



Sustentabilidade na Indústria Vinícola: Água e Resíduos

MARLENE OLÍVIA FERREIRA TEIXEIRA

Novembro de 2017

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

RAMO ENERGIA E BIORREFINARIA



Orientação:
Co-Orientação:



“A vida é como um balão. Quando nos deparamos com ventos fortes, a solução não é lutar contra eles, mas procurar novas altitudes, novos ventos que levem na direção certa.”

Bertrand Piccard

AGRADECIMENTOS

Uma caminhada desta natureza só foi possível com a ajuda de pessoas amigas, colegas e principalmente a minha família por todo o ânimo que pacientemente me souberam dar.

Ao Doutor António Alfredo Crespim, agradeço toda a disponibilidade demonstrada, por todas as sugestões, por todo o auxílio e acompanhamento, e pelos bons conselhos transmitidos durante toda esta etapa.

À Engenheira Diana Meireles pela oportunidade, por todo o apoio, orientação e conhecimentos transmitidos e a toda a equipa da Quinta da Lixa pela hospitalidade e simpatia.

Aos meus amigos verdadeiros, em especial a Ariana Neves, Mariana Ferreira e Rita Bessa, por estarem sempre ao meu lado durante estes meses e durante todo o meu percurso académico, pela amizade, pelo apoio e incentivo e por nunca duvidarem de mim.

Por outro lado, nada disto seria possível sem o apoio e força dos meus pais, tanto no decorrer desta etapa bem como ao longo de todo o meu percurso académico. Um enorme obrigada por acreditarem sempre em mim e naquilo que faço e por todos os ensinamentos de vida. Espero que esta etapa, que agora termino, possa, de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que, constantemente, me oferecem. A eles, dedico todo este trabalho.

RESUMO

Esta dissertação, desenvolvida numa empresa da Indústria Vinícola, teve como principais objetivos a avaliação da utilização da água no processo de produção de vinho e do impacto dos resíduos gerados pelo mesmo processo.

De modo a tornar a indústria vinícola sustentável, é necessário o desenvolvimento de estratégias, programas e ações que visam oferecer ao produtor e, especialmente, ao consumidor uma melhor qualidade, tendo em conta as questões ambientais, energéticas, económicas e sociais. Esta indústria está associada a elevados consumos de água durante as várias etapas de processamento do vinho gerando uma elevada quantidade de águas residuais, e a uma produção de resíduos significativa, o que representa uma ameaça para o ambiente se não forem adotadas as medidas adequadas de minimização e tratamento.

Assim, efetuou-se o levantamento do consumo de água durante o ano de 2016, e verificou-se que este consumo é devido essencialmente às lavagens/higienizações, nomeadamente lavagem/enxaguamento das cubas, lavagem da linha de enchimento e garrafas (enchedora e enxaguadora), lavagem de todos os equipamentos, lavagem de todo o chão e exteriores e para o arrefecimento das cubas, tendo-se obtido um consumo anual de 3 373 300 L.

Relativamente ao volume de águas residuais produzidas considerou-se que este valor é sensivelmente equivalente ao volume de água consumido na adega. Em relação ao tratamento das águas residuais verificou-se que a ETAR existente na adega se encontrava a satisfazer com os requisitos legais na época de engarrafamento, que representa a maior parte do ano, embora com necessidade de obras e reformulação.

Em relação às quantidades de resíduos gerados, não foi possível obter a quantidade total tendo-se estimado que a quantidade de resíduos produzidos é de 924 000 kg/ano.

Como medida para a minimização do consumo de água propõe-se a implementação de um sistema filtração que permite tratar parte da água gasta na linha de enchimento de modo a que esta seja reutilizada com a finalidade de ser utilizada para a lavagem de chão e exteriores, permitindo assim reduzir uma parcela do consumo total anual da adega.

Propõe-se também a modificação da ETAR no sentido de melhorar o seu desempenho, nomeadamente na época das vindimas e de modo permitir a possibilidade de enviar a água residual tratada para um curso de água natural, de acordo com a seguinte sequência: gradagem, tamisagem, tanque de homogeneização, correção de pH, arejamento por lamas ativadas e filtração por membranas (ultrafiltração).

Em relação aos resíduos, propõe-se a valorização energética dos subprodutos, nomeadamente o engaço obtido no desengaçamento e o bagaço resultante da prensagem constituído pelo folhelho, grainhas e ainda algum engaço, através da produção de *pellets* para queima cuja instalação se dimensionou.

Palavras-Chave: Sustentabilidade, Indústria Vinícola, Água, Águas Residuais, Resíduos.

ABSTRACT

This dissertation, was developed in a company of Wine Industry, and had as principal objectives the evaluation of the use of water in the wine production process and the waste impact generated by the same process.

To make the wine industry sustainable, it is necessary to develop strategies, programs and actions that aim to provide the producer and especially the consumer a better quality, taking into account environmental, energy, economic and social issues. This industry is associated with high water consumption during the numerous processing stages of the wine, producing a high amount of wastewater, and a significant waste production, which represent a threat to the environment if are not taken into consideration the correct measures of the minimization and treatment

Therefore, it was made a lift of the water consumption during the year 2016, and it was verified that this consumption is mainly due to washes / hygiene, namely washing / rinsing of the tanks, washing of the filling line and bottles (filler and rinse), washing of all the equipment, washing of the whole floor and outdoor and for cooling of the tanks, obtaining an annual consumption of 3 373 300 L.

Relatively to the volume of waste water produced it was considered that this value is roughly equivalent to the volume of water consumed in the cellar. Regarding wastewater treatment, it was found that the treatment plant existing in the cellar were according to the legal requirements at the time of bottling, that represents the biggest part of the year, although with the need of work and repair.

Regarding to the quantities of waste generated, it was not possible to obtain the total quantity having been estimated that the quantity of waste produced is 924 000 kg / year.

As a measure to minimize water consumption, it is proposed to implement a filtration system that allows to treat part of the consumed water in the line so that it can be reused for the purpose of washing the floors and exteriors, allowing a reduction in the total annual consumption of the cellar.

It is also proposed to modify the treatment plant in order to improve their performance, particularly in the harvest season allowing the possibility of sending treated wastewater to a natural water course, according to the following sequence: harrowing, screening, homogenization tank, pH correction, activated sludge aeration and membrane filtration (ultrafiltration).

In relation to waste, it is proposed the energetic valorization of the by-products, namely the stalk obtained from the stalking and grape marc resulting from the pressing constituted by shale, grains and even some stalk, through the production of pellets for firing whose installation was dimensioned.

Keywords: Sustainability, Wine Industry, Water, Wastewater, Waste.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice de figuras	xv
Índice de tabelas.....	xvii
Lista de abreviaturas.....	xix
Lista de siglas	xxi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Tema e Objetivos	1
1.3. Breve história da Empresa	1
1.4. Estrutura da tese.....	2
2. Estado da Tecnologia	3
2.1. Sustentabilidade da Indústria Vinícola.....	3
2.2. A importância do Setor Vinícola em Portugal	4
2.3. A Produção de vinho.....	4
2.3.1. O Vinho.....	5
2.4. Água do consumo	7
2.5. Águas Residuais	8
2.5.1. Origem e caracterização das águas residuais.....	8
2.5.2. Parâmetros de caracterização das águas residuais	10
2.5.3. Gestão de águas residuais/Impacte ambiental.....	14
2.5.4. Avaliação do volume de águas residuais geradas.....	15
2.5.5. Legislação Portuguesa.....	16
2.5.6. Tratamento das águas residuais	18
2.6. Resíduos.....	24
2.6.1. Origem e caracterização dos resíduos gerados	24

2.6.2.	Gestão de resíduos.....	25
2.6.3.	Legislação Portuguesa.....	26
3.	Levantamento Efetuado.....	29
3.1.	Produção de Vinho.....	29
3.1.1.	Colheita/Receção.....	33
3.1.2.	Desengaçamento/Esmagamento	33
3.1.3.	Prensagem	34
3.1.4.	Decantação.....	34
3.1.5.	Fermentação.....	35
3.1.6.	Desencube.....	36
3.1.7.	Trasfega.....	36
3.1.8.	Filtração	37
3.1.9.	Engarrafamento	37
3.2.	Água do processo	38
3.2.1.	Lavagem da linha de enchimento/enxaguamento	41
3.2.2.	Consumo de água.....	42
3.3.	Águas Residuais	45
3.4.	Resíduos.....	47
4.	Potencial e Propostas de melhoria.....	51
4.1.	Minimização do consumo de água	51
4.1.1.	Potencial de melhoria.....	51
4.1.2.	Proposta de melhoria	51
4.2.	Águas residuais	52
4.2.1.	Potencial de melhoria.....	52
4.2.2.	Proposta de melhoria	53
4.3.	Valorização Energética de resíduos	54
4.3.1.	Potencial de melhoria.....	54
4.3.2.	Proposta de melhoria	59
5.	Conclusão.....	69

Bibliografia.....	71
Anexos	75
Anexo A - Produção de pellets	75
Anexo A.1. Exemplo de cálculo para a determinação da quantidade de resíduos.....	75
Anexo A.2. Dimensionamento do secador.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Esquema representativo do processo de produção de vinho tinto.	30
Figura 3.2 - Esquema representativo da produção de vinho branco e rosé.	31
Figura 3.3 - Esquema representativo do processo de produção de vinho tinto, branco e rosé.....	32
Figura 3.4 - Tegão das uvas.....	33
Figura 3.5 - Bomba Elevação de massas (mostos).....	34
Figura 3.6 - Filtro de vácuo.....	35
Figura 3.7 - Processo de tratamento da água.....	39
Figura 3.8 - Cartucho de 1 µs.....	40
Figura 3.9 - Filtro multimédia.	40
Figura 3.10 - Filtro de placas.	40
Figura 3.11 - Distribuição dos consumos de água no ano de 2016.....	44
Figura 3.12 - Consumo de água por mês no ano de 2016.	45
Figura 4.1 - Esquema representativo da reciclagem da água.	52
Figura 4.2 - Esquema da estação de tratamento de águas residuais proposta.	53
Figura 4.3 - Etapas do processo de produção de pellets.	55
Figura 4.4 - Etapas da gasificação.	58
Figura 4.5 - Secador rotativo da empresa GEMCO [40].	61
Figura 4.6 - Moinho de martelos modelo TFS 420 da empresa GEMCO [40]. .	62
Figura 4.7 - Forma final dos pellets obtidos.	64
Figura 4.8 - Peletizadora Modelo KMPM35 da GEMCO [40].	64
Figura 4.9 - Arrefecedor Modelo GM50 da GEMCO [41].	65
Figura 4.10 - Embalamento dos pellets produzidos.	66
Figura 4.11 - Máquina de embalamento da GEMCO [40].	66
Figura A.1 - Representação das correntes de entrada e saída do secador e do aquecedor do ar.....	76
Figura A.2 - Distinção das três zonas de secagem do sólido [42].	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Valores gerais de caracterização das águas residuais em época baixa e alta [8].	13
Tabela 2.2 - Valores Limite de Emissão (VLE) estabelecidos na Legislação Vigente (Dec. Lei n.º 236/98, de 1 de agosto) para descarga de águas residuais em meio recetor natural [22].	17
Tabela 3.1 - Quantidade de água consumida pela empresa.	43
Tabela 3.2 - Caracterização das águas residuais provenientes das várias etapas do processo.	46
Tabela 3.3 - Caracterização química das águas residuais à saída da ETAR em Abril de 2016.	47
Tabela 3.4 - Identificação dos resíduos produzidos, origem, destino e quantidade produzida	48
Tabela 4.1 - Índice de subproduto gerado por hectolitro de vinho [6].	59
Tabela 4.2 - Quantidade de resíduos (subprodutos) produzidos no ano de 2016.	59
Tabela 4.3 - Dados relativos ao dimensionamento do secador.	61
Tabela 4.4 - Características do moinho selecionado [40].	63
Tabela 4.5 - Características da peletizadora selecionada [40].	64
Tabela 4.6 - Características do arrefecedor selecionado [41].	65
Tabela 4.7 - Características da máquina de embalagem selecionada [40]. ..	67

LISTA DE ABREVIATURAS

CBO - Carência Bioquímica de Oxigênio;

CQO - Carência Química de Oxigênio;

DL - Decreto Lei;

ETAR - Estação de tratamento de águas residuais;

HOT - Altura dos elementos de transferência (m);

NOT - Número de elementos de transferência;

Nt - Azoto total;

OIV - Organização Internacional da Vinha e do Vinho;

P - Fósforo Total;

SST - Sólidos Suspensos Totais;

SSV - Sólidos Suspensos Voláteis;

VMA - Valor Máximo Admissível;

VLE- Valor Limite de Emissão.

LISTA DE SIGLAS

- cp - Calor específico (kcal/kg.°C);
- d - Diâmetro do secador (m);
- G - Fluxo mássico de ar (kg/h.m²);
- L - Caudal de sólido húmido (kg/h);
- L' - Caudal de sólido seco (kg/h);
- Q - Calor recebido/fornecido (kcal/h);
- T₁ - Temperatura do ar à entrada do aquecedor (°C);
- T₂ - Temperatura do ar à entrada do secador (°C);
- T₃ - Temperatura do ar à saída do secador (°C);
- W - Caudal mássico de ar (kg/h);
- Yr1 - Humidade relativa do ar à entrada do aquecedor;
- Yr3 - Humidade relativa do ar à saída do secador;
- y2 - Humidade relativa do ar à entrada do aquecedor;
- y3 - Humidade relativa do ar à saída do secador;
- z - Comprimento do secador (m).

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Esta dissertação traduz o trabalho realizado no âmbito da unidade curricular de Dissertação/Estágio do 2º ano do Mestrado de Energia e Biorrefinaria, do Departamento de Engenharia Química, no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Este estágio teve a duração de, aproximadamente, sete meses, com início a 3 de Abril de 2017 e término a 30 de Outubro de 2017, e foi realizado na Quinta da Lixa - Sociedade Agrícola, LDA, localizada em Vila Cova da Lixa, pertencente ao concelho de Felgueiras.

1.2. TEMA E OBJETIVOS

O tema principal deste projeto consiste no estudo da utilização de água no processo de produção de vinho, das águas residuais geradas durante o mesmo e seu tratamento, e dos resíduos sólidos gerados e avaliação do seu destino e potencial.

Assim, os principais objetivos são:

- Levantamento do consumo de água no processo, da quantidade de águas residuais geradas e dos resíduos gerados;
- Otimização do consumo de água tendo em vista a sua minimização;
- Avaliação do impacto e tratamento das águas residuais;
- Avaliação do potencial dos resíduos gerados;
- Propostas de melhoria no sentido de garantir a sustentabilidade.

1.3. BREVE HISTÓRIA DA EMPRESA

A Quinta da Lixa - Sociedade Agrícola, LDA, foi criada em 1986 pela família Meireles que já era proprietária de várias vinhas localizadas em redor da pequena Vila da Lixa.

Inicialmente, o vinho produzido era vendido apenas a granel, mas devido à sua grande aceitação e qualidade, rapidamente se percebeu da necessidade de se proceder ao seu engarrafamento na propriedade. Assim, devido ao aumento de produção foi necessário a construção de novas instalações de modo a substituir a

primitiva adega onde já não era possível a manutenção do padrão de qualidade que caracterizava os vinhos da empresa. Assim, em 1994 iniciou-se a construção das atuais instalações, um moderno centro de vinificação com uma área coberta de cerca de 6 000 m², uma capacidade instalada de 4 000 000 de litros, escritórios, laboratório, sala de provas e uma loja de venda ao público.

Na Quinta da Lixa são produzidos alguns vinhos espumantes e vários tipos de vinhos, entre os quais Vinhos Verdes e vinhos regionais, tintos, brancos ou rosados, com maior incidência nos brancos. Para além do mercado nacional, a Quinta da Lixa tem apostado na exportação para vários países nos mais variados continentes e, hoje em dia, os vinhos da empresa estão representados em 27 mercados por todo o mundo [1].

O desenvolvimento da empresa só é possível graças à satisfação não só dos clientes, mas também dos fornecedores, colaboradores e sociedade, em geral, quanto aos produtos e serviços prestados. Faz parte da política da empresa estabelecer permanentemente práticas de melhoria contínua, atingindo níveis de rentabilidade e qualidade que garantam o crescimento sustentado da empresa [1].

1.4. ESTRUTURA DA TESE

A presente dissertação está organizada em 6 capítulos. O capítulo 1 consiste no enquadramento, objetivos, breve história da empresa e na apresentação do modo como o trabalho se encontra estruturado.

