = (T_{gás} - T_{amb}) \times \left(\frac{A1}{CO_2} + B \right) \quad (6.7)$$

Onde,

- P_s – Perdas de calor sensível nos gases de exaustão (%);
- $T_{gás}$ – Temperatura dos gases de exaustão [°C];
- T_{amb} – Temperatura do ar ambiente [°C];
- A1 e B – Factores característicos do tipo de combustível;
- CO_2 – Quantidade de CO_2 nos gases de exaustão.

Foi efectuada uma comparação entre o valor teórico e o rendimento da combustão obtido

pela análise dos gases de fumo, utilizando uma sonda para esse efeito.

Tabela 6.4: Rendimento de combustão

Rendimento Teórico	Rendimento Medido
85 %	84 %

É possível verificar que o rendimento medido está bastante próximo do rendimento teórico. Pode-se então concluir que a caldeira se encontra a funcionar correctamente, não sendo necessária qualquer medida de optimização.

6.2.2 Aquecedor Final

O vapor de alta pressão produzido na caldeira é utilizado para efectuar o aquecimento final ao óleo (depois de este sair do permutador Alfa-Rex 2), antes da etapa de desodorização e é realizado num equipamento denominado aquecedor final. Este equipamento é munido de uma serpentina por onde circula o vapor.

Foi determinada a eficiência da troca de calor entre o óleo e o vapor que circula no interior da serpentina pela fórmula 6.8.

$$E = \frac{Q_q}{Q_f} \quad (6.8)$$

Em que,

- E - Eficiência da permuta térmica;
- Q_q – Calor necessário fornecer ao sistema [kcal/h];
- Q_f – Calor fornecido ao sistema [kcal/h].

O calor libertado na combustão de gás natural e que é transferido para o vapor, é dado pela equação:

$$Q = C_{GN} \times PCI_{GN} \quad (6.9)$$

Em que,

- Q – Calor libertado na combustão [kcal/h];
- C_{GN} – Consumo de gás natural [Nm^3/h];
- PCI_{GN} – Poder calorífico inferior do gás natural [kcal/ Nm^3]

O calor necessário para o aquecimento do óleo é dado pela equação 6.2 e a eficiência da permuta de calor é obtida pela equação 6.8.

Tabela 6.5: Eficiência energética do aquecedor final

	Q (kcal/h)	ΔT (°C)	Eficiência (%)
Óleo	286 176	32	83
Gás Natural	344 721	-	

Determinou-se que o aquecimento do óleo vegetal com vapor de alta pressão tem uma eficiência de 83%.

Tendo em conta que o valor do rendimento de combustão é de 84%, pode-se considerar 1% de perdas por radiação/condução, sendo este um valor muito bom para este tipo de instalação. A caldeira encontra-se a funcionar correctamente, não necessitando de qualquer optimização.

6.3 Purgadores de Vapor

Os purgadores de vapor são equipamentos automáticos que permitem separar e eliminar o condensado que se forma nas tubagens de vapor e em aparelhos de aquecimento, sem deixar escapar o vapor. Estes dispositivos permitem também a eliminação de ar e outros gases incondensáveis, como o dióxido de carbono.

Os purgadores de vapor são utilizados em dois casos, para a eliminação de condensado formado nas tubagens de vapor e para reter o vapor em aparelhos de aquecimento, deixando apenas sair o condensado.

O condensado forma-se nas tubagens em consequência das perdas de calor por radiação ao longo das tubagens, do arrastamento de água proveniente da caldeira ou por precipitação da própria humidade. Em equipamentos de aquecimento (permutadores, serpentinas, aquecedores a vapor, etc.), o condensado forma-se devido à perda de calor do vapor. [14]

A presença de condensado nas linhas de vapor é bastante prejudicial e deve ser efectuada a sua purga de forma a:

- ✓ Conservar a energia do vapor, pois o condensado não tem acção motora nem acção aquecedora eficiente;
- ✓ Evitar vibrações e golpes de aríete nas tubagens, devido ao arraste do condensado pelo vapor que circula a uma velocidade muito elevada; [14]
- ✓ Diminuir os efeitos de erosão e corrosão das tubagens, causados pelo impacto das gotas de condensado e pela formação de ácido carbónico (altamente corrosivo) através da reacção do condensado (água) com dióxido de carbono, que pode estar presente no vapor; [14]
- ✓ Evitar o arrefecimento do vapor, pelo contacto com o condensado, o ar e outros gases.

A escolha do purgador mais adequado a um determinado processo ou operação depende de inúmeros factores, nomeadamente da pressão e temperatura do vapor, quantidade de condensado a ser eliminada, ocorrência de vibrações, entre outros. Os purgadores de vapor podem ser divididos em três categorias gerais: purgadores mecânicos, purgadores termostáticos e purgadores especiais. [14]

Purgadores Mecânicos

Nos purgadores de vapor mecânicos a separação do condensado e do vapor ocorre devido à diferença de densidade. Os principais tipos de purgadores mecânicos são:

- **Purgadores de bóia**

Consiste numa caixa com uma entrada de vapor e uma saída de condensado, em que a saída do condensado é controlada por uma válvula comandada por uma bóia flutuante (figura 6.2). Na presença de condensado, a bóia flutua levando à abertura da válvula e permitindo a saída do condensado. É utilizado para retenção de vapor à saída de equipamentos de aquecimento. [14]

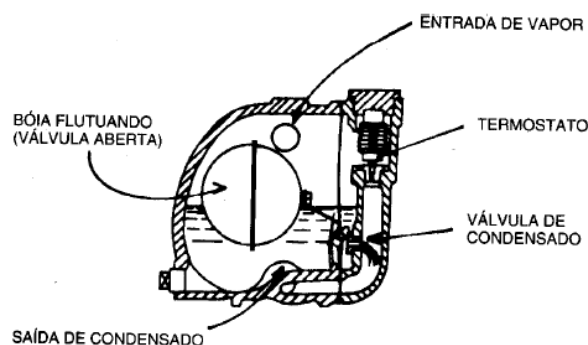


Figura 6.2: Purgador de bóia [14]

Este purgador não permite a eliminação de ar e outros gases incondensáveis, não pode operar a pressões muito elevadas e pode operar com descarga contínua ou intermitente, dependendo da quantidade de condensado. [14]

- **Purgadores de balde invertido**

É constituído por uma caixa com uma entrada de vapor e uma saída de condensado e no seu interior possui um balde com o fundo para cima que controla a abertura e fecho da válvula da saída de condensado (figura 6.3).

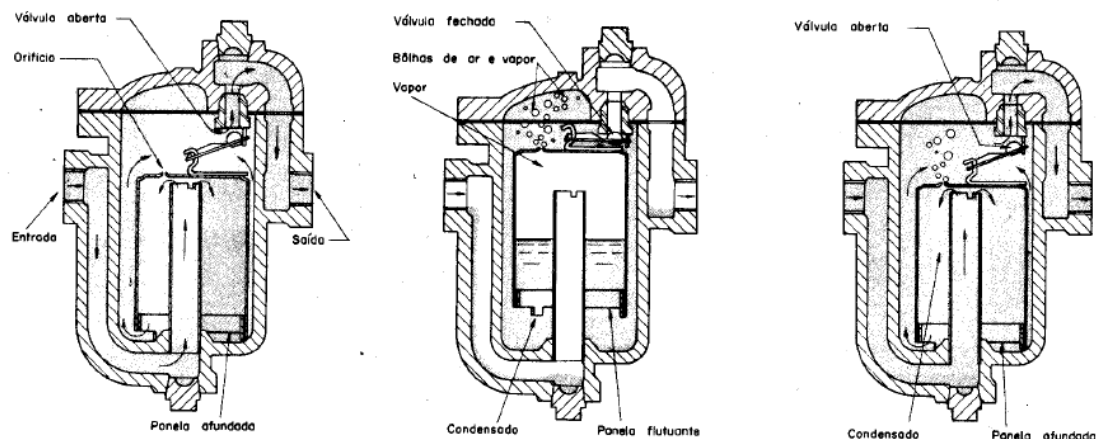


Figura 6.3: Purgador de balde invertido [14]

Este purgador tem de estar cheio de água para iniciar o seu funcionamento. O vapor entra no purgador e é conduzido para o interior do balde, expulsando a água no seu interior até que o balde flutue, fechando assim a válvula de saída. O ar presente é expulso por um orifício no fundo do balde juntamente com algum vapor e acumula-se no topo do purgador, onde o vapor condensa. À medida que a quantidade de condensado aumenta, o balde enche-se de água e deixa de flutuar, abrindo a válvula de saída até a quantidade de água ser tão pequena que restabelece a flutuação do balde fechando a válvula e assim sucessivamente. [14]

É muito utilizado para drenagem de tubagens de vapor que não necessitem de uma descarga contínua de condensado e com um volume de ar a eliminar moderado, para quaisquer valores de pressão e temperatura.

▪ Purgadores de balde aberto

O purgador de balde aberto tem um funcionamento bastante semelhante ao do purgador de balde invertido (figura 6.4). [14]

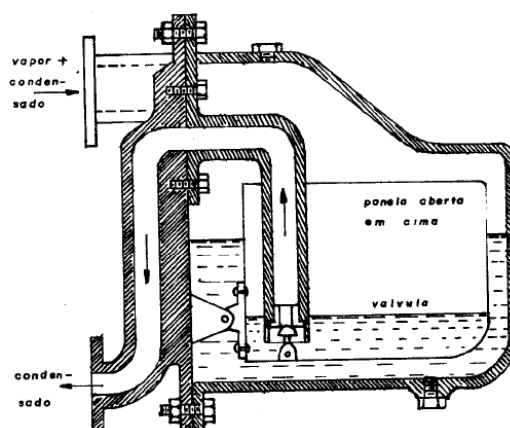


Figura 6.4: Purgador de balde aberto [14]

Como no caso do purgador de balde invertido, é utilizado em purgas que não necessitem de uma descarga contínua de condensado e a quantidade de ar a eliminar seja moderada.

Purgadores Termostáticos

Esta categoria de purgadores opera com base na diferença de temperaturas entre o vapor e o condensado. Existem vários tipos de purgadores termostáticos, de entre os quais:

- Purgador de expansão de líquido

O funcionamento do purgador de expansão de líquido é bastante simples. O líquido a ser aquecido expande e ao expandir empurra o elemento contra a sede, fechando o purgador. (figura 6.5).

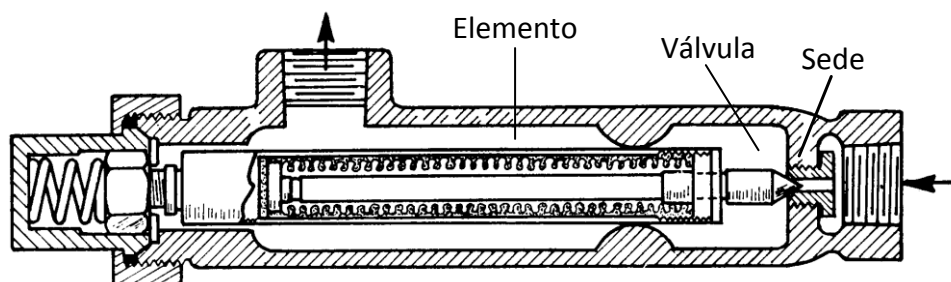


Figura 6.5: Purgador de expansão de líquido [14]

É possível ajustar conforme a temperatura do condensado a ser retirado, contudo só pode ser ajustado para uma única pressão e temperatura.

- Purgador de expansão metálica ou purgador bimetálico

Este purgador consiste num conjunto de lâminas bimetálicas que se curvam com o aquecimento, devido à diferença de coeficiente de dilatação dos dois metais que as constituem. O condensado e o ar têm uma temperatura inferior ao vapor, logo quando só existe condensado ou ar no purgador, as lâminas mantêm-se planas e a válvula fica aberta. Na presença de vapor, mais quente, as lâminas curvam, fechando completamente a válvula impedindo que o vapor escape (figura 6.6). [14]



Figura 6.6: Purgador bimetálico [14]

Estes purgadores apresentam um tempo de vida útil elevado, não depende da pressão, possui resistência à sujidade e é fácil de reparar. Contudo o purgador tem de estar ajustado para uma temperatura bem definida.

- Purgador de expansão balanceada

O purgador de expansão balanceada consiste numa caixa que no seu interior tem um pequeno fole, contém um líquido de ponto de ebulição inferior ao da água, que controla a abertura e fecho da válvula de saída de condensado. O vapor vaporiza o líquido que se encontra dentro do fole, dilatando-o e fecha a válvula, impedindo a saída do vapor. O condensado e o ar, como são mais frios, contraem o fole que abre a válvula permitindo a sua eliminação (figura 6.7). [14]

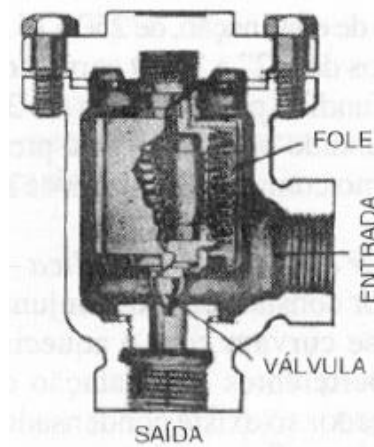


Figura 6.7: Purgador de expansão balanceada [14]

Este purgador é utilizado para média e baixas pressões e quando existe um grande volume de ar a eliminar. O condensado é descarregado de forma intermitente e demorada, com uma grande perda de vapor. [14]

Purgadores Especiais

Dentro desta categoria de purgadores destacam-se os purgadores termodinâmicos e os purgadores de impulso, sendo os primeiros os de maior relevância e aplicação.

- Purgadores termodinâmicos

Estes purgadores são constituídos por um disco que trabalha dentro de uma câmara abrindo ou fechando simultaneamente a entrada de vapor e a saída de condensado.

O condensado ou o ar, ao entrarem na câmara do purgador levantam o disco, abrindo a passagem para sua saída. Ao entrar vapor cria-se uma zona de baixa pressão que leva empurra o disco para baixo, fechando a passagem e impedindo assim a saída do vapor, contudo até o disco fechar completamente a passagem, é perdida uma quantidade apreciável de vapor (figura 6.8).

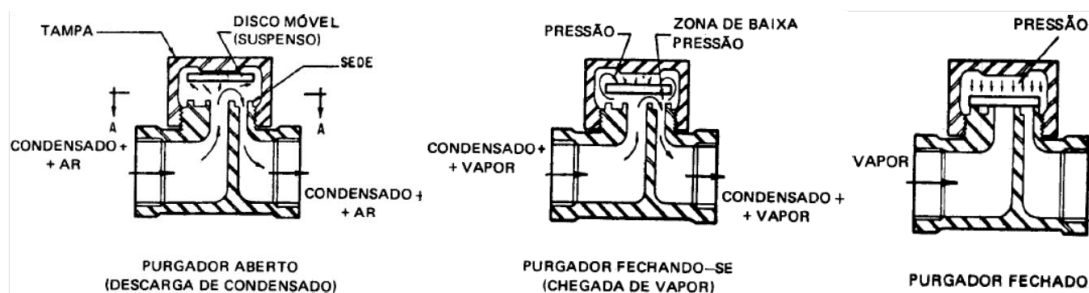


Figura 6.8: Purgado termodinâmico [14]

É utilizado com altas pressões e temperaturas, tanto em linhas de vapor como de aquecimento, desde que a quantidade de condensado não seja muito elevada. [14]

Tendo em conta os inúmeros purgadores disponíveis no mercado, é importante escolher o purgador mais adequado às necessidades do processo e garantir o seu correcto funcionamento. Assim, foi efectuado um levantamento aos purgadores de vapor instalados na refinaria da Sovena, de forma a verificar se estes se encontram a funcionar correctamente.

Através da última inspecção realizada, foi possível verificar que cerca de 22% dos purgadores existentes na refinaria necessitam de manutenção ou substituição, podendo esta situação ter três efeitos possíveis:

- Perda de vapor, que está a sair na linha de condensados em vez de ter a sua função normal (nas purgas de linha);
- Recepção dos condensados em forma de vapor, libertando vapor de *flash*, que se traduz em perda de energia;
- Vapor de baixa qualidade, contendo a humidade dos condensados não purgados.

6.4 Isolamentos Térmicos

Os isolamentos térmicos têm por finalidade reduzir as trocas de calor entre a tubagem ou equipamento e o meio ambiente e podem ser utilizados tanto em situações em que circula uma corrente quente como para circuitos de correntes frias. Em ambos os casos, as perdas de calor para o exterior representam um desperdício de energia, pois o aquecimento ou arrefecimento dos fluidos que circulam nessas tubagens não tem o efeito pretendido. [15]

O isolamento é utilizado para manter o fluido a uma determinada temperatura, que é necessária para o processo, desde o seu ponto de origem até ao equipamento de destino. No caso de tubagens em que circulam fluidos muito frios, o isolamento impede a formação de gelo no exterior da tubagem. [15]

Também pode ter como finalidade proteger os trabalhadores de queimaduras causadas pelo contacto com tubagens ou equipamentos que se encontrem a temperaturas elevadas ou muito baixas. [15]

Na refinaria da Sovena existem isolamentos em todas as tubagens e equipamentos em que esteja envolvido vapor ou onde circule óleo a elevada ou baixa temperatura e em toda a rede de tubagens de água glicolada.

Contudo, verificou-se que alguns dos isolamentos existentes apresentam-se um pouco degradados e certos equipamentos não possuem qualquer isolamento térmico.

7. ENERGIA ELÉCTRICA

7.1 Ar Comprimido

O ar comprimido consiste em ar atmosférico pressurizado para uma pressão maior do que a pressão atmosférica. É muito utilizado para acionamento de equipamentos e aparelhos de instrumentação pneumáticos, como bombas e válvulas.