O segundo capítulo refere-se ao estado tecnológico no qual são apresentados os fundamentos teóricos relativos ao processo de produção de vinho, à água utilizada no processo, águas residuais e resíduos resultantes do processo de vinificação.

O terceiro capítulo corresponde ao levantamento efetuado relativamente ao processo, água consumida, águas residuais e resíduos originados pela empresa.

No quarto capítulo são definidas propostas de melhorias que levam à minimização do consumo de água e a uma boa gestão das águas residuais e valorização dos resíduos produzidos.

No quinto capítulo redigiram-se as considerações finais onde se sintetizam as principais conclusões do estudo.

No final apresentam-se as referências bibliográficas consultadas.

2. ESTADO DA TECNOLOGIA

2.1. SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA VINÍCOLA

A sustentabilidade desempenha um papel fundamental na indústria do vinho. Segundo a *Organização Internacional da Vinha e do Vinho* (OIV) a sustentabilidade é definida como a estratégia global que inclui todas as etapas do ciclo produtivo do vinho desde a produção das uvas [2].

Quando se fala em sustentabilidade no setor vitivinícola, é essencial ter em mente que esta deve ser realizada com base em quatro pilares fundamentais: ambiental, social (segurança e higiene alimentar), cultural e econômico [3].

Assim, o grande desafio para atingir uma vantagem competitiva sustentável é garantir o equilíbrio entre um sector vitivinícola economicamente viável com um desempenho ambiental que tenha um impacto positivo na sociedade [4]. É por isso necessário analisar as práticas ambientais para que seja possível minimizar os impactos negativos inerentes a esta atividade. Esta filosofia de boas práticas é necessária para que a indústria dos vinhos permaneça econômica e socialmente sustentável [5].

É importante ter em conta que este setor utiliza dois importantes recursos, a água e eletricidade o que faz com as práticas sustentáveis de uma empresa passem pela consciencialização do consumo destes recursos. Além disso, é importante proceder-se também a uma gestão adequada dos resíduos gerados bem como das águas residuais [6].

Os benefícios de uma estratégia sustentável refletem-se essencialmente na redução de custos e na diferenciação. A redução de custos pode ser alcançada através de medidas como a utilização de materiais eco-eficientes, a reutilização de subprodutos, o aumento do rendimento dos processos, a introdução de um processo inovador para “quebrar” mercados mais tradicionais, a criação de barreiras de entrada no mercado de forma a se obter preços mais baixos, ou ainda procurar um menor impacto ambiental. No entanto, para a adoção de uma estratégia de diferenciação torna-se necessário que exista uma sensibilização por parte do consumidor dos benefícios e valores ambientais e que se ganhe a confiança do cliente no que diz respeito à reputação, lealdade e valor do ciclo de vida associados à empresa. Paralelamente, é importante que se disponibilizem produtos/serviços únicos e difíceis de replicar ou imitar pela concorrência [7].

2.2. A IMPORTÂNCIA DO SETOR VINÍCOLA EM PORTUGAL

O clima de Portugal Continental, com características mediterrâneas, embora apresentando uma grande variabilidade, associado às condições oferecidas pelos solos, determina excelentes condições naturais para a cultura da vinha do norte a sul do país e para a produção de vinhos de qualidade, com uma forte personalidade, vinculada pelas castas autóctones [8].

Assim, em Portugal, o vinho é um produto com uma grande importância económica, social e cultural. Em 2016, segundo estatísticas, a produção em Portugal foi de 6 milhões de hectolitros, menos 15% que a vindima do ano anterior.

Em relação à exportação, Portugal apresentou vendas ao exterior na ordem dos 2,8 milhões de hectolitros e 734 milhões de euros em 2016.

Relativamente ao consumo por habitante, Portugal está no topo da lista, com um consumo de 54 litros por pessoa e por ano [9].

Para além da importância do setor vinícola na economia portuguesa, é também no emprego um setor essencial não só pelo número de postos de trabalho diretos, mas também pelo elevado número de empresas que induz [8].

2.3. A PRODUÇÃO DE VINHO

A produção de vinho é um processo que já é feito há cerca de 7500 anos e que tem vindo a ser influenciado e melhorado pela evolução tecnológica e científica. Esta evolução deu-se a muitos níveis, desde o melhoramento das garrafas de vidro, ao domínio de certas doenças e desenvolvimento de processos que permitam controlar a vinificação [10].

O processo de produção de vinho é, essencialmente, o ato de transformar uvas (mostos) em vinho por intermédio de várias etapas ou processos (prensagem, fermentação, trasfegas, entre outros) e começa com a chegada das uvas à adega [11].

Todo este processo ocorre nas adegas. A maior preocupação na construção destes edifícios baseia-se na capacidade de se manterem frescos mesmo em períodos de temperaturas muito elevadas. Deve ter-se em atenção, também, que a distância a que o mosto ou o vinho é bombeado seja o mais curta possível. Normalmente, as adegas são construídas com o intuito de promover a deslocação das uvas, mosto e vinho por ação da gravidade [11].

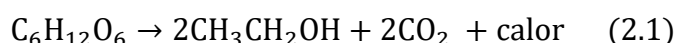
Para a produção de vinho são usados vários equipamentos, cada um deles com a sua função específica no processo de vinificação. Numa adega é comum existirem esmagadores/desengaçadores, para esmagar os bagos e retirar o engaço, cubas quer de fermentação como de armazenamento, bombas, tubagens, filtros, sistemas de refrigeração, linhas de enchimento e engarrafamento, equipamentos laboratoriais, entre outros [11].

Embora o processo varie de produtor para produtor, fator que contribui para a especificidade de cada vinho, existem operações básicas unitárias que são comuns na grande maioria das adegas: desengace, esmagamento, fermentação, filtração/clarificação, estágio e engarrafamento [12].

Durante todo este processo, estima-se que uma adega produz cerca de 1,3 a 1,5 kg de resíduos por cada litro de vinho produzido, sendo 75% de águas residuais vinícolas, 24% de subprodutos de vinificação e 1 % de resíduos sólidos [8].

2.3.1. O Vinho

O vinho é uma bebida alcoólica resultante da fermentação do mosto de uvas frescas, sãs e maduras, conseguida por intermédio de microrganismos (leveduras), os quais transformam bioquimicamente os açúcares presentes no sumo da uva, nomeadamente a frutose e a glicose, em etanol e dióxido de carbono de acordo com a equação 1 e numa série de produtos secundários em quantidades variadas [13].



Além disso, pequenas quantidades de outros produtos são formadas durante o processo de fermentação, incluindo glicerol, ácido succínico, butileno glicol, ácido acético, ácido láctico e outros álcoois. O enólogo deve controlar o processo de fermentação, de modo a obter um vinho com características de excelência, que o traduzem num vinho que é saboroso, equilibrado e ao estilo exigido. O processo de vinificação apresenta uma série potenciais problemas, incluindo fermentações presas, isto é, paragem prematura da fermentação enquanto o vinho ainda contém açúcares não fermentados, oxidação ou contaminações por certos microrganismos, como bactérias acéticas. Com estes retrocessos, a vinificação não ocorrerá como o esperado e o produto final não terá o equilíbrio e as características desejadas [11].

A composição do vinho é complexa e variada e depende de vários fatores tais como a qualidade das uvas, a data da vindima, as condições em que a colheita é realizada, o modo de vinificação e a idade do vinho. O etanol é, depois da água, o

principal componente do vinho, correspondendo a cerca de 9 a 15% (em volume). O terceiro componente mais abundante no vinho é o glicerol [13].

As características e qualidade dos vinhos estão dependentes da altura em que as uvas são colhidas, daí que seja muito importante definir a data da vindima com rigor e exatidão. Para tal é muito importante monitorizar regularmente o teor em açúcar e o nível de acidez nas uvas [11].

Para obter um vinho de qualidade é primordial que as uvas possuam uma boa qualidade, no entanto esta não é a única condição. É importante efetuar o controlo do transporte das uvas para as unidades de fabrico, a seleção e o controlo sanitário das mesmas, a verificação das condições de fermentação do mosto e a realização de todas as operações enológicas necessárias [12].

Em Portugal são produzidos diferentes tipos de vinhos, e a vinificação é um processo próprio de cada produtor.

O vinho tranquilo é caracterizado por não conter gás, ao contrário dos vinhos espumantes e frisantes (como alguns vinhos verdes) que possuem desprendimento de gás. São normalmente tintos ou brancos, mas existe também o vinho tranquilo rosé [14].

Os vinhos brancos tranquilos são produzidos a partir da fermentação de uvas sem película. Todavia, há alguns brancos que são elaborados a partir do processo de maceração pelicular, ou seja, a película das uvas mantém-se em contacto com o mosto antes da fermentação para uma maior concentração aromática. Estes vinhos apresentam um aspeto límpido e cor amarela bastante clara ou um pouco mais escura. São bastante suaves e aromáticos (predominam os odores a flores e frutos) [14].

Os vinhos tintos tranquilos são produzidos a partir da fermentação de castas tintas. Os tintos jovens são suaves, bastante aromáticos e geralmente têm um sabor delicado. Os tintos mais envelhecidos têm um aroma muito intenso e na boca apresentam uma textura macia (diz-se que são aveludados) e um elevado teor alcoólico [14].

Os vinhos rosés são elaborados a partir de castas tintas e através de um processo especial de fermentação. Após um curto período de tempo retiram-se a película das uvas, pois já foi transferida alguma coloração rosada ao vinho. Depois segue-se um processo de fermentação semelhante ao do vinho branco (fermentação sem película). Em Portugal é permitido fazer rosé a partir da mistura de vinhos brancos e tintos. Os rosés podem adquirir diferentes tonalidades: desde o rosa pálido

ao vermelho claro. O seu sabor resulta do equilíbrio entre as características do vinho branco (a leveza e suavidade) e do vinho tinto (sobressaem aromas a frutos, especialmente os vermelhos) [14].

Existem ainda os vinhos generosos ou licorosos, que resultam da adição de álcool (álcool puro, aguardente ou brandy) durante o processo de fermentação, de modo a interromper o processo de transformação dos açúcares em álcool. Assim, o vinho torna-se mais doce e alcoólico do que qualquer outro vinho de mesa. Em Portugal, a produção deste tipo de vinhos corresponde ao vinho do porto, madeira e moscatel.

Por fim, tem-se os vinhos espumantes que se distinguem dos anteriores pela presença de dióxido de carbono proveniente da fermentação secundária, que lhes atribui a típica “bolha” e espuma. Normalmente os vinhos espumantes têm a sua fase final de fermentação em garrafa (método clássico ou champanhês). Existe ainda o método contínuo onde a fermentação ocorre através da passagem do vinho por diferentes cubas (onde o vinho fermenta e envelhece) e o método “charmat” onde a fermentação se realiza numa cuba fechada. Em Portugal o vinho espumante pode ser branco, tinto e rosé [14].

É ainda comum fazer-se a distinção popular entre vinho verde e maduro, que pretende contrastar os “vinhos verdes” com o vinho produzido nas outras regiões portuguesas. Assim, “vinho verde” é uma região e não um tipo de vinho [14].

2.4. **ÁGUA DO CONSUMO**

A água é um recurso limitado que não deve ser desperdiçado pois é indissociável da vida na terra, e a sua disponibilidade foi e sempre será uma condição essencial à fixação de população e ao desenvolvimento de todas as atividades humanas [15]. Entre os fatores que mais têm afetado a disponibilidade hídrica estão o crescimento exponencial da população mundial e a grande expansão dos setores produtivos, como o agrícola e o industrial. Esta situação, conduz a um consumo excessivo e também á poluição da água em grande escala, o que leva à necessidade de uma reformulação na conceção da sua administração, apresentando desafios às entidades de ensino e aos órgãos governamentais e não-governamentais.

Surge assim a necessidade de encontrar estratégias de preservação e manutenção das disponibilidades hídricas, identificando e quantificando os setores responsáveis pelo maior consumo de água, para posteriormente se conseguir elaborar

um plano de gestão que permita reduzir e tornar eficiente a utilização da água em todos os setores [16].

A produção de vinhos está, principalmente por razões de higiene, associada ao elevado consumo de água. Esta é utilizada durante as fases de higienização e/ou desinfecção de instalações e equipamentos, pavimentos, canais de drenagem, lagares, recipientes de transporte de uvas, tubagens e mangueiras, cubas, cascos, bombas, prensas, filtros, garrafas, linha de enchimento, etc. A água é também utilizada para a irrigação das vinhas sendo que esta recebe um tratamento relativamente simples em relação à água utilizada nas adegas que normalmente passa por um tratamento mais complexo [4,17].

O clima é um elemento fundamental para a qualidade da uva, sendo influenciada pelos seus principais elementos: a radiação solar, a temperatura, a humidade e as precipitações. Na vinha, a água é um elemento fundamental para o seu crescimento vegetativo e funcionamento fisiológico. Consequentemente, é um fator determinante para o rendimento e para a qualidade das uvas [18].

Desta forma, o consumo de água é inevitável na indústria vinícola, devido à necessidade de manutenção das condições de higiene no processo [19]. Estudos indicam que por cada litro de vinho produzido são necessários cerca de 10 L de água, sendo que este número é apenas uma estimativa e é variável de adega para adega [11].

No entanto, o uso da água pode e deve ser reduzido ao mínimo necessário evitando desperdícios de modo a não criar problemas ambientais [19].

2.5. ÁGUAS RESIDUAIS

2.5.1. Origem e caracterização das águas residuais

Durante as diferentes operações, as águas vão sendo enriquecidas com a carga poluente proveniente dos próprios constituintes da uva, do mosto e do vinho e dos produtos de limpeza/higienização, originando assim águas residuais, também denominados de efluentes vinícolas [4,17].

Durante todo o processo de produção de vinho são geradas grandes quantidades de águas residuais com uma grande variabilidade em termos de volume, carga poluente. As características destes efluentes variam particularmente com a época do ano, as tecnologias de produção adotadas e a dimensão da adega [20].

Estima-se que 75% de todos os resíduos produzidos neste setor correspondem às águas residuais, sendo o restante subprodutos e resíduos sólidos [20].

As águas residuais são constituídas principalmente por:

- Resíduos de subprodutos (folhas, engaço, película, grainha, borras);
- Produção bruta perdida (mosto e vinho derramado durante as atividades de vinificação);
- Produtos utilizados no tratamento dos vinhos;
- Produtos de limpeza e desinfecção (utilizados para a lavagem de materiais, equipamentos e pavimentos);
- Resíduos de manutenção de máquinas e equipamentos [15].

Em diferentes estudos nos quais se analisou as características médias das águas residuais em adegas em todo mundo e do mesmo país, verificou-se que existiam diferenças, isto é, variação na composição das mesmas. Esta variação na composição das águas residuais complica a existência de uma solução geral para o seu tratamento. Assim, para encontrar o tratamento correto é importante compreender a composição detalhada das águas residuais da adega em questão [15].

De uma forma simples a composição dos efluentes divide-se em duas fases: uma solúvel e outra insolúvel.

- A **fase solúvel** é facilmente biodegradável (exceto os polifenóis), correspondente a 80% do total, é constituída essencialmente por substâncias orgânicas e minerais provenientes da uva, do vinho, dos produtos enológicos utilizados na vinificação e dos produtos de higienização: mosto, vinho, açúcares, detergentes, desinfetantes, ácidos orgânicos (tartárico, málico, acético e láctico), álcoois, glicerol, polifenóis, etc.

- A **fase insolúvel**, com baixa biodegradabilidade, correspondendo a 20%, é constituída essencialmente por partículas orgânicas e minerais grosseiras, que decantam mais ou menos facilmente em função do seu tamanho e peso, e que têm origem na uva, vinho e produtos enológicos: engaço, película, grainhas, cristais de ácido tartárico, borras, resíduos de filtração etc. Esta fase poderá ainda conter resíduos dos óleos e substâncias lubrificantes utilizadas nas máquinas e equipamentos [8].

Como foi referido anteriormente, os constituintes do mosto e do vinho fazem também parte da constituição das águas residuais, mas em diferentes proporções: açúcares (glicose, frutose, outros) fundamentalmente responsáveis pela carência

química de oxigênio (CQO), etanol, ésteres, glicerol, ácidos orgânicos (cítrico, tartárico, málico, láctico, acético), compostos fenólicos e uma numerosa população de bactérias e leveduras e elementos facilmente biodegradáveis com exceção os polifenóis. Estas contêm também metais pesados, tais como ferro, zinco, e iões metálicos como Ca^{2+} , K^+ e Na^{2+} e sulfatos [20].