A utilização de ar comprimido, em vez de outras formas de energia, tem várias vantagens, como:

- ✓ Ar atmosférico é inesgotável;
- ✓ Fácil de transportar;
- ✓ Elevada protecção contra sobrecargas;
- ✓ Fácil de armazenar;
- ✓ Permite fazer vácuo;
- ✓ Não é poluente;
- ✓ Tecnologia simples e com custos acessíveis e baixos custos de manutenção.

Por todos estes motivos, o ar comprimido é a segunda forma de energia mais utilizada na indústria. Contudo, o ar comprimido tem algumas desvantagens na sua utilização, tais como:

- ✗ Custo de produção muito elevado;
- ✗ Fugas causam ruído e desperdício de energia eléctrica.

Dependendo das perdas decorrentes da produção de ar comprimido, este sistema pode custar sete a dez vezes mais do que a mesma quantidade de energia eléctrica para a mesma aplicação. Contudo, o custo é compensado pelas inúmeras vantagens do sistema de ar comprimido. [16]

Uma central de produção de ar comprimido é constituída por unidades de produção (compressores), unidades de tratamento de ar (secadores de ar, filtros e equipamentos de lubrificação), unidades de armazenagem de ar (reservatórios) e toda a instrumentação, controlo e tubagem de distribuição.

7.1.1 Produção de Ar Comprimido

A produção de ar comprimido é realizada em compressores, que podem ser divididos de acordo com os seus princípios funcionais.

➤ **Compressores dinâmicos**

Possuem uma peça rotativa munida de pás, chamada de impelidor que recebe energia de um acionador e transfere-a para o ar, aumentando a sua velocidade. O escoamento no impelidor é recebido pelo difusor, que promove a transformação da energia cinética do ar em calor, com ganho de pressão, por desaceleração do fluxo. Os compressores dinâmicos operam em contínuo e podem ser classificados em compressores centrífugos e compressores de fluxo axial. [17]

▪ Compressor centrífugo ou de fluxo radial

O ar é dirigido para o centro de uma turbina, que consiste numa roda giratória com lâminas em alta rotação, e devido à força centrífuga o ar é impelido para a periferia. A pressão aumenta conduzindo o gás através do difusor e assim a energia cinética é convertida em pressão estática. Estes compressores garantem um fornecimento uniforme de ar a baixa pressão e sem óleo e são sensíveis à troca de carga. [18], [17]

▪ Compressor de fluxo axial

Consiste num tambor rotativo único, no qual estão presas várias lâminas rotativas e entre cada uma encontra-se uma lâmina estática. O ar circula em direcção axial e é acelerado pelo movimento rotativo do tambor e as lâminas estáticas são utilizadas como difusor, convertendo a energia cinética em energia pressurizada. As características básicas destes compressores são idênticas às do compressor de fluxo radial. [18]

➤ **Compressores volumétricos ou de deslocamento positivo**

Neste tipo de compressores, o aumento da pressão do ar é conseguido por redução do volume ocupado por este. Uma certa quantidade de ar é admitida no interior da câmara de compressão, ocorre a redução do volume do ar e de seguida, a câmara é aberta e o ar é libertado para a rede de distribuição. [17]

Os compressores volumétricos podem ser alternativos (de pistão e de diafragma) ou rotativos (compressores de palhetas, de parafuso, de lóbulo ou “roots” ou de anel líquido) e diferem entre si no tipo de movimento do órgão propulsor do fluido a comprimir.

Uma das características que distingue os compressores alternativos dos compressores rotativos é o sistema de refrigeração. Nos compressores rotativos o óleo lubrificante funciona como arrefecedor intermédio e nos compressores alternativos, o arrefecimento é feito através de um permutador situado entre os andares de compressão alta e baixa.

- Compressor de alhetas

Possui um tambor central que gira excentricamente em relação ao corpo onde se insere. O tambor possui rasgos radiais que se prolongam em todos o seu comprimento e nos quais são inseridas alhetas retangulares.

Quando o ar é admitido na câmara do compressor, este ocupa os espaços entre as alhetas. À medida que o tambor inicia o movimento giratório, as alhetas deslocam-se em sentido radial por acção da força centrífuga, levando a uma diminuição dos espaços entre as alhetas, provocando a compressão do ar.

As principais características destes compressores são o baixo ruído, o fornecimento uniforme de ar, as suas pequenas dimensões e manutenção simples. Contudo tem um custo elevado e baixa eficiência. [17]

- Compressor de parafuso

É constituído por dois rotores em forma de parafuso que rodam em sentidos opostos. O ar entra pela abertura de entrada e ocupa os intervalos entre os lóbulos dos rotores. Quando existe o encaixe dos lóbulos, o ar nele contido fica preso entre o rotor e as paredes da carcaça. A rotação faz com que o ponto de encaixe se desloque, reduzindo o espaço disponível para o ar provocando a sua compressão e conduzindo-o ao longo dos rotores. Quando é alcançada a abertura de descarga, o ar é libertado. [17]

Este tipo de compressor apresenta uma dimensão reduzida, um fluxo de ar contínuo e baixa temperatura de compressão com arrefecimento por óleo.

- Compressor de lóbulos ou “roots”

Possui dois rotores simétricos que rodam em sentido contrário e cujos lóbulos engrenam, ou seja, a parte côncava de um encaixa na parte convexa do outro.

O ar entra para a câmara de compressão e é conduzido pelos rotores até à abertura de descarga. Este compressor não possui compressão interna, a compressão ocorre na tubagem de descarga, uma vez que o ar é forçado a penetrar nessa tubagem, tendo oposição de uma contra corrente de ar já comprimido.

É caracterizado por produzir pequenas elevações de pressão, ter um baixo custo e não necessitar de cuidados de manutenção. O ar é isento de óleo e fornecido de forma contínua, não necessita de lubrificação e é sensível a partículas sólidas. [17]

- Compressor de anel líquido

Possuem um deslocamento rotativo assegurado por um eixo de lâminas radiais rígidas que fazem o líquido de vedação (normalmente água) rodar. O líquido forma um anel, devido ao movimento de rotação, que veda as áreas entre as lâminas e a carcaça do compressor. Assim, o ar é empurrado para os espaços entre as lâminas e é descarregado contra a pressão de descarga. [18]

Estes compressores têm uma baixa sensibilidade à sujidade, o ar fornecido é isento de óleo e de forma contínua, é necessário um líquido separador pois o líquido auxiliar é bombeado continuamente na câmara de compressão e tem uma baixa eficiência. [17]

- Compressor de pistão

É um compressor de deslocamento oscilante que leva o ar através do movimento do pistão, comprimindo-o e descarregando-o. São geradas pressões diferentes por vários estágios de compressão em série e pelo uso de vários cilindros que podem produzir diferentes volumes de ar. Possuem alta eficiência e produção de altas pressões e podem ser construídos em várias configurações (horizontal, vertical, em V, entre outras). [17]

- Compressor de diafragma

Utiliza eixos de ligação e diafragmas elásticos para efectuar a compressão. O diafragma é movido pelo eixo de ligação em oscilações não lineares. Este tipo de compressor é económico em caso de pequenos volumes de ar e para produção de ar comprimido a baixa pressão e é capaz de gerar vácuo. [17]

7.1.2 Tratamento de Ar Comprimido

O ar atmosférico contém inúmeras impurezas, como partículas sólidas que provocam abrasão e em contacto com óleo lubrificante do compressor podem formar pastas, que agravam esse efeito.

A água promove a corrosão dos sistemas pneumáticos, favorecendo o aparecimento de fugas. Para além disso, dificulta a lubrificação dos equipamentos e a baixas temperaturas pode congelar, reduzindo ou bloqueando a passagem do ar na rede.

Se estas impurezas permanecerem no ar podem surgir problemas na sua produção e nos equipamentos pneumáticos. Por isso, é importante ter uma unidade de tratamento do ar, de forma a assegurar a qualidade do ar comprimido fornecido à instalação, aumentar a produtividade e diminuir os custos de manutenção.

➤ **Secadores de Ar**

O ar atmosférico contém uma certa quantidade de vapor de água, denominada por humidade. Um volume específico de ar, a determinada temperatura, apenas pode conter uma quantidade limitada de vapor. Aumentos de temperatura levam a uma maior capacidade de armazenamento de ar e a diminuição da temperatura, diminui essa capacidade levando à condensação e precipitação do vapor. [17]

A secagem do ar comprimido por ser efectuada por três métodos: a secagem por condensação, secagem por difusão e secagem por absorção.

- Secagem por condensação

A separação da água por condensação pode ser efectuada por dois processos: o

processo de alta compressão ou o processo criogénico.