O teor em matéria orgânica dos efluentes vinícolas que resulta da presença de açúcares muito solúveis, álcoois, ácidos e compostos recalcitrantes de elevado peso molecular (por exemplo, polifenóis, taninos e lenhinas) são dificilmente removíveis por processos físicos ou por processos químicos [13].

O período constituído pela vindima e primeiras trasfegas decorre normalmente de setembro a novembro e representa a principal produção de efluente, podendo atingir até 70% do volume e cargas poluentes totais. Os gastos de água e correspondente produção de efluente são muito variáveis de instalação para instalação, dependendo muito dos hábitos de eficiência hídrica dos operadores industriais. Em pequenas instalações menos modernizadas encontram-se com frequência relações de 5 litros efluente/litro de vinho produzido, enquanto que em unidades mais modernas e de maior dimensão essa relação pode descer até 1,1 - 1,25 litros efluente/litro de vinho produzido [21].

É de salientar que os efluentes vinícolas podem variar significativamente em termos de carga poluente e volume ao longo do ano, em função do período de funcionamento (vindimas, trasfegas, engarrafamento), do tipo de vinho (tinto, branco, espumante) e da região de produção, das características da adega e dos métodos empregues para a sua produção [8,17].

2.5.2. Parâmetros de caracterização das águas residuais

A avaliação da concentração da carga poluente dos efluentes é feita através dos parâmetros físico-químicos e biológicos a seguir apresentados.

a) Carência Química de Oxigênio (CQO)

Representa a quantidade total de matéria oxidável (orgânica ou inorgânica) presente no efluente e corresponde à quantidade total de oxigênio essencial para oxidar a matéria orgânica e mineral presente no mesmo. A sua determinação consiste na oxidação a quente por um excesso de dicromato de potássio em meio ácido e em

presença de sulfato de prata e sulfato de mercúrio. A quantificação é feita posteriormente por método colorimétrico com auxílio de um espectrofotômetro.

A CQO é o parâmetro de eleição para a caracterização da carga poluente dos efluentes por ser mais rápido e fiável que a carência bioquímica de oxigénio [8,22].

b) Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)

Representa a quantidade total de matéria biodegradável existente no efluente e corresponde à quantidade de oxigénio que os microrganismos necessitam para oxidar compostos carbónicos biodegradáveis presentes no mesmo. A medição deste parâmetro consiste na medição do oxigénio consumido durante 5 dias numa amostra de efluente diluída com água saturada em oxigénio, à qual se adiciona nutrientes e microrganismos, sendo posteriormente colocada no escuro durante 5 dias a 20°C.

A CBO é uma parte da CQO variando a proporção CBO/CQO segundo o tipo de efluente [8,22].

c) Sólidos Suspensos (SS)

Representam os constituintes não solúveis do efluente, sendo referidos como sólidos suspensos totais (SST), que correspondem à totalidade das frações orgânica e inorgânica em suspensão e como sólidos suspensos voláteis (SSV), que correspondem à fração orgânica em suspensão.

Os SSV são sempre uma parte dos SST, sendo também variável a razão SSV/SST em função do tipo de efluente. Os efluentes apresentam uma relação SSV/SST na ordem dos 80% [8,22].

d) pH

O pH indica a acidez ou a basicidade do meio. Em geral, os efluentes têm um pH ácido (entre 3 e 5) [8].

e) Azoto Total (Nt)

O Azoto Total pode ser estimado pelo Azoto de Kjeldahl, correspondendo ao teor em azoto orgânico e amoniacal presente nos efluentes. É relevante considerar também os nitritos e nitratos quando se pretende determinar o Nt [8].

f) Fósforo Total (P)

Avalia o teor em fósforo orgânico e mineral dos efluentes [8].

g) Turbidez

Representa o grau de opacidade à luz do efluente podendo ser estimada visualmente na adega (através da altura mínima de efluente a partir da qual não se distingue um objeto imerso) ou através de aparelhos específicos para tal [8].

h) Matéria Oxidável

É um indicador indireto da poluição, e corresponde à média ponderada da CQO e CBO, determinada após a realização de uma decantação com a duração de 2 horas [8].

i) Condutividade

A condutividade de uma solução é função da temperatura e da concentração iónica. Esta última depende da concentração de sais, ácidos e bases [8].

j) Testes biológicos de toxicidade

Podem também ser realizados ensaios de caracterização da toxicidade dos efluentes como por exemplo o teste das *Dáfnias* (pequenos crustáceos), consistindo na determinação da concentração de efluentes que imobiliza 50% dos crustáceos em 24 horas [8].

É habitual fazer-se a distinção de dois períodos de laboração durante o ano, o primeiro designado por época alta (vindimas/ vinificação), e o segundo a que se chama época baixa (armazenamento e engarrafamento) [13].

Assim, e tendo em conta estes parâmetros os efluentes são geralmente caracterizados por apresentarem os seguintes valores presentes na tabela 2.1:

Tabela 2.1 - Valores gerais de caracterização das águas residuais em época baixa e alta [8].

Parâmetros	Época alta	Época baixa
pH	4-6	5-11
CBO (mg O₂/L)	4500-15000	500-2000
CQO (mg O₂/L)	2000-20000	500-5000
CBO/CQO	0,6-0,7	0,5-0,6
SST (mg SST/L)	500-15000	100-2000
Nt (mg/L)	20-200	5-150
P (mg/L)	1-30	1-15

Os efluentes deste setor industrial caracterizam-se por apresentar grandes flutuações sazonais de volume e de composição. Em geral são ácidos no período de época alta (vindimas), mas, durante o resto do ano (engarrafamento), as operações de lavagem com detergentes alcalinos conduzem a uma neutralização do pH [21].

Os efluentes vinícolas produzidos fora da época das vindimas apresentam um menor de valor de CBO e CQO, assim como dos restantes parâmetros. Isto deve-se ao facto de que durante o engarrafamento são produzidos efluentes com uma menor carga orgânica [13].

No entanto, os efluentes apresentam uma elevada carga orgânica associada a uma elevada biodegradabilidade (80-90% do CQO sob a forma solúvel e razão CBO/CQO de 0,5 a 0,6). Apresentam teores elevados em sólidos suspensos totais (SST) e normalmente também uma carência muito acentuada em azoto e fósforo sendo a relação CBO/N/P muitas vezes próxima de 100/1/0,25 o que torna desfavorável o tratamento biológico [8,17].

2.5.3. Gestão de águas residuais/Impacte ambiental

Estes efluentes apesar de conterem pouca carga de produtos químicos (concentração tóxica), apresentam uma grande quantidade de matéria orgânica, sendo por isso considerados como produtos altamente poluentes, principalmente nos períodos pré e pós vindima e durante as trasfegas [17].

Assim, devido à sua composição específica e à elevada carga orgânica e à difícil gestão de grandes volumes estes efluentes são a origem de graves problemas ambientais em todos os países produtores de vinho. Sendo que o período das vindimas é no fim do verão, coincidente com o período de menor disponibilidade de água, facilmente se percebe o impacto negativo que esta atividade tem sobre o ambiente, cujas consequências têm sido claramente subestimadas [17].

É de salientar que o impacto ambiental resultante desta atividade é considerável e não se encontra associado à produção dos vinhos em si, mas sim à lavagem e higienização de todos os equipamentos envolvidos nessas operações [17].

O impacto negativo dos efluentes sente-se ao nível da poluição dos cursos de água na proximidade das adegas pela falta generalizada de estações de tratamento de águas residuais (ETAR) individuais adequadas, quer provocando um mau funcionamento das ETAR's municipais vocacionadas sobretudo para o tratamento de efluentes domésticos, muito menos poluentes e de composição muito diferente [8].

Assim, se não forem alvo de um tratamento prévio estes efluentes vão provocar um excesso de matéria orgânica na zona onde foram descarregados que irá posteriormente ser degradada pelos microrganismos que por sua vez vão consumir oxigénio presente na água. Esse consumo desmesurado vai fazer com que haja uma falta de oxigénio para a fauna em geral. De igual forma, o azoto e o fósforo irão ser consumidos pelas algas microscópicas para se multiplicarem, provocando um aumento de sólidos em suspensão na água, dificultando a entrada de luz solar na água que por sua vez é necessária para as plantas aquáticas fotossintéticas renovarem o oxigénio na água. Este processo, também conhecido como eutrofização, provoca o empobrecimento do meio devido à falta de oxigénio, podendo conduzir à morte de algumas plantas e peixes por asfixia, com libertação de substâncias tóxicas e odores desagradáveis [17].

Tal como dito anteriormente, a poluição gerada pelos efluentes está sujeita a diferentes quantidades de carga poluente sendo a maior coincidente com o final do Verão, quando os rios e ribeiros apresentam níveis de caudais baixos, diminuindo

assim o efeito de diluição do meio e aumentando o impacto provocado no ambiente [8].

O período das vindimas, que normalmente decorre de meados de Setembro a meados de Outubro, é aquele em que as águas residuais contêm maior carga orgânica representando uma grande percentagem da poluição anual de uma adega [23]. Cerca de 67,5% do conteúdo orgânico poluente anual do efluente corresponde a fase das vindimas [17].

Juntamente com a prensagem, as trasfegas e a clarificação do vinho (colagens e/ou filtrações) são as operações mais poluentes nesta indústria. As operações de desengaçamento e prensagem de vinhos brancos e decantação de vinhos tintos dão origem a resíduos sólidos contendo partículas de dimensões apreciáveis que poderão ser eliminadas por simples decantação. As operações de clarificação de brancos e trasfegas, dando origem a partículas de maiores dimensões contribuem com mais de 40% da poluição orgânica total de uma adega [23]. No caso dos vinhos tintos, a fermentação é menos poluente, devido ao arrastamento, pelos bagaços, de grande parte da matéria sólida em suspensão [17,21].

Em relação aos efluentes domésticos pode-se afirmar que os efluentes vinícolas são 10 a 100 vezes mais poluentes e que a produção de 1000 L de vinho dá origem a uma carga poluente equivalente à produzida por 100 pessoas [17].

2.5.4. Avaliação do volume de águas residuais geradas

A determinação da quantidade de águas residuais rejeitados pode ser feita de duas maneiras, através do consumo de água e do caudal de efluente discriminadas a seguir.

A maioria dos autores considera que o volume de águas residuais produzidas é sensivelmente equivalente ao volume de água consumido na adega. Assim, considera-se que a existência de contadores de água é suficiente para avaliar o volume de efluentes devendo, contudo, ser possível fazer a contagem da água nas diferentes zonas da adega. Contudo, alguns cuidados devem ser tidos em conta: o(s) contadores existentes devem ser fiáveis, o consumo doméstico de água (se existir) não deve ser contabilizado pelo mesmo contador da adega, as águas de arrefecimento (nos casos em que existam) não devem ser contabilizadas e finalmente todas as tomadas de água devem ser contabilizadas independentemente da sua origem. Deve-se ter em atenção que nos consumos registados não são tidos em conta os subprodutos (borras,

terras de filtração, mosto e vinho) que contribuem para um pequeno aumento do volume de águas residuais, nem a evaporação que eventualmente ocorra no pavimento, paredes e rede de esgotos [8].

A medição do consumo de água deve fazer-se diariamente sobretudo nos períodos de maior atividade a fim de conhecer com precisão as flutuações de caudal de águas residuais ou mais espaçadamente nos períodos de menor atividade. Assim é possível relacionar os consumos de água com o tipo de atividade da adega permitindo detetar os pontos críticos onde se deverá agir para reduzir os consumos.

A medida em contínuo do débito de águas residuais de uma adega permite conhecer diretamente o volume de águas residuais rejeitado, e conseqüentemente dimensionar o sistema de tratamento. Contudo, este tipo de medição de débito exige um sistema centralizado de recolha de águas residuais, a instalação de equipamento específico de medição de caudal e a respetiva manutenção [8].

2.5.5. Legislação Portuguesa

Em Portugal, tal como no resto dos países industrializados, a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, levou à regulamentação das várias atividades industriais.

Como primeiro cuidado em relação às questões ambientais é de salientar que em 6 de maio de 1968 o Conselho da Europa adotou a Carta Europeia da Água, que traduz a preocupação com a preservação e a utilização da água, considerando-a como um património comum que deve ser economizada e utilizada com responsabilidade [20].

Em Portugal, existe uma série de Leis e Diretivas que assumem um papel predominante no que diz respeito à proteção das águas, como a Diretiva Quadro da Água, o Decreto-Lei 74/90 de 7 de março, o Decreto-Lei 23/95 de 23 de Agosto e o Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto [22].

A Diretiva Quadro da Água aborda a gestão dos recursos hídricos, tendo como princípio a minimização do seu consumo e a manutenção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas durante a sua utilização [20].

O Decreto-Lei 74/90 de 7 de março compila a legislação existente até esse momento no âmbito da qualidade da água, integrando as Diretivas comunitárias, de modo a que o tipo de utilização da água obedeça a uma série de características mínimas (fixadas previamente), definindo limites para os diferentes parâmetros de

qualidade das mesmas. Uma dessas características é o Valor Máximo Admissível (VMA), referente à concentração de substâncias poluidoras ou indesejáveis presentes nas águas residuais no momento em que são descarregadas [22].

Segundo o Decreto-Lei 23/95 de 23 de agosto, existem regras a cumprir em relação ao despejo de águas residuais produzidas pelas indústrias alimentares, de fermentação e de destilaria, e introduz condicionantes específicas, sendo que o efluente gerado por essas indústrias só pode ser admitido nos coletores públicos se não for necessário um pré-tratamento, contudo para ETAR's não públicas, não existem obrigações de entrada desde que o efluente à saída do sistema de tratamento cumpra rigorosamente as normas de descarga em função do tipo de indústria e coletor final [5,22].

O Decreto-Lei 236/98 de 1 de agosto veio substituir o Decreto-Lei 74/90 de 7 de março, introduzindo o conceito de Valor Limite de Emissão (VLE), outrora denominado Valor Máximo Admissível (VMA). O VLE pode ser entendido como a concentração ou nível de um parâmetro que não deve ser ultrapassado pela instalação durante um ou mais períodos de tempo por uma instalação na descarga no meio hídrico e no solo [20].

Uma vez que a situação mais frequente é a descarga dos efluentes em linha de água, o efluente terá de ser alvo de tratamento até se atingirem os valores limites de descarga constantes do exigente Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, sendo necessárias eficiências médias de tratamento de 97 a 99 % no que se refere a CQO e CBO₅ [21]. Na tabela 2.2 apresentam-se os VLE relativamente aos parâmetros pH, CQO, CBO₅, SST, Fenóis, Fósforo Total e Azoto Total.

Tabela 2.2 - Valores Limite de Emissão (VLE) estabelecidos na Legislação Vigente (Dec. Lei n.º 236/98, de 1 de agosto) para descarga de águas residuais em meio recetor natural [22].

Parâmetros	Unidade	VLE
pH	Escala de Sorensen	6-9
CQO	mg/L O ₂	150
CBO	mg/L O ₂	40
SST	mg/L	60
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,5
Fósforo total	mg/L P	10
Azoto total	mg/L NO ₃	15

A possibilidade de as empresas construírem uma ETAR própria e posteriormente fazerem a descarga dos efluentes no domínio público hídrico, carece de uma licença de utilização e fica sujeita ao cumprimento do regulado no DL n.º236-A/2007, de 31 de maio. Caso contrário as águas residuais pré tratadas só poderão ser descarregadas na rede pública de saneamento [5].

2.5.6. Tratamento das águas residuais

A crescente preocupação mundial com a qualidade do meio ambiente tem sido sentida com as diversas conferências realizadas sobre o tema a diversos níveis. Cada vez mais, os órgãos ambientais e os consumidores têm pressionado empresas para que produzam de maneira mais eficiente e limpa. O mesmo ocorre com a indústria vinícola em todo mundo. De modo a reduzir os impactos causados pela atividade, algumas alternativas de tratamento têm sido propostas para os efluentes vinícolas através de ensaios à escala piloto e à escala real para encontrar uma tecnologia eficiente, de baixo custo e de fácil operação e manutenção [19].

O objetivo de um sistema de tratamento de águas residuais é remover as substâncias poluentes da água residual, de forma a poder ser descarregada num meio recetor sem provocar danos [20].

Os efluentes vinícolas resultantes das atividades das adegas contêm inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas e o seu impacto ambiental é notável, principalmente devido à sua elevada carga orgânica e inorgânica, aos grandes volumes produzidos e à sua sazonalidade. São inúmeras e variadas as tecnologias testadas para o tratamento deste tipo de efluentes, não podendo ainda definir-se um processo de tratamento “ideal” [13].