Na secagem por alta pressão, o ar é comprimido acima da pressão desejada e depois é descomprimido até à pressão pretendida. O aumento de pressão e conseqüente diminuição do volume leva à condensação e precipitação do vapor de água. Este processo não necessita de nenhum equipamento extra, contudo tem um alto consumo de energia. [17]

A secagem criogénica é efectuada num permutador de calor em que circula fluido criogénico. A diminuição da temperatura reduz a capacidade de armazenamento de água do ar, levando à sua precipitação na forma de condensado. Este processo é bastante eficiente a nível económico e de secagem e tem uma baixa perda de pressão associada. [17]

- Secagem por difusão

É efectuada num secador com um diafragma composto por um feixe de fibras ocas. O ar húmido circula pelo interior das fibras e o vapor sai pelas suas paredes, que são revestidas por uma camada de plástico. Parte do ar seco é descomprimida, diminuindo a humidade, tornando o ar muito seco. Não tem custos de energia adicionais, não requer manutenção, tem uma baixa perda de pressão e permite uma reduzida contaminação do ar. [17]

- Secagem por absorção

O vapor de água é eliminado através da sua reacção com um agente secante que retém o vapor de água. Este processo tem como vantagem a ausência de abastecimento externo de energia, contudo o ar comprimido seco pode arrastar o agente secante para o sistema de fornecimento de ar causando corrosão e o agente secante tem de ser substituído periodicamente. [17]

- **Filtros**

Os filtros são utilizados para eliminar partículas sólidas presentes no ar comprimido. Na sua selecção é importante ter em conta a concentração das partículas no ar, a queda de pressão no filtro, a capacidade de filtração e o volume a ser filtrado.

Dependendo desses factores podem ser utilizados vários tipos de filtros, como filtros preliminares, filtros de alto desempenho, filtros de carvão activado ou precipitadores tipo ciclone. Estes filtros podem ser utilizados em combinações entre si, de forma a aumentar a qualidade do ar ou se o ar tiver uma elevada concentração de sólidos. [17]

- **Lubrificação**

A lubrificação é muito importante para evitar o desgaste dos equipamentos pneumáticos, tanto os compressores como as válvulas ou outros aparelhos. A quantidade de óleo adicionada, em mistura com o ar, não deve ser excessiva, de forma a impedir a sua entrada na rede de distribuição de ar, que pode causar bloqueios e é uma mistura abrasiva e inflamável.

7.1.3 Eficiência Energética

Como já foi mencionado no início deste capítulo, o ar comprimido é uma fonte de energia bastante dispendiosa, portanto torna-se imperativo otimizar a sua produção de forma a reduzir os seus custos.

As fugas de ar comprimido podem representar entre 15% a 20% do custo total de produção de ar comprimido, sendo a sua redução a medida mais importante em termos de poupanças energéticas.

As perdas de ar comprimido associadas a cada fuga, podem ser quantificadas calculando o caudal de ar que atravessa a fuga, pela expressão seguinte.

$$V = A \times v \quad (7.1)$$

Onde,

- V – Caudal volumétrico de ar [m³/s];
- A – Área da fuga [m²];
- v – Velocidade de escoamento do ar comprimido [m/s].

Assumindo que a fuga tem uma forma circular e este circula a uma pressão constante, a equação 7.1 toma a seguinte forma:

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \times P}{\rho}} \quad (7.2)$$

Em que,

- D – Diâmetro da fuga [m];
- P – Pressão do ar comprimido [N/m²];
- ρ – Densidade do ar [kg/m³].

Sabendo o consumo específico do compressor, ou seja, a energia eléctrica gasta para produzir um metro cúbico de ar comprimido, é possível calcular a energia desperdiçada a alimentar cada fuga de ar comprimido.

$$E = V \times t \times C \quad (7.3)$$

Em que,

- E – Energia gasta associada a cada fuga [kWh/ano];
- V – Caudal de ar comprimido [m³/h];
- t – Regime de funcionamento [h/ano];
- C – Consumo específico do compressor [kWh/m³].

A Sovena possui uma central para produção de ar comprimido, que é utilizado para

accionamento de equipamentos e instrumentação, a operar em modo contínuo. A central é constituída dois por compressores, secador de ar, filtros lubrificantes dispostos ao longo da rede de distribuição e reservatórios instalados em vários pontos da fábrica.

Em regime normal a produção do ar comprimido é assegurada por um compressor com variação electrónica de velocidade e em períodos de maior consumo entra o outro compressor em funcionamento, de velocidade fixa.

Face à potencialidade de poupança de energia, foi efectuada uma inspecção à rede e aos equipamentos consumidores de ar comprimido, para averiguar a existência de fugas de ar comprimido, existentes na refinaria e parque de tanque de óleo.

Tabela 7.1: Fugas de ar comprimido

Fuga	Local	Equipamento	Diâmetro da fuga (mm)	Pressão (bar)	Regime de funcionamento
1	Refinaria (Separação de Ceras)	Filtro lubrificante	1,5	6,0	24 h/dia
2	Refinaria (Exterior)	Fissura na tubagem	1,0	6,0	
3	Refinaria (Caldeira de AP)	Filtro lubrificante	1,0	6,0	
4	Refinaria (Branqueamento)	Electroválvula	0,5	4,0	
5	Refinaria (Winterização)	Electroválvula	0,5	4,0	
6	Refinaria (Branqueamento)	Filtro lubrificante	0,5	4,0	
7	Refinaria (Exterior)	Fissura na tubagem	2,0	6,0	
8	Refinaria (Lavagem)	Fissura na tubagem	0,5	6,0	
9	Parque de tanques de azeite	Bomba de milho	1,0	6,5	
10	Parque de tanques de óleo	Bomba de soja	2,0	6,5	
11	Parque de tanques de óleo	Colector do tanque 19	1,0	6,5	

A tabela 7.1 resume os resultados do levantamento de fugas de ar comprimido efectuado.

7.2 Sistemas de Iluminação

Os principais componentes de um sistema de iluminação artificial são as fontes de luz (lâmpadas), os balastros e as luminárias ou armaduras. Todos estes componentes afectam a eficiência energética do sistema.

As lâmpadas são os componentes do sistema que convertem a energia eléctrica em luz visível. Os balastros são utilizados para que a luz seja produzida e distribuída eficientemente e as armaduras servem para direccionar e distribuir a luz para a zona desejada e é onde estão alojadas as lâmpadas e balastros.

7.2.1 Lâmpadas

As lâmpadas encontram-se divididas em quatro categorias: lâmpadas incandescentes, lâmpadas de descarga, lâmpadas de indução e os LED's.

❖ Lâmpadas Incandescentes

É a fonte de luz mais antiga e conhecida, utilizada sobretudo para iluminação de interiores. A luz emitida por este tipo de lâmpada é acompanhada por uma radiação térmica, o que representa um desperdício de energia e torna esta lâmpada pouco eficiente energeticamente.

O seu funcionamento consiste na passagem da corrente eléctrica através de um filamento de tungsténio com elevada resistência eléctrica, que é levado à incandescência produzindo luz e calor. Este filamento está contido numa ampola de vidro preenchida com um gás inerte, como o árgon, o cripton ou o nitrogénio, ou em vácuo.

Estas lâmpadas arrancam instantaneamente e garantem uma iluminação de boa qualidade, contudo têm uma eficiência bastante baixa, pois a maior parte da energia que consomem é dissipada por radiação infravermelha e por condução e convecção e apresentam um tempo de vida útil bastante reduzido (1 000 horas). [19]

Em casos em que devem ser utilizadas lâmpadas incandescentes, existe um tipo de lâmpada incandescente com maior eficiência luminosa, a lâmpada de halogéneo.

▪ Lâmpadas de halogéneo

As lâmpadas de halogénio vieram melhorar a eficiência luminosa das lâmpadas incandescentes, devido à descoberta de processos que evitam o enegrecimento da ampola por eliminação dos depósitos de tungsténio no vidro, através da adição de um halogéneo (iodo, flúor ou bromo) ao gás de enchimento da ampola.

Este tipo de lâmpadas apresenta um tempo de vida útil superior (2 000 horas) às lâmpadas incandescentes normais, menor tamanho para a mesma potência e uma eficiência energética superior, contudo têm um custo mais elevado. [19]

❖ Lâmpadas de Descarga

Estas lâmpadas são constituídas por um tubo de descarga que contém um gás ou vapor metálico e dois eléctrodos colocados nos extremos do tubo (figura 7.1). Ao ser aplicada uma tensão aos eléctrodos ocorre uma descarga eléctrica que excita os electrões, levando à ionização do gás que provoca a emissão de luz.

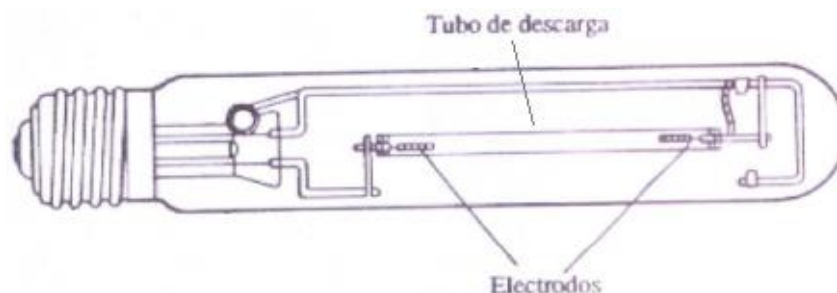


Figura 7.1: Representação de uma lâmpada de descarga

Como a ionização do gás necessita de uma descarga de energia eléctrica elevada, estas lâmpadas necessitam de um equipamento que gera uma sobretensão ao ligar a lâmpada, chamado de arrancador. Para o seu funcionamento também é necessário um balastro para limitar a corrente fornecida à lâmpada após o arranque.

Existem vários tipos de lâmpadas de descarga, dependendo do gás metálico utilizado e se este é de alta ou baixa pressão.

- Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão

Nestas lâmpadas é utilizado vapor de mercúrio com uma pequena quantidade de gás inerte de fácil vaporização para facilitar o arranque, pois à temperatura ambiente o mercúrio é um líquido e assim não é necessário recorrer a um arrancador.

Nas lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, metade da potência consumida é transformada em radiação, dos quais 15% correspondem a radiação visível, 15% a radiação infravermelho e 20% a radiação ultravioleta. Os outros 50% correspondem a perdas por condução e convecção. Através da aplicação de uma fina camada de pó fluorescente na superfície interna da ampola, parte da radiação ultravioleta é convertida em radiação visível, aumentando ligeiramente a eficiência da lâmpada.

São muito utilizadas em iluminação pública e iluminação industrial. Têm um tempo de vida útil médio, de 10 000 a 12 000 horas, contudo têm um rendimento baixo e por isso têm vindo a ser substituídas por lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, que possuem um rendimento superior. [19]

- Lâmpadas de luz mista

Estas lâmpadas são uma combinação das lâmpadas de mercúrio de alta pressão e incandescentes. A uma lâmpada de vapor de mercúrio é adicionado um filamento de tungsténio

no interior do tubo de descarga (figura 7.2). Deste modo não é necessário utilizar um balastro.

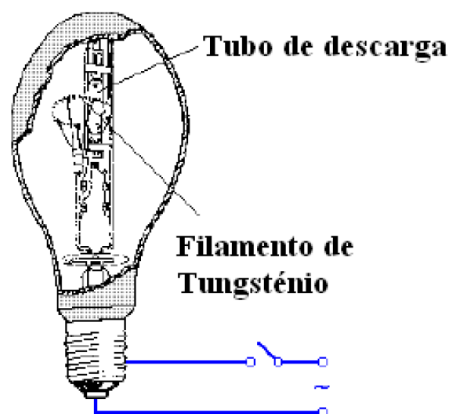


Figura 7.2: Lâmpada de luz mista

As lâmpadas de luz mista são utilizadas em locais que necessitam de grande quantidade de luz, como montras de estabelecimentos comerciais. Apresentam um baixo custo, de instalação simples e têm um tempo de vida útil médio de 10 000 horas. Contudo para que o tempo de vida útil seja razoável (superior a 2000 horas), a temperatura de funcionamento do filamento tem de ser baixa, o que diminui o rendimento luminoso. [19], [20]

- Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão

Estas lâmpadas são idênticas às de vapor de mercúrio de alta pressão, contudo em vez de mercúrio contêm sódio. Tal como na lâmpada de vapor de mercúrio, a lâmpada de vapor de sódio apresenta uma conversão de 50% da potência consumida em radiação, mas ao contrário da primeira esta converte 30% dessa radiação em radiação visível (acima dos 15% convertidos pela lâmpada de mercúrio). [20]

São muito utilizadas em iluminação pública e industrial. Possuem um tempo de vida útil semelhante às de mercúrio (12 000 horas), contudo têm um rendimento luminoso superior e um custo mais elevado. [19]

- Lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos

Estas lâmpadas são idênticas às lâmpadas de vapor de mercúrio e vapor de sódio. A única diferença é que a lâmpada de iodetos metálicos contém no tubo de descarga uma mistura de iodetos de mercúrio, sódio, índio e tálio de alta pressão.

São muito utilizadas em iluminação exterior, como estádios e campos desportivos. Têm um custo de produção elevado, que se reflecte no seu preço, um elevado índice de restituição de cores, a eficiência luminosa e o tempo de vida útil são um pouco inferiores à das lâmpadas de sódio. [19]

- Lâmpadas fluorescentes de vapor de mercúrio de baixa pressão

São constituídas por um tubo de descarga alongado (são também conhecidas por lâmpadas fluorescentes tubulares) com um eléctrodo em cada extremidade e no interior do

tubo tem um gás inerte, que arranca com facilidade e controla a descarga, com um pequena quantidade de mercúrio cujo vapor produz radiação ultravioleta. A superfície interior do tubo de descarga é revestida com uma substância fluorescente que converte a radiação ultravioleta produzida em luz visível.

As lâmpadas fluorescentes tubulares são as mais utilizadas em iluminação interior e estão disponíveis em vários diâmetros. Quanto menor o diâmetro, maior é a eficiência luminosa da lâmpada e menor o tamanho da armadura, para além disso, são económicas e possuem um tempo de vida útil médio (7 500 a 10 000 horas) que pode ser aumentado se forem utilizadas com balastro electrónico. [19]

- Lâmpadas fluorescentes compactas

O funcionamento destas lâmpadas é idêntico ao das lâmpadas fluorescentes convencionais, apenas têm uma forma mais compacta e o tubo de descarga é curvo ou uma combinação de vários tubos de menor dimensão.

Devido ao tamanho mais reduzido do tubo de descarga, estas lâmpadas possuem um rendimento luminoso mediano, mas apresentam um tempo de vida útil ao nível das lâmpadas fluorescentes convencionais. [19]

- Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão

As lâmpadas de vapor de sódio possuem um funcionamento semelhante às fluorescentes de vapor de mercúrio, com diferença do vapor utilizado. O arranque destas lâmpadas é feito com o auxílio de um gás inerte, pois só aquando da descarga deste é que é possível vaporizar o sódio, por este motivo este tipo de lâmpadas requer uma elevada tensão e tempo de arranque.

Ao contrário das lâmpadas de mercúrio a baixa pressão, estas lâmpadas produzem luz directamente, sem ser necessário qualquer transformação. Por esse motivo apresentam a melhor eficiência luminosa de todas as lâmpadas e têm um tempo de duração médio, o que as torna bastante económicas. [19]

❖ **Lâmpadas de Indução**

As lâmpadas de indução electromagnética apresentam uma inovação fundamental, pois a sua maior característica é o facto de não necessitar de eléctrodos para originar a ionização do gás a baixa pressão. Existem dois sistemas distintos para produzir esta ionização sem eléctrodos que são apresentados de seguida.

- Lâmpadas fluorescentes de alta potência sem eléctrodos

Estas lâmpadas possuem o vidro em forma de anel fechado, o que permite obter uma descarga sem eléctrodos devido ao fornecimento de energia ser efectuado a partir do exterior por um campo magnético.

O campo magnético é produzido em dois anéis de ferrite, o que leva a um elevado tempo

de vida útil da lâmpada (na ordem das 60 000 horas). O seu rendimento luminoso é bastante bom e têm um bom índice de restituição de cores. [19]

- Lâmpadas de descarga em gás a baixa pressão por indução

Este tipo de lâmpada consiste num recipiente de descarga que contém gás a baixa pressão e um núcleo cilíndrico de ferrite que cria um campo magnético que induz corrente eléctrica no gás, provocando a sua ionização e conseqüentemente a emissão de radiação luminosa visível. Funcionam a alta frequência, apresentam um rendimento luminoso bastante razoável e um tempo de vida útil bastante elevado, na ordem das 60 000 horas.

- ❖ **LED's**

Um LED (*Light-Emitting Diode*, diodo emissores de luz) é um diodo semiconductor que emite luz por electro-luminescência. A luz emitida depende da composição do material semiconductor utilizado e pode ser infravermelha, visível ou ultravioleta. Se o material emissor de um LED for um compost orgânico, é conhecido como OLED (*Organic Light-Emitting Diode*).

Os LED's apresentam inúmeras vantagens em relação às restantes fontes de luz, como o seu tamanho reduzido, baixo consumo, grande tempo de vida útil, eficiência energética razoável e como trabalham em baixa tensão possuem uma maior segurança. [19]

Por outro lado, estes têm elevados custos de aquisição, necessitam de uma fonte de alimentação que converta as características da alimentação de uma tomada comum num padrão adequado ao funcionamento do LED e os equipamentos de maior potência precisam de dispositivos de dissipação de calor. [19]

7.2.2 Balastros

Os balastros são equipamentos necessários ao funcionamento das lâmpadas de descarga. As suas funções consistem em limitar a corrente de funcionamento para valores apropriados, para que esta possa atravessar a lâmpada e produzir o efeito desejado; produzir a tensão de arranque para iniciar a descarga; e pré-aquecer os eléctrodos para provocar a emissão de electrões.