A escolha do sistema de tratamento das águas residuais e o seu dimensionamento é um projeto muito complexo, que requer um estudo tendo em conta vários fatores tais como o volume de efluente a tratar, o caudal de ponta, a carga poluente, as características específicas do resíduo, o clima, a legislação, os custos e os objetivos da reutilização, ou não, da água [6].

As águas residuais podem ser tratadas por processos físicos, químicos e biológicos. Num sistema de tratamento, as unidades de tratamento individual podem surgir com variadas combinações. Uma divisão clássica, que se utiliza num sistema de tratamento é:

- Pré-tratamento e/ou tratamento primário que envolve processos físicos;

- Tratamento secundário que envolve processos químicos e biológicos;
- Tratamento terciário que pode envolver qualquer um dos processos anteriores [24].

Nestes sistemas de tratamento de águas residuais, os sólidos suspensos são removidos por tratamento físico. Por outro lado, a remoção das substâncias dissolvidas é normalmente efetuada por tratamentos físico-químicos e/ou biológicos. Os fenóis e polifenóis presentes nas águas residuais provenientes da produção vinícola são removidos de forma eficaz através de processos biológicos [20].

O tratamento das águas residuais provenientes da indústria vinícola é feito maioritariamente através da degradação biológica aeróbia efetuando os pré-tratamentos necessários para facilitar a degradação [8].

➤ **Pré-Tratamento**

A primeira etapa do processo de tratamento das águas residuais consiste no seu pré-tratamento através na remoção dos constituintes que possam causar problemas de manutenção ou de operação no sistema de tratamento.

Os efluentes vinícolas apresentam uma grande concentração de sólidos em suspensão, especialmente durante a época das vindimas, pelo que a utilização de um sistema de remoção de sólidos é uma prática usual, independentemente do sistema de tratamento adotado [24].

- **Gradagem e/ou tamisagem**

Permite reduzir a carga de resíduos sólidos de maiores dimensões suscetíveis de poder provocar entupimentos nas tubagens e danos no equipamento mecânico das estações de tratamento, melhorando assim a eficácia do tratamento subsequente.

A grade é utilizada para a remoção de sólidos de maior dimensão, enquanto que a remoção dos sólidos menores é assegurada por um tamisador. Os sistemas de gradagem utilizados são classificados tendo em conta o espaçamento da grade e o tipo de limpeza. No caso de uma unidade de tratamento de águas residuais de uma adega, deverá optar-se por tamisadores com um espaçamento entre 0,75 e 1 mm.

É muito importante a remoção dos sólidos, como as folhas, engaços, películas grainhas e borras, presentes nos efluentes, resultantes das trasfegas e da clarificação, pois a sua remoção leva a uma diminuição do nível de contaminação orgânica [20].

- **Armazenamento/Equalização/Neutralização**

O armazenamento permite evitar o sobredimensionamento dos reatores biológicos, adiando o tratamento durante as épocas de ponta de produção para épocas de reduzida ou nula produção de efluentes;

A neutralização é geralmente uma etapa necessária pois permite a correção do pH para valores próximos de 7. Além disso, a equalização permite a homogeneização do efluente, garantindo assim a regularização das cargas hídricas e a redução de gradientes de concentração dos efluentes, permitindo que os processos de tratamento, que ficam a jusante, possam operar nas condições mais apropriadas [17,24].

Não se trata, pois, de um processo de tratamento, mas de uma técnica que pode ser utilizada para melhorar a eficiência dos tratamentos secundário e terciário que se seguirão. O tanque de equalização deve estar provido de arejamento e agitação para evitar odores resultantes de anaerobiose e deposição de sólidos [17].

- **Tratamento Primário**

Um outro aspeto importante no que diz respeito aos efluentes vinícolas, nem sempre equacionado da forma mais apropriada, é a remoção de sólidos suspensos inorgânicos, os quais podem afetar, por abrasão, os equipamentos mecânicos como bombas, e arejadores. A sua remoção pode ser obtida por sedimentação, floculação/coagulação, oxidação catalítica, separação por membranas ou por evaporação [20].

Os tratamentos físico-químicos são eficazes na remoção dos compostos de alto peso molecular, cor, toxicidade, sólidos suspensos e CQO. Entretanto, além de muitos deles serem onerosos, apresentam baixa eficiência na remoção de CBO5 e moléculas de baixo peso molecular. Adsorção, coagulação/floculação, oxidação avançada e filtração por membrana são considerados importantes métodos de tratamento importantes para a redução da carga orgânica residual presente no efluente vinícola. A combinação de tratamentos físicos, químicos e biológicos também tem sido estudada para estes efluentes [25].

- **Coagulação/Floculação**

O processo de coagulação/floculação é usado quando se pretende remover elementos coloidais e partículas finas em suspensão, que não são removíveis por sedimentação. Geralmente é adicionado um agente coagulante com o objetivo de

destabilizar a carga superficial das partículas coloidais. Segue-se uma mistura do líquido que promove o choque das partículas coloidais destabilizadas que resulta na formação de flocos que vão aumentando o seu tamanho até poderem ser removidas por filtração ou sedimentação [25]. Os coagulantes mais utilizados são os sais de ferro (Fe) e de alumínio (Al), dependendo da eficiência da desestabilização, da natureza da suspensão, da dose de coagulante utilizado, pH, temperatura da água, tempo de reação, força iónica, etc [20].

Apesar do efeito positivo na redução das partículas suspensas (33%-98% remoção de SST), os resultados na redução de carga poluente são pouco expressivos na maioria dos casos (1-53% da remoção de CQO). Estes resultados devem-se ao facto de a maior parte da carga poluente se encontrar na forma solúvel [25].

- **Oxidação avançada**

Os processos de oxidação avançada são métodos eficientes no tratamento de águas residuais refratárias, caracterizadas por uma elevada carga orgânica, nos quais pode ser utilizado peróxido de hidrogénio (H_2O_2), reagente de Fenton, ozono, radiação UV ou combinação destes processos são também uma alternativa possível, apesar de serem técnicas economicamente difíceis de implementar.

Assim sendo, estes métodos envolvem a geração de espécies radicalares altamente reativas, de que são exemplo os radicais hidroxilo (HO^\bullet), que reagem de forma não seletiva com uma grande variedade de compostos orgânicos. A sua aplicação no tratamento de águas residuais é geralmente limitada à destruição dos compostos refratários, nomeadamente os polifenóis, procurando tornar o efluente mais viável para o tratamento biológico. Vários autores têm demonstrado uma elevada taxa de degradação dos principais compostos presentes (álcoois, fenóis, ácidos e açúcares) pela utilização deste método.

Entre os reagentes mencionados, o Fenton é um oxidante poderoso ambientalmente aceitável que permite oxidar a matéria orgânica presente no efluente, facilitando a decantação da matéria orgânica em suspensão e dos compostos fenólicos. Apesar de produzirem lamas inorgânicas e ser um processo que envolve alguma complexidade, é eficaz na descoloração do efluente, tendo também uma elevada eficiência de remoção da toxicidade.

Entre as oxidações químicas, o processo de ozonização tem sido cada vez mais utilizado. O ozono tem propriedades desejáveis para o tratamento de águas, pois é um poderoso oxidante, solúvel em água, prontamente disponível e sem a

necessidade de remoção de subprodutos (exceto no caso do ião brometo estar presente, porque o ozono reage com este ião e produz derivados bromo-orgânicos e bromato). No entanto, a utilização de ozono pode gerar compostos tóxicos [13,25].

- **Filtração por membranas**

A filtração por membranas é uma técnica em que é utilizada uma barreira física, sob a forma de membrana porosa ou filtro permitindo assim a separação de partículas existentes num fluido de acordo com a sua forma e o seu tamanho. É utilizada para atender a requisitos especiais em processos de separação de líquidos, através da microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração ou osmose inversa. Estes métodos de filtração diferenciam-se pelo tamanho dos compostos que são capazes de reter [25].

- **Tratamentos Secundários**

Após as fases de pré-tratamento e tratamento primário, o efluente deve ser submetido a um tratamento secundário. Este tem normalmente por base um tratamento biológico com recurso a microrganismos que decompõem a matéria orgânica. O objetivo é a remoção dos compostos orgânicos solúveis e coloidais, e dos sólidos em suspensão que permanecem no efluente após os tratamentos anteriores.

Nesta fase pretende-se reduzir a carga poluente até se atingirem concentrações admissíveis para descarga do efluente nos meios recetores (diretamente ou após um tratamento terciário), ou para reutilização do efluente tratado. O tratamento secundário é eficaz também na remoção de nutrientes, nomeadamente N e P [17,25].

O tratamento de efluentes por via biológica, requer que estes sejam biodegradáveis. A biodegradabilidade de uma água residual aumenta com o aumento da relação CBO/CQO [20].

- **Tratamento Aeróbio**

Neste tipo de tratamento, os microrganismos utilizam os nutrientes e o oxigénio presente na água para converterem a matéria orgânica em compostos mais simples e para se reproduzirem levando a formação de biomassa e CO₂ e à libertação de hidrogénio. Este, por sua vez, reage com o O₂ do meio, originando moléculas de água.

De um modo geral os processos aeróbios são os mais frequentes para tratamentos de efluentes, considerados pouco concentrados (CQO inferiores a 2000 mg/l), bem como para a eliminação de nutrientes dos efluentes já foram previamente tratados por processos anaeróbios. Os processos aeróbios produzem grandes quantidades de lamas, característica que se agrava com o aumento da concentração dos efluentes a tratar e traz problemas ao nível do seu tratamento e deposição [17,20].

Como vantagens do uso do tratamento aeróbio [8,17,20]:

- maior eficiência na remoção de cargas orgânicas;
- os microrganismos presentes em processos aeróbios são muito resistentes a grandes concentrações de tóxicos;
- elevada capacidade de adaptação a alterações de temperatura e pH;
- possibilidade de despejo em meio natural;
- taxa de crescimento de biomassa é muito elevada que leva a que se trate de um processo, à partida, com elevadas eficiências.

Como desvantagens pode-se afirmar [8,17,20]:

- necessidade de fornecimento regular de O₂.
- produção de lamas em maior quantidade e com fracas características para depuração;
- pode haver necessidade de adição de nutrientes;
- investimento elevado;
- sensível a variação da carga poluente;

- **Tratamento Anaeróbio**

A digestão anaeróbia consiste na decomposição da matéria orgânica por bactérias na ausência de oxigénio. O mecanismo metabólico atravessa diferentes fases intermédias para obtenção final de metano, dióxido de carbono e águas, fundamentalmente, mas também de lamas [20,24].

O primeiro passo consiste na transformação da matéria orgânica em ácidos gordos, álcool, ácido acético, hidrogénio e dióxido de carbono pelas bactérias fermentativas. No passo seguinte, os ácidos gordos e o álcool são transformados em ácido acético, produzindo hidrogénio e dióxido de carbono, pelas bactérias acetanogénicas. Por último ocorre a formação de metano, dióxido de carbono pela transformação do ácido acético [20].

O produto final é biogás que é composto por uma mistura composta principalmente por metano e dióxido de carbono e por uma baixa quantidade de hidrogénio, monóxido de carbono e gás sulfídrico. É uma reação que ocorre muito frequentemente em ambientes naturais [20].

É particularmente adequado para o tratamento de águas residuais, devido ao seu elevado conteúdo orgânico e pode tornar-se rentável através da cogeração de biogás [25].

Como vantagens do uso de tratamento anaeróbio [8,17,20]:

- não necessita de arejamento;
- produção de baixas quantidades de lamas;
- baixa necessidade de nutrientes;
- o biogás produzido (metano) pode ser encarado como uma fonte de energia (combustível) com elevado valor calorífico;
- capaz de degradar a maior parte dos compostos clorados perigosos;
- reatores são de pequena dimensão;
- rápida resposta quando a alimentação é interrompida durante longos períodos.

Como desvantagens pode-se afirmar [8,17,20]:

- produção de maus odores;
- maior sensibilidade a variações de pH;
- necessidade de tratamento complementar antes do efluente ser lançado no meio recetor;
- não remove N e P.

2.6. RESÍDUOS

2.6.1. Origem e caracterização dos resíduos gerados

Os resíduos gerados no processo de vinificação resultam essencialmente no processo produtivo, nomeadamente nas etapas de desengace/ esmagamento, na prensagem, na filtração e no engarrafamento, mas também há a geração de resíduos nos equipamentos e nas atividades administrativas e comerciais.

Os resíduos industriais provenientes da produção do vinho são [5,6]:

- **Resíduos sólidos das uvas:** engaço, bagaço, folhas e bagos. Estes resíduos provêm dos primeiros processos de seleção da uva como os bagos não desejados, folhas e varas que venham juntamente com as uvas, tal como os pêndulos dos cachos das uvas (engaço) após o desengaçamento/esmagamento. O bagaço é o principal e mais abundante resíduo da atividade vinícola proveniente da prensagem das uvas e é constituído pelas películas, as grainhas e ainda alguns restos de engaço.
- **Resíduos sólidos de produção, manutenção/higienizações e logística:** cortiça, papel e cartão, vidro, plástico, tinta, embalagens de detergentes e produtos enológicos (leveduras, enzimas, bactérias e colas).
- **Borras de decantação e de fermentação:** leveduras, precipitado tartárico, e outros. Designam-se de borras os resíduos que ficam depositados nos recipientes após a fermentação, durante a armazenagem ou tratamento do vinho. São uma massa heterogénea constituída essencialmente por vinho, substâncias tartáricas, restos de engaço, leveduras e outras substâncias utilizadas como taninos, sulfatos entre outros.

A produção de resíduos orgânicos e inorgânicos tal como em qualquer outra indústria é inevitável no fabrico e comércio de vinho. Alguns dos resíduos da produção de vinho podem ser considerados subprodutos por poderem servir de matéria-prima para novos produtos. Os subprodutos sólidos orgânicos são apresentados como sendo: o engaço, bagaço, grainhas e borras. O bagaço e as borras apresentam hoje em dia um maior proveito através do seu envio para as destilarias.

Os resíduos sólidos inorgânicos também merecem especial atenção devido à grande quantidade produzida pela atividade vinícola, existindo já na maioria dos casos estratégias de valorização e reciclagem a fim de reagir a pressões de gestão e minimização dos resíduos produzidos [5,6].

2.6.2. Gestão de resíduos

O objetivo fundamental de uma gestão de resíduos é evitar e reduzir a produção dos mesmos.

Os resíduos gerados são considerados recursos não utilizados e, por isso, é importante identificar quais as etapas em que são produzidos, quais os motivos pelos

quais são gerados, a quantidade gerada para posteriormente serem realizadas avaliações de modo a minimizarem esses resíduos produzidos e fazerem uma gestão dos mesmos [26]. As estratégias a adotar devem seguir a política dos 3R's: Reduzir, Reutilizar e Reciclar [5].

Conhecendo quais os resíduos a tratar em cada etapa do processo e efetuando uma análise a cada uma dessas etapas e ainda aplicando estratégias e métodos adequados pode contribuir-se para uma melhor sustentabilidade dos recursos [27]

A gestão de resíduos apresenta-se como um conjunto de atividades de caráter técnico, administrativo e financeiro necessárias à deposição, recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos. É essencial que estas atividades se processem de forma ambientalmente correta e por agentes devidamente autorizados para o efeito. A empresa deve desenvolver metodologias de gestão de resíduos para os minimizar, separar e valorizar [5].

Estas operações vão principalmente permitir uma melhoria a nível ambiental e vão trazer à empresa uma melhoria significativa em termos económicos, apresentam uma melhoria no rendimento na utilização de materiais, redução de custos de aquisição, redução dos custos de produção e provavelmente uma melhoria na segurança e saúde dos trabalhadores [5,6].

2.6.3. Legislação Portuguesa

A legislação define um resíduo como sendo “toda e qualquer substância ou objeto que o seu detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de desfazer”, e especifica que a sua gestão e valorização deve sempre ter como guia a hierarquia de eliminar ou reduzir a produção de resíduos; reduzir a toxicidade ou impactes negativos; reciclar na sua forma atual; reutilizar depois de transformado; tratar antes de o colocar em aterro e por último colocar o resíduo em aterro [6].

Encontra-se em vigor o Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que estabelece a mais recente alteração do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro e transpõe a Diretiva Europeia n.º 2008/98/CE. Este regula a gestão de resíduos a nível nacional, contribuindo para a preservação dos recursos naturais, a prevenção, reciclagem e valorização dos resíduos. Veio também fortalecer a responsabilidade do produtor, incentivar a reciclagem, definir requisitos para que substâncias ou objetos resultantes de um processo produtivo possam ser considerados subprodutos e não resíduos, e reforçou a prevenção da produção de resíduos e o favorecimento da sua

reutilização e reciclagem. Este DL define ainda diversos tipos de resíduos e responsabiliza o produtor por todos os resíduos que produza, proibindo a sua emissão, transporte, armazenamento, valorização ou eliminação por entidades não autorizadas de forma a não causar prejuízo para a saúde humana ou para o ambiente [6].