- **Balastros electromagnéticos**

Os balastros electromagnéticos, ou convencionais, são constituídos por um núcleo magnético de chapas laminadas, envolvido por enrolamentos de cobre. Com a evolução da tecnologia, foram empregues diferentes materiais e dispositivos de forma a melhorar o seu rendimento e reduzir as perdas.

Contudo, a UE tem desenvolvido legislação para reduzir os consumos de energia e aumentar a eficiência energética de forma a atingir as metas do protocolo de Quioto. Uma das medidas adoptadas é a eliminação dos balastros electromagnéticos de menor eficiência e a sua substituição por outros de maior eficiência energética.

- **Balastros electrónicos**

Com o desenvolvido de vários estudos na área dos sistemas de iluminação, concluiu-se que a eficiência luminosa das lâmpadas aumenta quando estas operam a alta frequência. Com base nesta conclusão, foi desenvolvido um novo tipo de balastro, que converte uma linha de tensão de 50 Hz numa linha de alta frequência, o balastro electrónico. [21]

Os balastros electrónicos são constituídos por condensadores e bobinas para alta frequência, entre outros circuitos electrónicos. Como operam a maior frequência, proporcionam um maior fluxo luminoso com menor potência de consumo, o que faz destes balastros produtos economizadores de energia.

7.2.3 Armaduras

Uma armadura ou luminária, tem a função o controlo da distribuição da luz emitida pelas lâmpadas e o seu direccionamento. Existem no mercado diversos modelos de armaduras, com diferentes montagens, diferentes maneiras de distribuição da luz e adaptadas para cada tipo de lâmpada que usam.

Em relação ao tipo de montagem, as armaduras podem ser classificadas como: armaduras para montagem saliente, para montagem encastrada ou para montagem em calha electrificada. Quanto à luminância (distribuição da luz emitida), estas podem ser de baixa luminância ou muito baixa luminância, categoria 1 e 2.

As armaduras também podem ser divididas em três grupos, consoante o tipo de lâmpadas utilizadas: armadura para lâmpadas fluorescentes, armadura para descarga de alta pressão e armadura para lâmpadas de halogéneo.

7.2.4 Eficiência Energética

A iluminação pode representar entre 2 a 10% do consumo energético de uma instalação fabril. [21] Como tal é importante verificar se os sistemas de iluminação se encontram a funcionar correctamente e se são os mais adequados.

O consumo de uma lâmpada pode ser obtido multiplicando a potência absorvida pelo número de horas em que esta se encontra a funcionar. Para o cálculo do consumo anual de uma lâmpada basta aplicar a equação seguinte.

$$C = t \times P \quad (7.4)$$

Em que,

- C – Consumo anual da lâmpada [kWh/ano];
- t – Regime de funcionamento da lâmpada [h/ano];
- P – Potência absorvida [kW].

A eficiência luminosa de uma lâmpada consiste na quantidade de luz emitida por unidade

de potência eléctrica absorvida.

$$E_{luminosa} = \frac{\phi}{P} \quad (7.5)$$

Onde,

- $E_{luminosa}$ – Eficiência luminosa [lm/W];
- ϕ – Fluxo luminoso [lm];
- P – Potência absorvida [W]

Outra forma de rentabilizar os sistemas de iluminação é a utilização de balastos electrónicos, pois trazem inúmeras vantagens em relação aos convencionais, nomeadamente: [19]

- Permitem uma poupança de energia de 20% a 30%;
- Ausência de cintilação durante o funcionamento;
- Desligam automaticamente as lâmpadas em caso de anomalia e efectuem a sua ligação após a correcção da anomalia;
- Têm um alto teor de potência (>0,95);
- Permitem um fluxo luminoso contante, independentemente da tensão da alimentação;
- Têm um baixo campo magnético e baixa temperatura de funcionamento.

Foi efectuado um levantamento aos vários tipos de lâmpadas e quantidade de armaduras existentes na refinaria da Sovena, cujos resultados são apresentados na tabela 7.2. Verificou-se também que os sistemas de iluminação encontram-se quase permanentemente ligados, apesar de a refinaria possui uma boa incidência de luz natural.

Tabela 7.2: Características dos sistemas de iluminação existentes na refinaria

Tipo de lâmpada	INC 40W	TL8 2x18W	TL8 4x18W	TL8 2x36W	TL8 1x58W	TL8 2x58W	IM 400W
Número de armaduras	3	2	4	49	5	23	27
Potência nominal (W)	40	18	18	36	58	23	400
Tipo de balastro	NA	Electromagnético					
Tempo de vida útil (h)	ND	12 000					ND
Regime de funcionamento (h/dia)	24						

Não foi possível obter todas as características necessárias ao cálculo da eficiência de todos os sistemas de iluminação da refinaria. A tabela seguinte apresenta os sistemas para os quais foi possível determinar a sua eficiência e o respectivo valor obtido.

Tabela 7.3: Eficiência luminosa dos sistemas de iluminação da refinaria

Tipo de lâmpada	TL8 2x36W	TL8 1x58W	TL8 2x58W
Eficiência luminosa (lm/W)	83,8	76,5	82,5

Apesar de os valores da eficiência serem aceitáveis, a substituição dos balastros electromagnéticos por electrónicos poderá trazer um aumento da eficiência. Esta e outras medidas são estudadas no capítulo 9.2.

8. MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA

Atendendo às situações apresentadas anteriormente foram estudadas medidas de optimização de energia térmica e eléctrica, com vista à redução dos consumos e dos custos associados. Estas medidas são descritas nos subcapítulos seguintes.

8.1 Energia Térmica

❖ Manutenção e controlo da eficiência dos permutadores de calor

De forma a melhorar a eficiência das permutas de calor, recomenda-se a realização regular de medições de temperatura nos permutadores de calor, a fim de obter um melhor controlo da sua eficiência e tomar as providências necessárias para a sua melhoria.

Deve também ser inspeccionado periodicamente o estado de limpeza e funcionamento dos permutadores. Qualquer avaria prejudica o correcto funcionamento do permutador e a sujidade diminui a área disponível para a transferência de calor e consequentemente a sua eficiência.

❖ Aproveitamento do calor da água de lavagem do óleo

Foi estudada a hipótese da instalação de um permutador de calor água/água e ceras, de forma a aproveitar a energia da água de lavagem do óleo para aquecer a mistura de águas e ceras que é removida na etapa de winterização.

Esse efluente segue para a etapa de separação de ceras onde é efectuado o seu aquecimento em duas fases, de forma a atingir a temperatura desejada, por intermédio da injeção directa de vapor.

A instalação do permutador iria permitir efectuar um pré-aquecimento do efluente de winterização de 25°C, utilizando a água de lavagem que segue para a EPTARI.

Desta forma seria possível reduzir a quantidade de vapor directo utilizada em cerca de **690 ton/ano**.

❖ Instalação de um economizador nos gases de exaustão da caldeira de alta pressão

Tendo em conta a análise dos gases de exaustão da caldeira de alta pressão, verificou-se uma grande potencialidade de aproveitamento da energia presente nestes gases.

A energia contida nos gases de exaustão poderá ser aproveitada para aquecer a mistura de água e ceras resultante da winterização (a mesma descrita na medida anterior).

Medida 1 – Instalação de um economizador

Esta medida tem o mesmo objectivo da medida anterior, mas em vez de aproveitar a água de lavagem do óleo aproveita a energia dos gases de exaustão da caldeira.

A instalação de um economizador nos gases de exaustão poderia efectuar um pré-aquecimento ligeiramente superior, cerca de 28°C, do efluente de winterização, pois existe mais energia disponível.

Com esta medida o aquecimento efectuado actualmente com vapor directo seria diminuído, com uma poupança de energia expectável de cerca de **784 ton/ano** de vapor.

Medida 2 – Instalação de um economizar em conjunto com um permutador

Foi também estudada a hipótese de o economizador ser instalado em conjunto com o permutador de calor da medida anterior.

A utilização destes dois equipamentos poderia reduzir o aquecimento do efluente de ceras a apenas uma etapa, pois iria permitir aumentar a temperatura do óleo em 53°C, que resulta numa diminuição elevada do vapor consumido.

Esta medida resultaria numa poupança de energia na ordem das **1468 ton/ano** de vapor.

❖ Reparação ou substituição dos purgadores de vapor

De forma a otimizar a recuperação da energia presente nos condensados de vapor e aumentar a quantidade de condensados recuperada, recomenda-se a reparação ou, se necessário, a substituição dos purgadores de vapor que se encontram avariados e a criação de procedimentos de verificação e manutenção regular destes equipamentos.

A reparação dos purgadores não só permite uma diminuição do consumo de água da rede, pois o aumento da quantidade de condensados recuperados, diminui a quantidade de água necessária para o completamento da capacidade do tanque onde são recolhidos, como também permite evitar perdas de vapor, por exemplo, nas purgas de linha.

❖ Reparação e instalação de isolamentos em tanques e tubagens

Observou-se que existem algumas secções das tubagens e alguns equipamentos em que o isolamento térmico já se encontra danificado.

Verificou-se que alguns dos equipamentos não têm qualquer isolamento térmico e não possuem cobertura, encontrando-se expostos. A falta de isolamento térmico e a exposição ao ar acarretam grandes perdas de energia por radiação e convecção. Esta situação aplica-se tanto às tubagens onde circulam fluidos quentes, como onde circulam fluidos frios.

8.2 Energia Eléctrica

❖ Reparação das fugas de ar comprimido

Com base nos resultados do levantamento de fugas de ar comprimido levado a cabo e apresentados na tabela 7.1, foram calculados os gastos eléctricos associados a cada fuga, com recurso às equações 7.2 e 7.3.

Tabela 8.1: Gastos energéticos associados às fugas de ar comprimido

Fuga	Equipamento	Diâmetro (mm)	Pressão (bar)	Perdas de ar (m ³ /h)	Energia gasta (kWh/ano)
1	Filtro lubrificante	1,5	6,0	7,40	6 700
2	Fissura na tubagem	1,0	6,0	3,60	3 300
3	Filtro lubrificante	1,0	6,0	3,60	3 300
4	Electroválvula	0,5	4,0	0,48	430
5	Electroválvula	0,5	4,0	0,48	430
6	Filtro lubrificante	0,5	4,0	0,48	430
7	Fissura na tubagem	2,0	6,0	15,00	13 600
8	Fissura na tubagem	0,5	6,0	1,20	1 100
9	Bomba de milho	1,0	6,5	3,90	2 600
10	Bomba de soja	2,0	6,5	15,90	10 700
11	Colector do tanque 19	1,0	6,5	3,90	2 600

Pela análise dos resultados apresentados na tabela acima, verifica-se que a reparação das fugas de ar comprimido acarreta uma poupança de **45 MWh/ano**.

Como as fugas representam um elevado acréscimo de custos na factura energética, é recomendável a implementação de uma rotina para a sua detecção e reparação rápida.

❖ Melhoria do rendimento dos sistemas de iluminação

Com vista à melhora do rendimentos dos sistemas de iluminação, pode-se efectuar a substituição das lâmpadas incandescentes (menos eficientes) por outras de maior rendimento e a limpeza das armaduras para permitir uma melhor passagem da luz.

Foram calculados os consumos actuais (equações do capítulo 7.2.4) e estudadas medidas de optimização do consumo de energia eléctrica dos equipamentos de iluminação.

Medida – Substituição dos balastros convencionais por balastros electrónicos

Face às vantagens dos balastros electrónicos apresentadas no capítulo 7.2.4, realizou-se um estudo de forma a avaliar a rentabilidade da substituição dos balastros convencionais de algumas lâmpadas por estes balastros, mantendo o regime de funcionamento actual.

Tabela 8.2: Poupança energética por substituição dos balastros convencionais por balastros electrónicos

	TL8 2x36W	TL8 1x58W	TL8 2x58W
Vida útil da lâmpada (horas)		17 000	
Regime de funcionamento (h/dia)		24	
Potência absorvida/balastro convencional (W)	80	68	126
Potência absorvida/balastro electrónico (W)	70	56	107
Fluxo luminoso (lm)	6 700	5 200	10 400
Eficiência energética, balastro convencional (lm/W)	83,8	76,5	82,5
Eficiência energética, balastro electrónico (lm/W)	95,7	92,8	97,2
Potência absorvida total (kW)	3,43	0,28	2,46
Consumo actual (kWh/ano)	32 646	2 832	24 135
Consumo com implementação da medida (kWh/ano)	28 565	2 332	20 495

Pela análise da tabela acima, e tendo em conta os valores apresentados para a situação actual na empresa (tabela 7.2) verifica-se que a substituição dos balastros convencionais por balastros electrónicos, para além de aumentar o tempo de vida útil das lâmpadas em 5000 horas e a sua eficiência, apresenta um menor consumo de energia, representando uma poupança de **8 MWh/ano**.

9. CONCLUSÕES

No âmbito do Regulamento REACH, a Sovena posiciona-se como fabricante e utilizador a jusante na cadeia de abastecimento.

Foi elaborada uma base de dados com todas as características das substâncias e misturas produzidas nos vários processos, mas encontrando-se numa fase de pós-registo, as obrigações da empresa como fabricante prendem-se com a comunicação e conservação de informações.

Como tal, procedeu-se a um levantamento de toda a documentação necessária (relatórios de pré-registo e de registo, comunicações com clientes e SIEF, facturas e comprovativos de pagamento, entre outros) e elaborou-se um dossiê para a sua compilação e conservação.

Como utilizador a jusante, as obrigações da empresa são cumprir com o disposto nas fichas de dados de segurança em termos de medidas de segurança e de gestão de riscos e comunicar informações tanto a jusante como a montante da cadeia de abastecimento.

Foram analisadas as fichas de dados de segurança de todos os produtos utilizados na Sovena e elaborada uma base de dados com os parâmetros mais relevantes, para verificar se estavam elaboradas em conformidade com a legislação em vigor e se a empresa cumpria com o disposto em termos de medidas de segurança e de redução de riscos.

Da análise realizada concluiu-se que algumas FDS encontravam-se em incumprimento com a legislação em vigor e comunicou-se com os fornecedores dessas fichas para procederem à sua rectificação.

O trabalho desenvolvido no âmbito do Regulamento REACH culminou com a elaboração de uma instrução de trabalho com os procedimentos e rotinas a adoptar para garantir o cumprimento das obrigações impostas por este regulamento.

A segunda parte do trabalho desenvolvido consistiu na realização do balanço de energia ao processo de refinação de óleos vegetais e estudo de medidas de optimização. Foram efectuados balanços térmicos aos equipamentos da refinaria em que ocorriam permutas de calor, de forma a verificar a sua eficiência.

Não se considerou necessário optimizar os equipamentos em que ocorrem permutas térmicas (permutadores de calor, branqueador, desodorizador, aquecedor final e caldeira de alta pressão), pois apesar de não estarem a operar nas condições projectadas, encontram-se a trabalhar de forma eficiente. Contudo, é possível implementar rotinas, de forma a garantir a manutenção e controlo da eficiência desses equipamentos.

Verificou-se que existia um potencial de aproveitamento de energia em alguns casos, nomeadamente da energia presente na água quente proveniente da etapa de lavagem do óleo e da energia contida nos gases de exaustão da caldeira de produção de vapor de alta pressão.

De forma a aproveitar a energia presente na água quente da lavagem do óleo, estudou-se a possibilidade de instalação de um permutador de calor para aquecer o efluente de winterização que tem de ser aquecido para a etapa da separação de ceras. A implementação desta medida possibilita uma poupança de 690 toneladas por ano de vapor.

Para o aproveitamento da energia presente nos gases de exaustão da caldeira, analisou-se a instalação de um economizador na chaminé da caldeira. A recuperação desta energia permite aquecer o mesmo efluente de winterização já mencionado, permitindo uma poupança de 784 ton/ano de vapor.

Também foi estudada a hipótese da implementação conjunta do permutador de calor e do economizador de gases. Esta medida permite reduzir o aquecimento do efluente de winterização a uma etapa, ao invés das duas que realizadas actualmente, o que resulta numa economia de 1768 ton/ano de vapor.

Na etapa de separação de ceras faltam isolamentos em alguns equipamentos e o isolamento da rede de água glicolada apresenta-se um pouco degradado. A sua instalação e reparação, respectivamente permitem reduzir as perdas de energia por convecção e condução e, conseqüentemente, o consumo de vapor e no caso da água glicolada, reduz ainda o consumo de energia eléctrica nos equipamentos de refrigeração.

Relativamente ao potencial de poupança de energia eléctrica, foram analisados os sistemas de produção de ar comprimido e de iluminação da refinaria.

No sistema de ar comprimido efectuou-se um levantamento das fugas encontradas ao longo da rede e nos equipamentos pneumáticos e a sua reparação resulta numa poupança de 45 MWh/ano.