3. LEVANTAMENTO EFETUADO

3.1. PRODUÇÃO DE VINHO

Na Quinta da Lixa são produzidos os vinhos brancos, tintos, rosé e espumantes.

De modo a ser possível o estudo consumo de água, da produção das águas residuais e da geração de resíduos é necessário primeiramente conhecer todo o processo pelo qual é produzido o vinho.

Nas figuras 3.1, 3.2 e 3.3 pode-se observar as várias etapas da produção de vinho tinto e vinho branco/rosé praticadas pela empresa, sendo cada etapa explicada posteriormente. A figura 3.1 corresponde ao processo de produção de vinho tinto que apresenta diferenças em relação à produção de vinho branco/rosé. A figura 3.2 corresponde ao processo de produção de vinho branco e rosé. A figura 3.3 corresponde às etapas que já são comuns em relação ao processo de produção de vinho tinto, branco e rosé.

Relativamente à produção anual de vinho, em 2016 foi produzido cerca de 4 200 000 L de vinho.

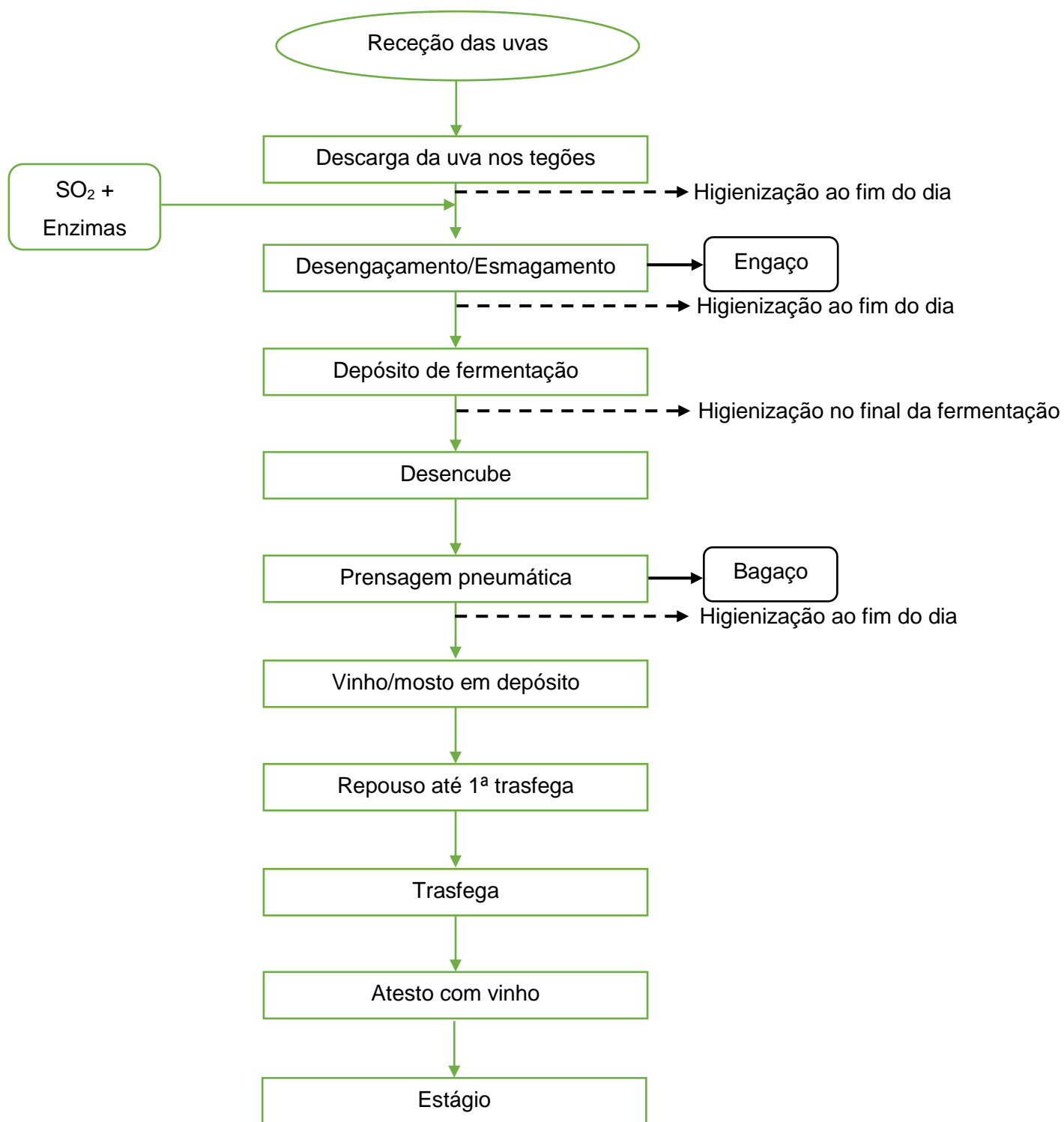


Figura 3.1 - Esquema representativo do processo de produção de vinho tinto.

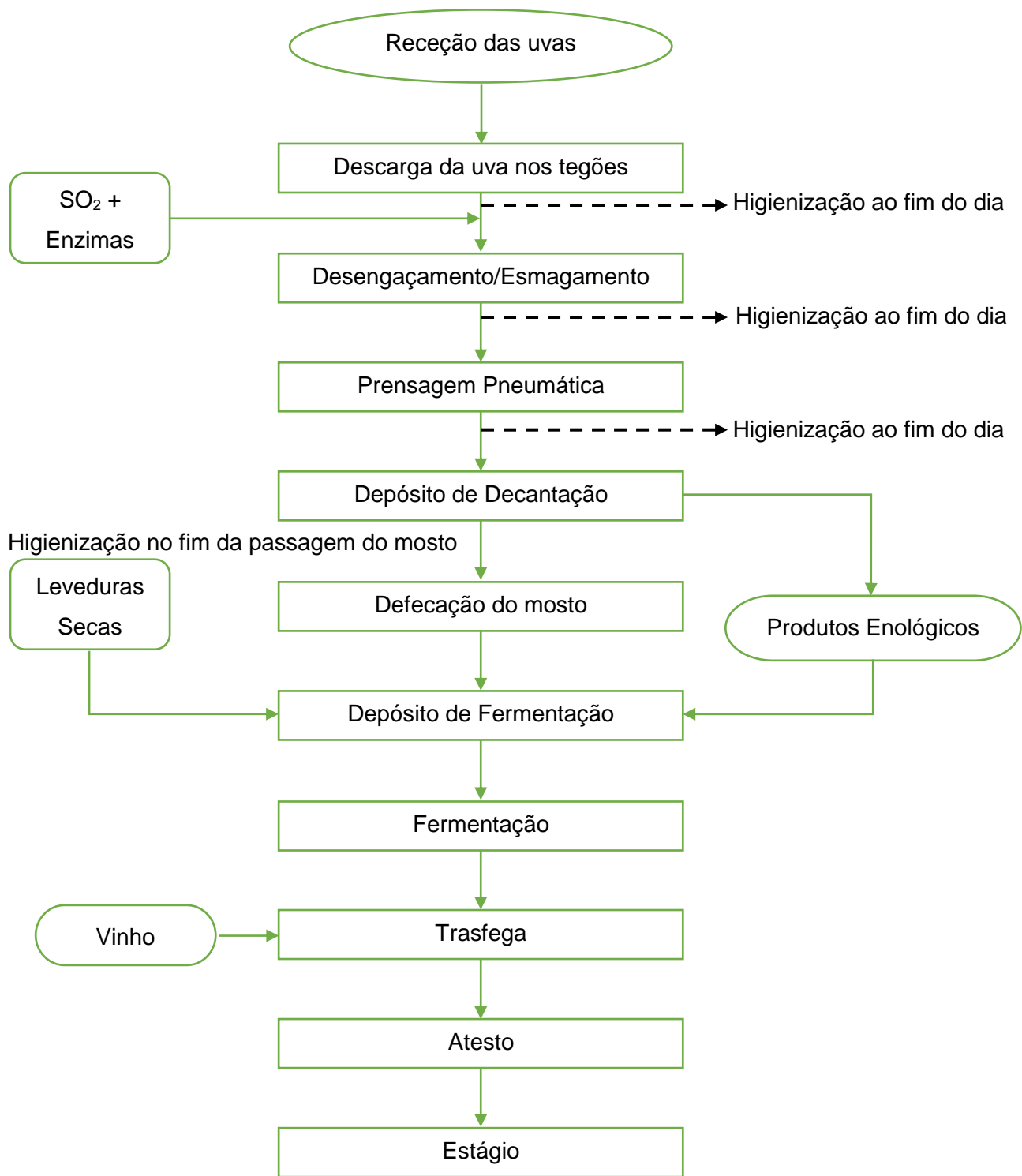


Figura 3.2 - Esquema representativo da produção de vinho branco e rosé.

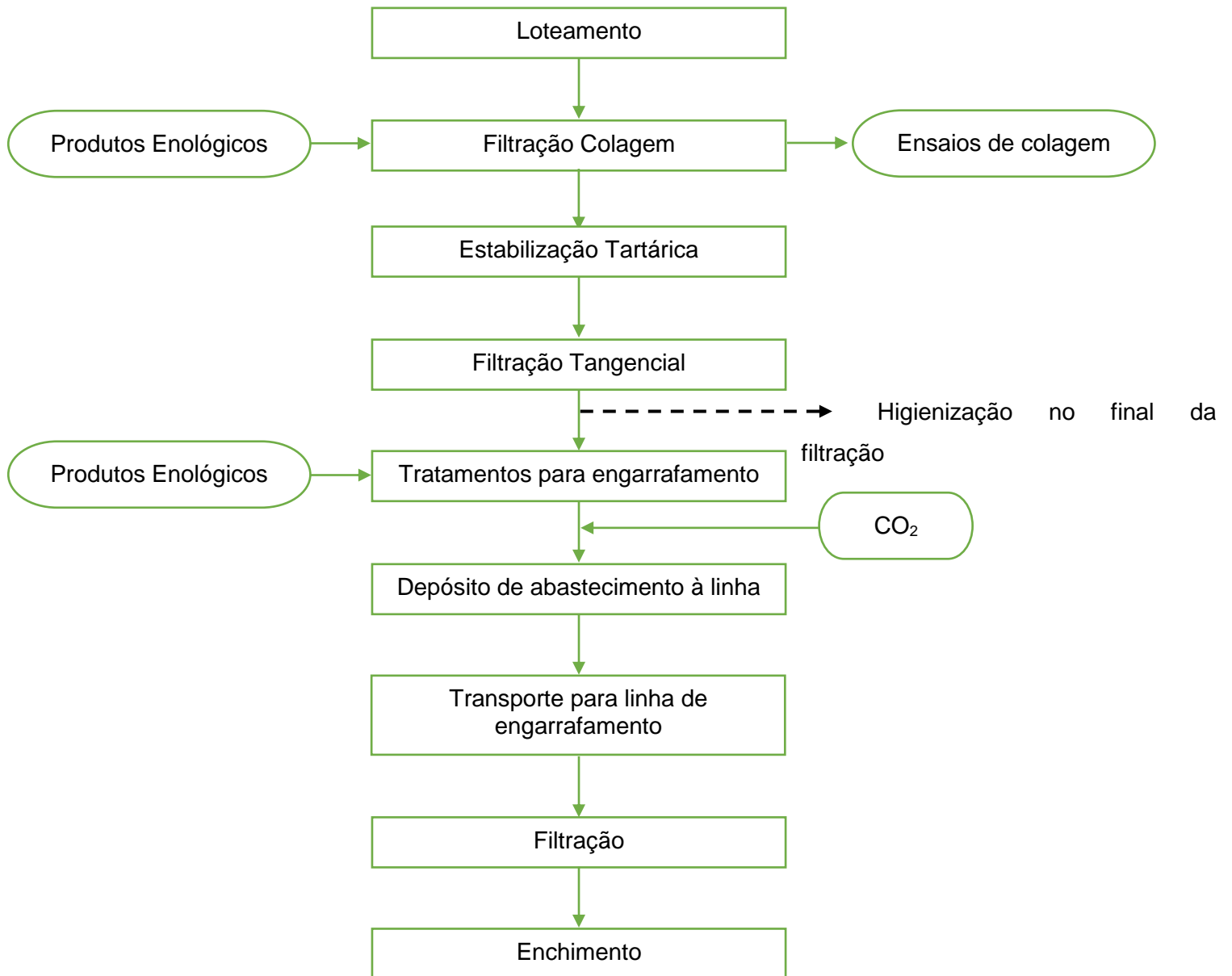


Figura 3.3 - Esquema representativo do processo de produção de vinho tinto, branco e rosé.

3.1.1. Colheita/Receção

A operação da colheita da uva para a vinificação denomina-se normalmente vindima. O momento da colheita depende de vários fatores, sendo os mais importantes, o estado sanitário e o grau de maturação das uvas, sendo que este último dependerá do tipo de vinho que será produzido. Ao mesmo tempo que se selecionam os bagos são dos podres ou secos, devem-se retirar as folhas, os ramos e outros materiais indesejáveis à produção de um vinho de qualidade.

Após a vindima, as uvas são transportadas para a adega. À chegada deverão ser efetuadas as primeiras análises, nomeadamente o teor alcoólico provável. Posteriormente ocorre a descarga das uvas nos tegões como se pode observar na figura 3.4.



Figura 3.4 - Tegão das uvas.

Em relação à lavagem/enxaguamento dos equipamentos nesta etapa, a higienização é feita no fim do dia sendo feita a lavagem dos tegões e de pavimentos exteriores.

3.1.2. Desengaçamento/Esmagamento

O desengaçamento consiste na separação do engaço (parte lenhosa) do resto do bago e frequentemente ocorre juntamente com o esmagamento.

O esmagamento é a operação que permite o rebentamento da película sem provocar o esmagamento da grainha ou, eventualmente a laminagem da película. Com

esta operação ocorre a libertação do mosto como se pode observar na figura 3.5. Estas operações ocorrem em equipamentos denominados desengaçadores.



Figura 3.5 - Bomba Elevação de massas (mostos).

É comum, adicionar-se dióxido de enxofre (SO_2) com o intuito de evitar a oxidação de alguns compostos do mosto ou vinho e o desenvolvimento de certos microrganismos, como bactérias de metabolismo aeróbio estrito.

Em relação à lavagem/enxaguamento dos equipamentos nesta etapa, nomeadamente do desengaçador e dos tegões a higienização é feita no fim do dia.

3.1.3. Prensagem

A prensagem é realizada com recurso a prensas pneumáticas e tem como objetivo a libertação do mosto, separando-o das películas e grainhas. Em relação ao vinho tinto, a prensagem ocorre após a fermentação.

Em relação à lavagem/enxaguamento dos equipamentos nesta etapa, nomeadamente das prensas, a higienização é feita no fim do dia.

3.1.4. Decantação

No caso dos vinhos branco/rosé, após a prensagem ocorre a flotação do mosto na qual consegue-se retirar o mosto limpo. Nesta etapa, as partes sólidas resultantes da prensagem são eliminadas através do depósito no fundo da cuba de modo a que apenas mosto irá ser fermentado. Este depósito é então encaminhado para um filtro de vácuo como se pode observar na figura 3.6 no qual se consegue ainda retirar algum mosto limpo que pode ainda ser aproveitado.



Figura 3.6 - Filtro de vácuo.

Em relação à lavagem/enxaguamento dos equipamentos nesta etapa, nomeadamente do filtro de vácuo e de cubas de decantação, a higienização é feita no fim da passagem do mosto.

3.1.5. Fermentação

A fermentação alcoólica é um processo bioquímico através do qual as leveduras presentes no mosto convertem o açúcar (glicose, frutose) em etanol e dióxido de carbono, ou seja, o sumo de uva é transformado em vinho. As leveduras estão presentes na parte externa da película da uva, mas são também adicionadas como leveduras secas.

Esta etapa é a mais importante e complexa do processo de produção do vinho, pois exige um controlo de temperatura e de bactérias indesejadas e ao mesmo tempo o mosto deve conter a quantidade correta das leveduras responsáveis pela fermentação. Assim, para assegurar que a fermentação está a decorrer como previsto, faz-se o registo da densidade e da temperatura. Para garantir o controlo da temperatura as cubas de fermentação são refrigeradas, utilizando para isso água de arrefecimento. No caso de as leveduras entrarem em stress são também adicionados produtos enológicos (nutrientes).

No caso do vinho tinto este sofre ainda uma fermentação malolática que permite a redução da acidez do vinho e melhora-os do ponto de vista gustativo. Esta fermentação é realizada por bactérias lácticas e consiste na transformação do ácido málico em ácido láctico.

Em relação à lavagem/enxaguamento dos equipamentos nesta etapa, nomeadamente as cubas de fermentação, a higienização é feita no final da fermentação.

3.1.6. Desencube

Após a fermentação do vinho tinto ocorre o desencube no qual as partes sólidas (casca e grainha) do mosto que se encontram à superfície, devido à presença de CO₂, são separados do vinho, que se encontra na parte inferior, por bombagem, para depósitos de armazenamento. Após o desencube, as partes sólidas do mosto retirado vão para prensa pneumática para que haja extração do vinho ainda restante.

Em relação à lavagem/enxaguamento dos equipamentos nesta etapa, nomeadamente das cubas, a higienização é feita após a passagem do vinho.

3.1.7. Trasega

Após o fim da fermentação, devido à existência de resíduos sólidos, matéria orgânica, bactérias e leveduras que se encontram depositados no fundo do tanque o vinho é transferido para outro tanque limpo. Na maior parte das situações esta etapa não é suficiente para a eliminação completa dos resíduos (borras) sendo, por isso, importante recorrer a uma filtração do vinho.

Após a trasega, é importante o atesto, isto é, atestar o depósito com vinho da mesma qualidade.

Em relação à lavagem/enxaguamento dos equipamentos nesta etapa, nomeadamente das cubas, a higienização é feita após a trasega do vinho.

O vinho sofre também um processo de envelhecimento, sendo esta etapa denominada de estágio.

3.1.8. Filtração

Nesta etapa ocorre a filtração do vinho, na qual é clarificado através da retirada dos produtos e sedimentos que deixam o vinho turvo.

Assim, são feitos ensaios de colagem com a utilização bentonites que fazem com que as partículas mais grossas (impurezas) sejam arrastadas. A colagem, para além da estabilização dos vinhos, permite também clarificar o vinho, melhorar as características organolépticas e reforça a eficácia das filtrações.

Posteriormente ocorre a estabilização tartárica na qual ocorre a eliminação de precipitados tartáricos conseguida pela sua precipitação pelo frio.

No final da estabilização, procede-se a uma filtração tangencial que permite a clarificação/ filtração do vinho.

Em relação à lavagem/enxaguamento dos equipamentos nesta etapa, nomeadamente das cubas e do filtro tangencial, a higienização é feita no fim da passagem do mosto. É de salientar que no caso do filtro tangencial para uma higienização mais eficiente é utilizada água quente e também água fria.

É de salientar que após a estabilização tartárica toda a água utilizada nas higienizações tem de ser tratada.

3.1.9. Engarrafamento

Antes do engarrafamento, são feitos tratamentos com produtos enológicos sendo feita uma análise completa do vinho no que respeita aos seguintes parâmetros: teor alcoólico, açúcares, pH, acidez total e volátil, sulfuroso livre e total, densidade e ácido málico. Posteriormente o vinho é ainda filtrado.

No engarrafamento, é depositada uma quantidade exata de vinho em garrafas que são devidamente rotuladas e fechadas.

Em relação à lavagem/enxaguamento nesta etapa, é feita a lavagem da linha (enchedora e enxaguadora) no início e final do enchimento, é feita a lavagem das garrafas (enxaguadora) e é feito um enxaguamento da enchedora. É também feita a higienização de todos os equipamentos da linha de engarrafamento bem como do chão.

3.2. **ÁGUA DO PROCESSO**

A água utilizada na adega é proveniente de um poço e furo e é utilizada com as seguintes finalidades:

- Lavagem/enxaguamento das cubas;
- Lavagem da linha de enchimento e garrafas (enchedora e enxaguadora);
- Lavagem de todos os equipamentos (tegões, prensas, desengaçadores, filtro de vácuo, filtro tangencial);
- Arrefecimento das cubas;
- Lavagem de todo o chão e pavimentos;
- Irrigação das vinhas.

A água da companhia é utilizada somente quando há algum problema com a água do poço/furo, nomeadamente problemas em caso de seca, sendo por isso utilizadas pequenas quantidades.

A água utilizada na lavagem/enxaguamento das cubas, lavagem da linha de enchimento e garrafas e na lavagem de todos os equipamentos é primeiramente tratada antes de ser utilizada. No esquema da figura 3.7, é possível observar as etapas de tratamento da água.

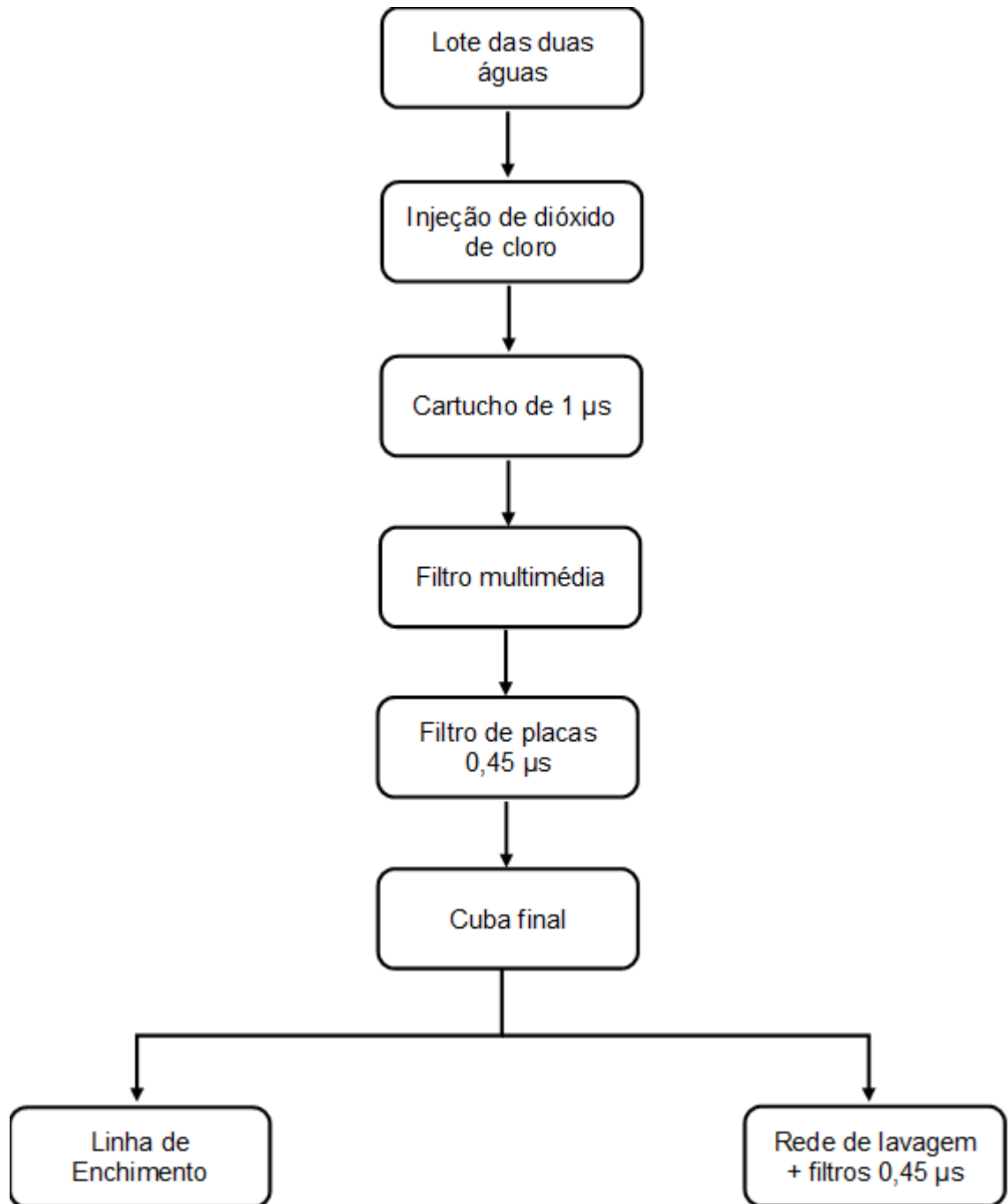


Figura 3.7 - Processo de tratamento da água.

Inicialmente é feito um lote das duas águas, provenientes do poço e do furo num depósito com 25 000 L. Posteriormente é feita a injeção de dióxido de cloro que permite a desinfeção da água. De seguida, a água passa por um cartucho de 1 µs (figura 3.8), um filtro multimédia (figura 3.9), e um filtro de placas (figura 3.1) de 0,45 µs que têm como função reter a maioria das partículas/impurezas em suspensão

existentes na água e proteger os outros componentes do sistema de tratamento de água.



Figura 3.8 - Cartucho de 1 μ s.



Figura 3.9 - Filtro multimédia.



Figura 3.10 - Filtro de placas.

No fim, existe uma cuba, funcionando como depósito de água de 10 000 L, na qual ocorre a medição de pH e condutividade e se necessário é feito um ajuste da concentração de dióxido de cloro. Depois de tratada, a água é encaminhada para a linha de enchimento ou para a rede de lavagem.

No caso da linha de enchimento, a água antes de ser utilizada passa ainda por um conjunto de filtros, três filtros de 1 μ s e três de 0,45 μ s.

3.2.1. Lavagem da linha de enchimento/enxaguamento

No que diz respeito à lavagem da linha de enchimento, esta é feita no início do trabalho e no fim do trabalho sendo efetuada através de dois processos diferentes que são apresentados a seguir:

➤ **No início do trabalho:**

1º - Drenagem com azoto;

2º - Passagem de apenas água que, primeiramente, lava os dois filtros da água, depois os filtros 3 e 4 do vinho, num sentido e no sentido contrário, e por fim lava o filtro 5 do vinho. Então é feita a lavagem da enchedora e da tubagem;

3º - Drenagem com azoto;

4º - Teste de integridade dos filtros;

5º - Passagem de vapor pelo filtro 1 e 2 da água e pela enxaguadora durante 600 s a uma pressão de 0,6 bar, depois pelo filtro 3 e 4 do vinho durante 600 s a uma pressão de 0,6 bar, de seguida o filtro 5 do vinho e pela enchedora durante 1200 s a uma pressão de 0,6 bar e por fim pela tubagem até à cuba durante 60 s. Nesta etapa consome-se cerca de 226 kg/h de vapor.

6º - Resfriamento de todos os filtros com azoto.

➤ **No fim do trabalho:**

1º - Drenagem com azoto;

2º - Passagem de apenas água que, primeiramente, lava os dois filtros da água, depois os filtros 3 e 4 do vinho, em ambos os sentidos, e por fim lava o filtro 5 do vinho. De seguida é feita a lavagem da enchedora e a seguir a lavagem da tubagem;

3º - Drenagem com azoto;

4º - Passagem de água com detergente (Divoflow) de acordo com o 2º passo;

5º - Drenagem com azoto;

6º - Passagem apenas de água do mesmo modo com o descrito no passo 2;

7º - Drenagem com azoto;

8º - É feita a passagem de água com detergente (Divosan Activ) de acordo com o 2º passo;

9º - Envasamento (o que restar é enviado para a enchedora de modo a que esta fique em carga).

3.2.2. Consumo de água

Como já referido anteriormente, a água consumida pela empresa é, na sua totalidade, de captação própria, oriunda de uma mina e de um furo. Em termos de consumo de água, como já descrito anteriormente, a água é utilizada maioritariamente para lavagem e higienizações.

Os registos de consumo de água disponibilizados consistem em valores arbitrados fornecidos pela empresa pois não havia registos da quantidade de água gasta durante todo o ano.

Esta avaliação refere-se ao ano de 2016, incluindo a época de vindimas que dura cerca de 5 semanas, tem início a meio de setembro e termina a meio de outubro.

A época das vindimas é caracterizada por uma maior quantidade de lavagens, nomeadamente dos tegões nos quais se gasta cerca de 200L em cada, das prensas (400 L em cada), desengaçadores (200 L) e dos filtros, sendo que no filtro de vácuo se gasta 200 L de água.

No arrefecimento das cubas o consumo é de cerca de 7 500 L, sendo a água reaproveitada. Considerou-se um acréscimo de 500L para eventuais perdas. É necessário também proceder-se à lavagem do chão sendo que na época das vindimas se consome uma maior quantidade de água, cerca de 300 L, enquanto que no resto do ano se consome cerca de 200 L.

No filtro tangencial consome-se 1 400 L de água quente e 600 L de água fria para a sua higienização. Este é utilizado todo o ano, exceto na época das vindimas, após o vinho passar pela estabilização tartárica.

O consumo de água no resto do ano deve-se essencialmente à linha de enchimento/enxaguadora, nomeadamente na lavagem da linha (enchedora e enxaguadora) na qual se consome cerca de 7 000 L sendo a lavagem feita de acordo com o descrito no capítulo anterior. Durante o dia, na lavagem das garrafas, consome-se cerca de 5 000 L com a enxaguadora e 4 800 L na enchedora devido ao facto de ser feito um enxaguamento da enchedora de meia em meia hora. É feita também a lavagem de todos os equipamentos desta zona na qual se gasta 5 L por cada equipamento (sendo 16 no total) por semana, e ainda a lavagem do chão gastando-se 100 L por semana.

Sustentabilidade na Indústria Vinícola: Água e Resíduos

A lavagem do chão do exterior das cubas é feita o ano todo gastando-se em média cerca de 200 L por semana. A lavagem e enxaguamento das cubas é feita durante todo o ano.

Na tabela 3.1 encontra-se a quantidade de água gasta em cada equipamento e a água consumida pela empresa por ano.

Tabela 3.1 - Quantidade de água consumida pela empresa.

	Água gasta lavagem/enxaguamento (L)	Água consumida por ano (L)
2 Tegões	200	14 000
4 Prensas	400	56 000
2 Desengaçadores	200	14 000
Filtro de vácuo	200	8 000
Filtro tangencial	1 400 (água quente) 600 (água fria)	80 000
Chão (exterior)	300 (vindimas) 200 (resto do ano)	60 500
Lavagem da linha de enchimento	7000	280 000
Lavagem das garrafas (enxaguadora)	5000	800 000
Lavagem das garrafas (enchedora)	4800	768 000
Equipamentos (linha de enchimento)	5	3 200
Chão (linha de enchimento)	100	4 000
Chão (exterior das cubas)	200	9 600
Lavagem/Enxaguamento das cubas	*	1 268 000
Arrefecimento das cubas	7500	8 000

Como se pode verificar pela tabela anterior, a quantidade total de água consumida em 2016 foi de 3 373 300 L. A figura 3.11 mostra o consumo de água anual para os principais conjuntos de atividades.

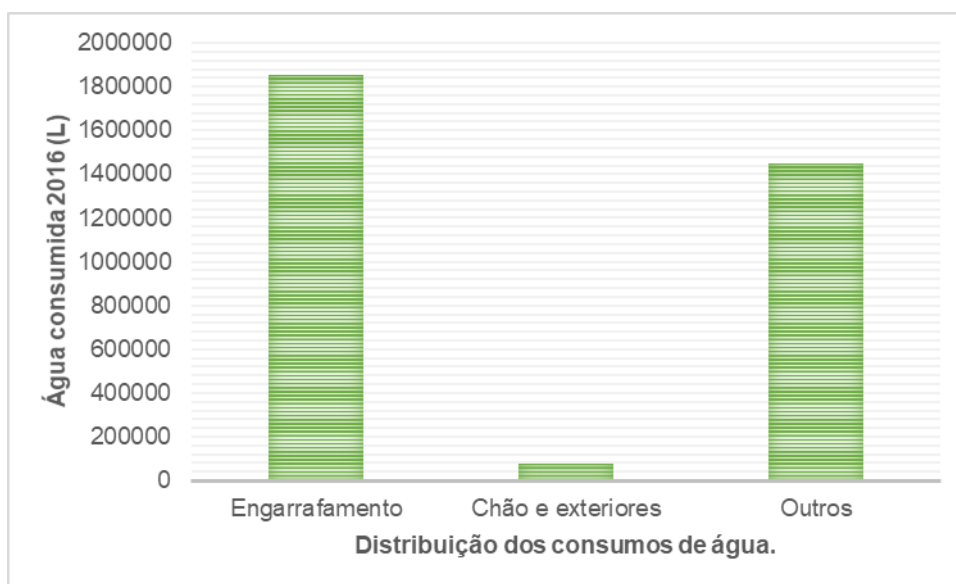


Figura 3.11 - Distribuição dos consumos de água no ano de 2016.