Nos sistemas de iluminação foi estudada em detalhe uma medida de poupança de energia: a substituição dos balastros convencionais actualmente utilizados por balastros electrónicos. A sua aplicação permite uma poupança de energia de 8 MWh/ano.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sovena, S.A., “História,” [Online]. Available: <http://www.sovenagroup.com/pt/group/mundo/historia>. [Acedido em Janeiro 2014].
- [2] Sovena, S.A., “Sovena Consumer Goods,” [Online]. Available: <http://www.sovenagroup.com/pt/goods/portugal/area>. [Acedido em Janeiro 2014].
- [3] Sovena Consumer Goods, “Marcas de Distribuição,” [Online]. Available: <http://www.sovenagroup.com/pt/goods/portugal/distribuicao>. [Acedido em Janeiro 2014].
- [4] CEFIC, “Chemical Industry Profile,” 2012. [Online]. Available: <http://www.cefic.org/Facts-and-Figures/Chemicals-Industry-Profile/>. [Acedido em Janeiro 2014].
- [5] European Chemicals Bureau, Joint Research Centre, European Commission, “Public availability of data on EU high production volume chemicals,” 2006.
- [6] Comissão Europeia, “REACH - History and Background,” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/background/index_en.htm. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [7] R. Dorsa, Tecnologia de óleos vegetais, Westfalia, 2004.
- [8] F. Shahidi, Ed., Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6ª ed., vol. 2, Wiley, 2005, pp. 664-671.
- [9] M. Kellens, Current Developments in Oil Refining Technology, Belgium: De Smet Group.
- [10] F. Shahidi, Ed., Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6ª ed., vol. 5, Wiley, 2005, pp. 1-56.
- [11] M. H. Sharqawy, J. H. Lienhard e S. M. Zubair, Thermophysical Properties of Seawater: A Review of Existing Correlations and Data, Desalination and Water Treatment, 2010.
- [12] Spirax Sarco, “Saturated Steam Properties,” [Online]. Available: http://www.spiraxsarco.com/esc/SS_Properties.aspx. [Acedido em Novembro 2013].
- [13] Spirax Sarco, The Steam and Condensate Loop - An engineer's best practice guide for saving energy, Spirax-Sarco Limited (UK), 2007.
- [14] P. C. S. Telles, “Tubulações Industriais,” 10ª ed., Livros Téc. e Cient. Editora, 2002, pp. 85-98.
- [15] P. C. S. Telles, “Tubulações Industriais,” 10ª ed., Livros Téc. e Cient. Editora, 2002, pp. 230-236.
- [16] Zenit, Manual de Ar Comprimido, 2006.
- [17] BOSCH, Tecnologia de ar comprimido, Disponível em www.bosch.com.br/br/ferramentas_pneumaticas, 2008.
- [18] R. H. Perry e D. W. Green, Perry's Chemical Engineer's Handbook, 8ª ed., New York: McGraw-Hill, 2008, pp. 10-52 a 10-57.
- [19] A. Teixeira, "Eficiência energética das instalações de iluminação", Porto: FEUP, 2006.
- [20] A. Teixeira, "Iluminação Interior - Projecto Luminotécnico", Porto: FEUP, 2006.
- [21] C. Gaspar, “Eficiência energética na iluminação,” *O Electricista*, vol. 39, pp. 48-53.
- [22] Vários Autores, Fundamentos, Dimensionado, y aplicaciones de la energia solar Fotovoltaica, Madrid: Ciemat, 2004.

11. ANEXOS

11.1 Anexo 1: Listagem da legislação aplicável à Sovena relativamente ao REACH

A tabela seguinte resume a toda a legislação principal aplicável na Sovena, relativamente ao Regulamento REACH.

Tabela 11.1: Legislação aplicável à Sovena relativamente ao REACH

Assunto	Ano	Legislação	Sumário	Aplicação na Sovena
REACH	2006	Regulamento (CE) nº 1907/2006	Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH)	Artigo 5º: ausência de dados, ausência de mercado; Artigo 6º: obrigação geral de registo das substâncias estremes ou contidas em misturas; Artigo 10º: informação a apresentar para efeitos gerais de registo; Artigo 11º: apresentação conjunta de dados por vários registantes; Artigo 17º: registo de substâncias intermédias isoladas nas instalações; Artigo 22º: outras obrigações dos registantes; Artigo 26º: obrigação de pesquisa de informação antes do registo; Artigo 28º: obrigação de pré-registo das substâncias de integração progressiva; Artigo 29º: fóruns de intercâmbio de informações sobre substâncias; Artigo 31º: requisitos aplicáveis às fichas de dados de segurança; Artigo 36º: obrigação de conservar a informação; Artigo 39º: aplicação das obrigações dos utilizadores a jusante; Artigo 44º: critérios aplicáveis à avaliação de substâncias; Artigo 66º: utilizadores a jusante Artigo 125º: funções dos Estados-Membros. Anexo I: Avaliação das substâncias e elaboração dos relatórios de segurança química Anexo II: Requisitos para as fichas de dados de segurança; Anexo IV e V: Isenções ao registo obrigatório; Anexo XII: Disposições gerais para a avaliação das substâncias e elaboração de relatórios de segurança química pelos Utilizadores; Anexo XVI: Análise Socioeconómica
REACH	2008	Regulamento (CE) nº 987/2008	Este regulamento altera o Anexo IV e V do Regulamento REACH relativamente às	Este regulamento adiciona, modificada e elimina determinadas entradas nos anexos IV e V do REACH. O anexo I e II deste Regulamento são as isenções finais aprovadas.

Assunto	Ano	Legislação	Sumário	Aplicação na Sovena
			isenções ao registo obrigatório (nº7, alínea a), artigo 2º)	
CLP	2008	Regulamento (CE) nº 1272/2008	Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo à Classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, que altera e revoga as Directivas nº 67/548/CEE e nº 1999/45/CE e altera o Regulamento REACH	Este Regulamento vem alterar e determinar os valores-limites que cada substância considerada perigosa ou possivelmente perigosa deve de ter.
REACH	2009	Decreto-Lei 293/2009	Assegura a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento REACH	Todo o conteúdo visto ser a transposição do regulamento REACH, para a ordem jurídica nacional.
REACH	2010	Regulamento (EU) nº 453/2010	Este regulamento altera o Anexo II do Regulamento REACH relativamente aos requisitos para as fichas de dados de segurança	Este regulamento vai alterar alguns dos requisitos de preenchimento das FDS, impondo que todas as fichas de todos os compostos tenham a mesma estrutura e a mesma qualidade de informação.
REACH	2011	Regulamento (EU) nº 252/2011	Este regulamento altera o Anexo I do Regulamento REACH relativamente à avaliação das substâncias e elaboração dos relatórios de segurança química	Este regulamento vai alterar alguns dos requisitos de avaliação das substâncias, nomeadamente a avaliação de perigos e riscos, cenários de exposição, comportamento toxicocinético.

11.2 Anexo 2: Calor específico do óleo de girassol em função da temperatura

Através dos valores de calor específico a diferentes de temperaturas, disponibilizados pela Sovena, é possível determinar uma equação que traduza a variação do calor específico do óleo de girassol com a temperatura.

Tabela 11.2: Variação do calor específico do óleo de girassol com a temperatura

Temperatura (°C)	Cp (kcal/kg °C)
20	0,44
40	0,46
60	0,47
80	0,49
100	0,50
120	0,52
140	0,53
160	0,55
180	0,56
200	0,58
220	0,59
240	0,61

Com os valores da tabela 12.1, foi elaborado um gráfico para perceber a variação do calor específico do óleo de girassol com a temperatura e dessa forma arranjar uma equação para representar essa mesma variação.

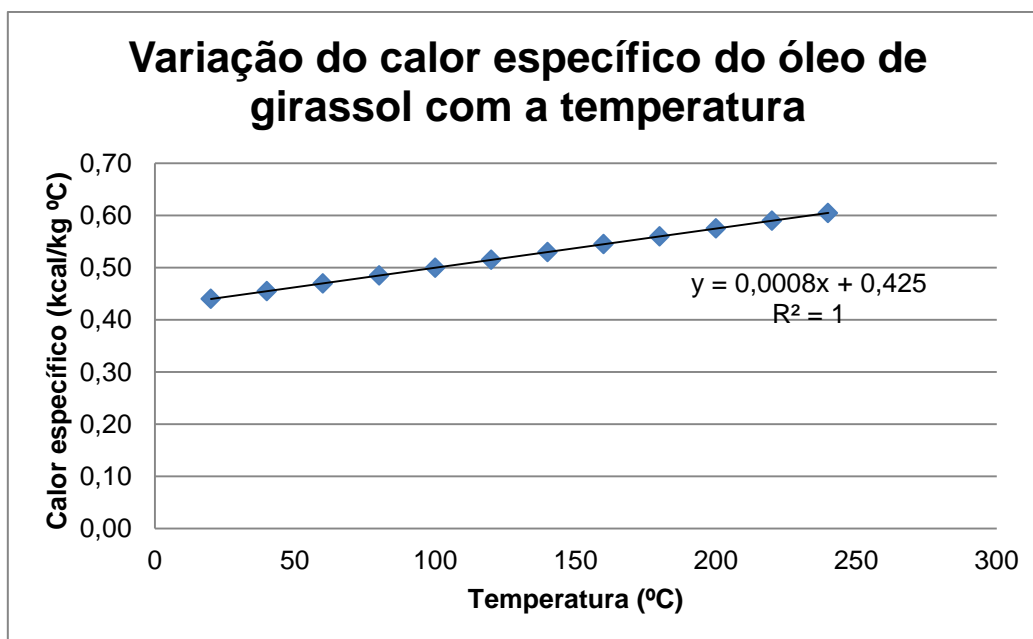


Figura 11.1: Variação do calor específico do óleo de girassol com a temperatura

Assim, pela figura 12.1 a variação do calor específico com a temperatura é dado por:

$$C_p = 0,0008T + 0,425 \quad (11.1)$$