Como é possível verificar na figura 3.11, a lavagem do chão e exteriores perfaz uma parte muito pequena do consumo de água da adega. A maior parcela pertence ao engarrafamento estando incluídos a lavagem da linha de enchimento e lavagem das garrafas. A lavagem/enxaguamento das cubas por outro lado também constitui um papel importante no consumo de água visto que mais de 35% do consumo provém desse sector.

Na figura 3.12 encontra-se apresentado a o consumo de água ao longo do ano de 2016.

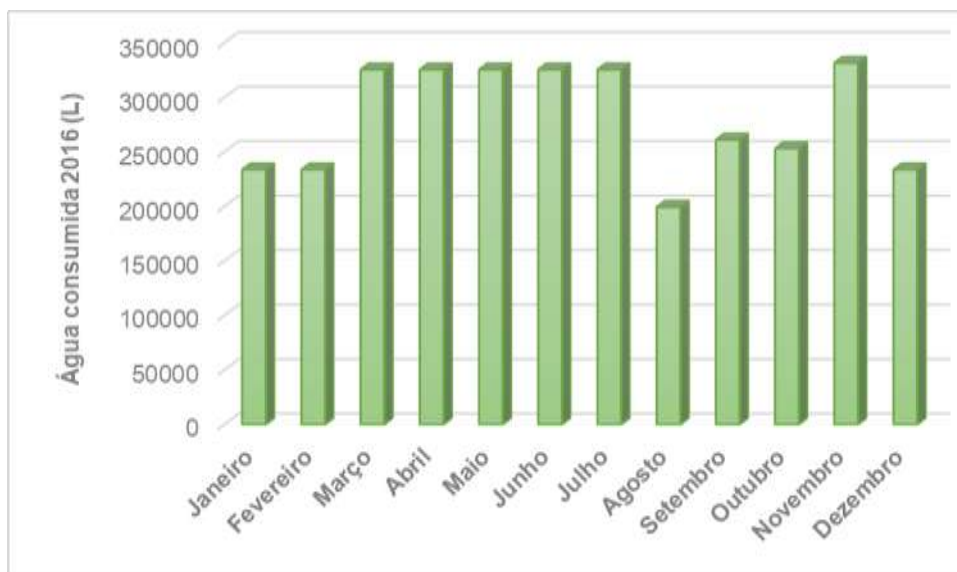


Figura 3.12 - Consumo de água por mês no ano de 2016.

Como se pode verificar pelo gráfico da figura anterior, existe uma variabilidade ao longo dos meses do consumo de água na adegas.

3.3. ÁGUAS RESIDUAIS

Os efluentes líquidos gerados na empresa correspondem às águas residuais produzidas durante o processo produtivo e na limpeza das instalações e equipamentos.

A empresa não dispõe de dados concretos quanto ao volume de águas residuais produzidas. No entanto, pode-se realizar uma aproximação tendo em conta a quantidade de água consumida nas suas instalações assumindo igual quantidade de águas residuais.

Quantificar o volume de águas residuais, a sua carga poluente e identificar os vários efluentes produzidos ao longo de todo o processo de produção de vinho é o primeiro passo a dar para definir a melhor solução de tratamento. Assim, na tabela 3.2, encontram-se a caracterização das águas residuais produzidas em cada fase do processo de vinificação.

Tabela 3.2 - Caracterização das águas residuais provenientes das várias etapas do processo.

Etapa	Caracterização das águas residuais
Descarga das uvas nos tegões	Água, resíduos de produtos de higienização, folhas e ramos.
Desengaçamento/Esmagamento	Água, resíduos de produtos de higienização, perdas de uva ou mosto e engaço.
Prensagem	Água, resíduos de produtos de higienização, bagaço (película, grainha e engaço) e mosto.
Decantação	Água, resíduos de produtos de higienização, borras e algumas perdas de mosto.
Fermentação	Água, resíduos de produtos de higienização, resíduos de produtos enológicos e mosto.
Filtração	Água, resíduos de produtos de higienização, vinho, borras e precipitado tartárico.
Engarrafamento	Água, resíduos de produtos de higienização e vinho.

Nas instalações foi construída uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR) que necessita de ser reformulada.

Na ETAR, inicialmente é feita uma pré filtração de modo a eliminar os constituintes mais “grosseiros” num tanque cilíndrico que é formado por areia fina, brita e brita grossa, por esta ordem, sendo este tanque limpo periodicamente.

Posteriormente, segue para um tanque de arejamento e então é feita uma decantação, dando assim origem a:

- Água residual arejada com baixo teor de matéria orgânica - que segue para ribeiro juntamente com a água camarária;
- Parte sólida (lamas e flocos biológicos) que é utilizado como matéria orgânica para as vinhas / campos.

Na tabela 3.3, encontra-se apresentada a caracterização química das águas residuais à saída da ETAR. É de salientar que esta análise, realizada em Abril de 2016, não inclui a matéria orgânica proveniente da época das vindimas.

Tabela 3.3 - Caracterização química das águas residuais à saída da ETAR em Abril de 2016.

Parâmetros	Método	Resultado	Unidade
pH	Eletrometria	6,3 (25 +/- 1°C)	Unidades de pH
Azoto Amoniacal	Volumetria após destilação	0,7	mg/L NH ₄
CQO	Método Dicromato de Potássio	<52,2	mg/L O ₂
CBO (20°C)	Método Respirométrico	21,4	mg/L O ₂
Fósforo Total	Espectrometria de Absorção Molecular	0,33	mg/L P
SST	Gravimetria	10,2	mg/L

Como se pode verificar pela tabela 3.3 e de acordo com os VLE para descarga de águas residuais em meio recetor natural, as águas residuais à saída de ETAR da adega em época baixa encontram-se em condições de serem descarregadas em linha de água.

3.4. RESÍDUOS

Realizando uma análise às diferentes etapas do processo produtivo do vinho, procedeu-se à identificação e caracterização de todos os resíduos gerados, sendo de realçar que a maior parte desses resíduos já possuem um destino. Na tabela 3.4 é apresentada uma lista de subprodutos e resíduos gerados, a sua origem e o respetivo destino dado pela empresa, e também a quantidade produzida relativa ao ano de 2016.

Tabela 3.4 - Identificação dos resíduos produzidos, origem, destino e quantidade produzida

Resíduos e Subprodutos	Origem	Destino dado pela empresa	Quantidade produzida (kg)
Engaço	Desengaçamento/ Esmagamento	Utilizado como matéria orgânica.	-
Grainha e películas	Prensagem	Utilizado como matéria orgânica.	-
Folhas	Prensagem	Utilizado como matéria orgânica.	-
Bagaço	Prensagem	Utilizado como matéria orgânica.	-
Borras	Decantação e Filtração	Vendido.	186 920
Vidro	Proveniente da produção, manutenção/higienizações e logística	Reciclagem.	42 560
Plástico	Proveniente da produção, manutenção/higienizações e logística	Reciclagem.	2 360
Papel/Cartão	Proveniente da produção e logística.	Reciclagem.	6 750
Tinta (marcação de lotes)	Proveniente da produção.	-	-
Cola (caixas e rótulos)	Proveniente da produção.	-	-
Rolhas e Screw caps	Proveniente da produção.	Reciclagem	-
Lixo Comum/Desperdícios	Proveniente da produção, manutenção/higienizações e logística	-	-
Detergentes	Provenientes das higienizações.	-	-
Embalagens de detergentes	Provenientes das higienizações.	-	68 bidões (20L cada)

Como se pode verificar pela tabela anterior, a maior parte dos resíduos sólidos produzidos apresentam já um destino. Os subprodutos, nomeadamente o engaço, bagaço, folhas, grainhas e cascas são encaminhados para as vinhas/campos para serem utilizados como fertilizantes permitindo a correção do solo.

4. POTENCIAL E PROPOSTAS DE MELHORIA

4.1. MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

4.1.1. Potencial de melhoria

A gestão da água é uma preocupação particular na Indústria Vinícola e existem práticas que podem ser implementadas para ajudar a reduzir o consumo de água e consequentemente os volumes de águas residuais geradas.

As mais imediatas e que implicam um menor investimento são as medidas comportamentais e que se prendem com o comportamento e hábitos dos colaboradores. É muito importante que os trabalhadores estejam abertos, informados e atentos para as boas práticas de sustentabilidade.

Uma das medidas passa pela implementação de vários contadores de água ao longo do percurso desta podendo ajudar a identificar possíveis perdas. É sempre possível a aplicação de redutores no final das mangueiras, peças que aumentam a pressão, diminuindo o caudal e podendo potenciar a eficiência das lavagens. Deve-se também optar por limpezas a seco, sempre que possível, em alternativa à utilização de água. De vital importância, uma poupança de água eficiente terá sempre de assentar numa vigilância regular sobre todas as canalizações e equipamentos de modo a se poderem detetar fugas e desperdícios precocemente e atuar sobre eles com rapidez.

Uma outra ação que poderá ser efetuada é a reciclagem de parte da água consumida ao longo do ano, exceto na época das vindimas, que poderá ser utilizada para a lavagem de chão e exteriores devido ao facto de que a água utilizada nestas zonas não necessita de sofrer um tratamento tão eficiente como nas outras lavagens e higienizações.

4.1.2. Proposta de melhoria

Além das medidas preventivas já referidas, como medida para a minimização do consumo de água, propõe-se a implementação de um sistema filtração que permita tratar parte da água gasta na linha de enchimento de modo a que esta seja reutilizada com a finalidade de ser utilizada para a lavagem de chão e exteriores.

Na figura 4.1, encontra-se apresentado o esquema representativo da reciclagem de parte da água utilizada.

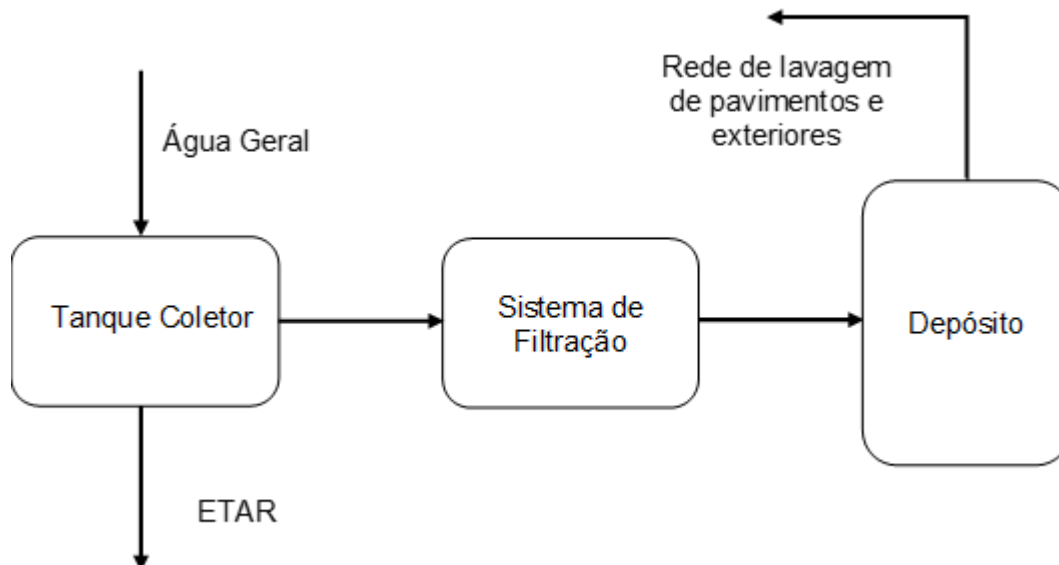


Figura 4.1 - Esquema representativo da reciclagem da água.

Assim, na linha de água instala-se um pequeno tanque coletor a partir do qual parte da água irá ser tratada encaminhada para um sistema de filtração, onde ocorrerá a filtração da água através de cartuchos de $0,2 \mu$, sendo posteriormente armazenada num depósito para posteriormente ser utilizada na lavagem de pavimentos e exteriores.

4.2. ÁGUAS RESIDUAIS

4.2.1. Potencial de melhoria

Como se verificou no capítulo anterior, de acordo com a análise das águas residuais a ETAR encontra-se a satisfazer com os requisitos. No entanto, esta análise corresponde à época onde são produzidas águas residuais com uma menor carga orgânica não existindo análise das águas residuais tratadas resultantes das vindimas, fase do ano em que o tratamento é mais complicado dada a elevada carga orgânica nesta situação.

No entanto, e como já referido, a ETAR que se encontra instalada na Quinta da Lixa necessita de reformulação devido ao facto de alguns equipamentos não estarem a funcionar adequadamente. Assim, entendeu-se que seria conveniente sugerir um novo sistema de tratamento de águas residuais para a Quinta da Lixa.

4.2.2. Proposta de melhoria

Tendo em conta os problemas existentes na ETAR, propõe-se a modificação desta de modo a que continue a satisfazer os requisitos, mesmo na época das vindimas. Assim, apresenta-se na figura 4.2 o processo proposto para a melhoria da ETAR da Quinta da Lixa.

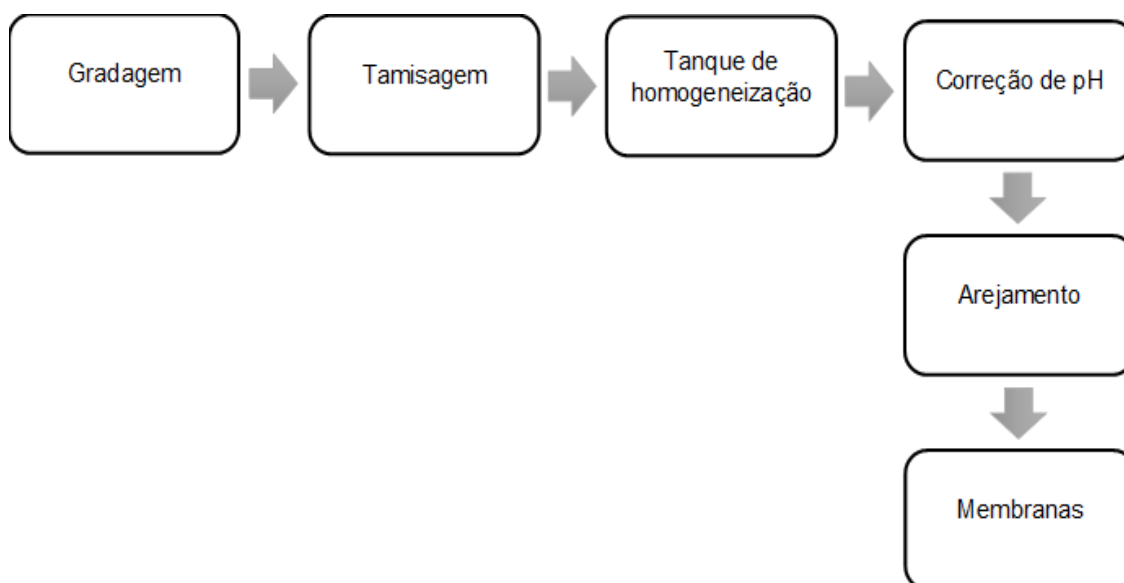


Figura 4.2 - Esquema da estação de tratamento de águas residuais proposta.

Inicialmente, as águas residuais provenientes de todo o processo de produção de vinho sofrem uma gradagem para a remoção de sólidos de maior dimensão e posteriormente a remoção dos sólidos menores é assegurada por um tamisador.

De seguida, as águas residuais são depositadas num tanque de homogeneização que permite a uniformização da carga poluente.

Então, antes do tratamento biológico, é feita a correção do pH de forma a otimizar aquele tratamento.

Passa-se então ao tratamento biológico efetuado por arejamento em lamas ativadas, seguido de decantação com recirculação parcial das lamas.

Após o tratamento biológico, as águas residuais passam por um processo de filtração por membranas, sugerindo-se a ultrafiltração como a adequada para que a água residual tenha condições para ser lançada num curso de água natural, de acordo com conselho da empresa TRATIVI.

4.3. VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS

4.3.1. Potencial de melhoria

Tendo em conta os subprodutos produzidos, nomeadamente bagaço, engaço, grainhas e película, utilizados como matéria orgânica (fertilizante) nos campos/vinhas, a sua constituição e o seu potencial energético, propõe-se a sua valorização energética.

O bagaço é o principal subproduto da vinificação, não só pela sua riqueza alcoólica e tartárica, mas também pelo interesse económico de alguns dos seus componentes físicos. Este é constituído por vinho e borras, sendo estes dependentes da prensagem; álcoois, principalmente o etanol, e também o metanol, glicerol e álcoois superiores; aldeídos, ésteres, ácidos voláteis, polifenóis e taninos, proteínas, celulose, pectinas, sais minerais e resíduos de açúcar [28]. O bagaço possui ainda um potencial calorífico médio, aproximadamente 1696 kcal/kg e possui um teor de humidade de 20% [29].

O engaço da uva é um dos subprodutos da produção de vinho de origem lenhocelulósica de carácter renovável e não competitivo com os produtos alimentares. Este subproduto contém um teor aproximado de 50% de humidade com 30-31% de celulose, 21% de hemicelulose, 17-18% de lenhina, 15-16% de taninos e cerca de 6,0% de proteínas. O seu poder calorífico é da ordem das 2000 a 2500 kcal/kg, sendo o seu aproveitamento como combustível absolutamente viável. Deste modo, o engaço insere-se no conceito de biorrefinaria no que se refere à conversão da biomassa lenhocelulósica em produtos de valor acrescentado (energia, combustíveis, materiais e produtos químicos), e representa uma alternativa para os produtos obtidos a partir dos recursos fósseis [30,31].

As grainhas (semente da uva) correspondem a um dos subprodutos vinícolas de maior potencial de combustão, principalmente após a secagem podendo ser substituto da nafta entre outros combustíveis [29]. Estas são constituídas por 25-45% de água, 4-10% de taninos condensados, 2-4% de minerais, 15-20% de substâncias gordas e por 30-33% de celulose [28].

A película corresponde à parte externa do bago e representa 7 a 12% do peso do bago. Após desidratação e separação das grainhas e engaço a película denomina-se de folhelho. O folhelho representa 40-50 % do peso do bagaço fresco e é constituído principalmente por 20-27% de celulose, 10-15,6% proteínas, 0,4-3% de taninos, 2,7-8,9% de minerais e 5,2-7,8% de matéria gorda [28].

Posto isto, propõe-se como forma de valorização energética destes subprodutos a produção de *pellets*, a produção de carvão ou a produção de gás. Deste modo, estas diferentes alternativas irão ser consideradas de forma a selecionar a mais adequada.

Produção de Pellets

A produção de *pellets* consiste na densificação da biomassa seca, triturada e moída até à forma de serrim, normalmente com tamanhos normalizados, 6 a 8 mm de diâmetro e comprimento entre os 3,15 e os 45 mm, de acordo com a normalização europeia, o que permite a sua utilização em caldeira próprias e automatizadas. O seu teor de humidade encontra-se abaixo dos 10%, inferior ao da lenha [32].

Na figura 4.3, pode-se observar as etapas do processo de produção de *pellets*.

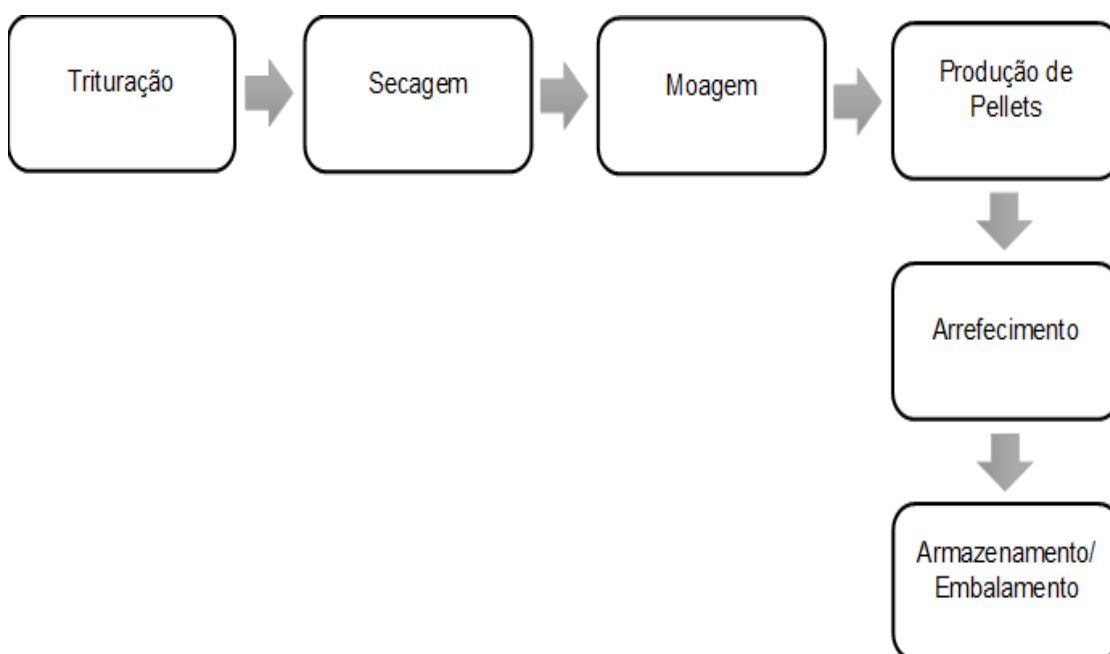


Figura 4.3 - Etapas do processo de produção de *pellets*.

A produção de *pellets* passa pelas seguintes operações: receção da matéria-prima nas instalações, trituração para redução da granulometria, formando pequenas lascas, e de seguida a secagem para redução do teor de humidade. O processo de secagem pode ser efetuado de forma natural ou através de secadores. A primeira opção tem a vantagem da redução dos custos energéticos, mas como desvantagens apresenta elevados tempos de secagem, ocupação de grandes espaços e dificuldades

na regulação do teor de humidade [32,33]. O passo seguinte passa pela moagem de toda a matéria, de forma a uniformizar a granulometria formando assim um serrim bastante fino [32].

Garantidas estas etapas procede-se a peletização do material em máquinas indicadas para o efeito a que se dá o nome de peletizadoras. Esta operação consiste na prensagem da matéria-prima, por ação de rolos, seguida da extrusão através de uma matriz perfurada com orifícios circulares. À saída da matriz a matéria prensada é cortada por facas ajustadas a uma medida de forma a obter-se um produto final com as dimensões pretendidas [32].

Durante este processo são atingidas temperaturas elevadas ajudando assim na agregação das partículas pois, ao aquecer, a lenhina da madeira fica com alguma plasticidade. No entanto, por vezes são utilizados aditivos de colagem natural, como o milho, para facilitar o processo de prensagem e melhorar o equilíbrio energético, assim como a resistência final dos *pellets* [32].

Por fim, deve ser assegurado o processo de arrefecimento, para que a lenhina da biomassa endureça e os pellets adotem a sua forma rígida típica. Se nesta etapa resultar a produção de quantidades significativas de finos, então os *pellets* devem ser peneirados e os finos reenviados novamente para a fase de peletização.

Depois de arrefecidos, os *pellets* podem ser armazenados o que deve ser efetuado num local seco de modo a assegurar a sua durabilidade devido ao baixo teor de humidade [32].

Produção de Carvão (Pirólise)

A pirólise consiste no tratamento térmico da biomassa, a temperaturas que rondam os 500 °C, na ausência de oxigénio, de modo a retirar o material volátil. Assim, moléculas de hidrocarbonetos pesados, provenientes da biomassa, são decompostos em três frações: sólida, líquida (gases condensáveis) e gasosa. Este processo é utilizado essencialmente para obter carvão vegetal, podendo também obter-se biocombustível líquido ou gasoso [34].

A fração sólida consiste num resíduo carbonoso (“*char*”), formado essencialmente por cinzas e carbono, que pode ser utilizado como combustível ou na produção de carvão ativado através da sua ativação com CO₂ e/ou vapor de água. A fração gasosa é também combustível, sendo formada por H₂, CO, CO₂, CH₄ e outros

hidrocarbonetos. A fração líquida, também denominada de bio-óleo, é uma mistura complexa de hidrocarbonetos contendo um elevado teor de oxigênio e água [35].

As condições de operação num reator devem ser ajustadas de modo a permitir a formação do produto com mais interesse. Assim:

- Para maximizar a produção de carbonizado (carvão), usar velocidades de aquecimento lentas ($< 0,01 - 2,0^{\circ}\text{C/s}$), temperaturas baixas e tempos de residência dos voláteis longos;
- Para maximizar o rendimento do líquido, usar velocidades de aquecimento elevadas, temperaturas finais moderadas ($450 - 600^{\circ}\text{C}$) e tempos de residência dos voláteis curtos;
- Para maximizar a produção de gás, usar velocidades de aquecimento moderadas, temperaturas de aquecimento altas ($700 - 900^{\circ}\text{C}$) e tempos de residência dos voláteis elevados [36].

Produção de gás (Gasificação)

A gasificação é um processo termoquímico e consiste na conversão da biomassa numa mistura combustível de gases através da oxidação parcial de biomassa em altas temperaturas, tipicamente no intervalo $800-900^{\circ}\text{C}$. O gás produzido, de baixo valor calorífico, pode ser queimado diretamente ou usado como um combustível para motores e turbinas a gás, podendo também ser utilizado como matéria-prima (gás de síntese) na produção de produtos químicos (por exemplo, metanol). Para além da fase gasosa, forma-se também uma fase líquida e uma sólida [34].

Este processo requer a utilização de um agente de gasificação que pode ser ar, vapor de água, oxigênio ou uma mistura destes, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão). Os agentes gasificantes reagem com carbono sólido e hidrocarbonetos pesados convertendo-os em moléculas de peso molecular baixo, como CO e H_2 [35].

Uma gasificação vulgar geralmente envolve os passos que se encontram apresentados no esquema da figura 4.4.

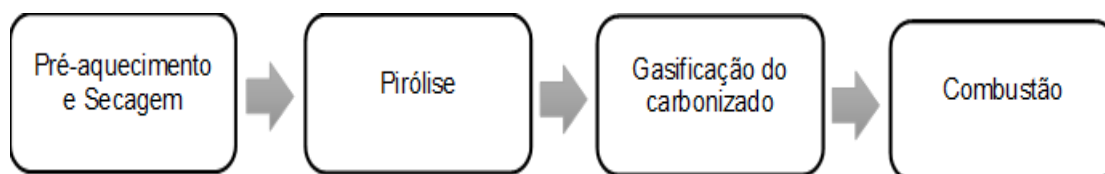


Figura 4.4 - Etapas da gasificação.

Apesar de estas etapas serem frequentemente modelizadas em série, não existe um limite específico entre elas chegando mesmo, por vezes, a sobreporem-se [37].

Assim, numa primeira fase, a biomassa é aquecida e seca o que faz com que o seu conteúdo de humidade baixe significativamente pois, em alguns casos, a biomassa chega a ter mais de 90% de humidade [37].

De seguida a biomassa sofre uma degradação térmica (pirólise). Nesta etapa não é adicionado qualquer agente externo ocorrendo a quebra de hidrocarbonetos complexos em moléculas gasosas de menores dimensões (condensáveis ou não condensáveis) sem que a reação química com o ar, gás ou qualquer outro agente gasificante seja assinalável. Como já foi referido anteriormente, quando a pirólise é efetuada de forma lenta, o produto sólido formado apresenta uma composição próxima do carbono puro, havendo uma maior formação de “*char*”. No caso de a pirólise ser realizada de forma rápida, podemos esperar uma maior quantidade de hidrocarbonetos líquidos na composição do produto final [37].

A etapa que ocorre após a pirólise envolve a reação entre os hidrocarbonetos, presentes no combustível, com vapor, dióxido de carbono, oxigénio e hidrogénio presentes no reator. De todas as reações, a mais importante diz respeito ao “*char*”, que resulta da pirólise. Como a maioria das reações de gasificação do “*char*” são endotérmicas, é necessário que uma pequena parte do “*char*” queime de forma a fornecer energia suficiente para que etapas como o aquecimento, a secagem e a pirólise possam ocorrer no gasificador [37].

4.3.2. Proposta de melhoria

Tendo em conta os vários processos descritos acima, concluiu-se que o mais adequado para a valorização em questão é a produção de pellets pelo facto da produção de resíduos se limitar ao período das vindimas.

De modo a se poder realizar uma correta gestão é importante ter o conhecimento da quantidade de subprodutos produzidos, o que pode ser feito através da aplicação de um índice por cada hectolitro de vinho produzido. Na tabela 4.1 é possível observar o índice de subproduto produzido por hectolitro de vinho (kg/l).

Tabela 4.1 - Índice de subproduto gerado por hectolitro de vinho [6].

Resíduos		Vinho branco	Vinho tinto	Média
Bagaço (kg/hl)	Engaço (kg/hl)	4	3	3,5
	Folhelho (kg/hl)	17	13,5	14,5
	Grainhas (kg/hl)	4	4	4
	Borras (kg/hl)	6	4,4	4,6

Sabendo que a produção de vinho na Quinta da Lixa no ano de 2016 foi de 42 000 hL, através do índice anterior é possível obter uma estimativa da quantidade de subprodutos produzidos neste ano. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Quantidade de resíduos (subprodutos) produzidos no ano de 2016.

Resíduos		Quantidade (kg)
Bagaço	Engaço	147 000
	Folhelho	609 000
	Grainhas	168 000
Total		924 000

Assim, como se pode verificar pela tabela anterior estima-se que a quantidade de subprodutos produzidos no ano de 2016 foi de 924 000 kg.

De seguida é feita a descrição de todos os equipamentos utilizados para a produção de *pellets*.

Triturador

Para uma maior eficiência e facilidade de processamento dos *pellets* há a necessidade de, em primeiro lugar, reduzir o seu tamanho. Para isso, são utilizados trituradores que transformam os resíduos em pequenas lascas. São formados geralmente por uma boca de alimentação onde é introduzido o material que pode ser manipulado por um aparelho mecânico, um sistema de trituração e um sistema de descarga para as lascas resultantes [33].

Existem no mercado duas tipologias de processamento: o triturador por facas e por martelo, sendo o primeiro mais apropriado para matérias homogéneas e o segundo é o processo mais apropriado para matérias-primas mais heterogéneas [38].

Neste caso e devido á heterogeneidade da matéria prima em questão o mais apropriado é o triturador por martelos.

Secador

Como o índice de humidade médio dos resíduos se situa entre os 20-60%, a secagem, que é a operação utilizada para remover água (ou outros solventes) de materiais sólidos, torna-se uma etapa essencial para a preparação dos resíduos pois há a necessidade de reduzir a humidade existente nos resíduos para cerca de 10%.

Para tal, existem secadores que podem ser de vários tipos: leito fluidizado, rotativos, tabuleiros, túnel, tambor e por pulverização. No entanto, os mais utilizados são os de leito fluidizado e os rotativos. Neste caso, sugere-se um secador do tipo rotativo por ser mais simples no que respeita ao funcionamento e controlo. Estes secadores são constituídos por um tambor horizontal ou ligeiramente inclinado que gira em torno de um eixo longitudinal. Dentro do tambor são montados vários tipos de pás para a mistura dos resíduos de biomassa favorecendo desta forma a sua secagem e para que os façam avançar até à boca de saída. Os gases quentes são introduzidos diretamente no tambor rotativo e circulam em sentido contrário ao dos resíduos, proporcionando uma secagem eficaz e uniforme e a obtenção de produtos com mais baixo teor de humidade [33].

De modo a efetuar o dimensionamento do secador foi determinado o caudal de ar à entrada do secador. e conseqüentemente o diâmetro e comprimento do secador.

Na tabela 4.3, é possível observar os dados do dimensionamento relativamente ao secador. Todos os cálculos e equações utilizadas para a obtenção destes dados encontram-se no anexo A.2.

Tabela 4.3 - Dados relativos ao dimensionamento do secador.

Caudal resíduos húmido (kg/h)	1100
Caudal resíduos seco (kg/h)	715
Caudal de ar (kg/h)	9072,88
Temperatura do ar à entrada (°C)	120
Temperatura do ar à saída (°C)	44
Diâmetro do secador (m)	2,15
Comprimento do secador (m)	20,16

Na figura 4.5, encontra-se apresentado um secador rotativo da empresa GEMCO [40].



Figura 4.5 - Secador rotativo da empresa GEMCO [40].

Os resíduos, uma vez secos, entram numa câmara de decantação situada à saída do secador, onde seguem até a um fim de descarga. Numa fase posterior, através de uma cinta transportadora, a matéria-prima segue um de dois percursos obrigatórios: para um triturador ou para silos de armazenamento [38].

Neste caso, os resíduos serão armazenados em silos para posteriormente se proceder à formação dos *pellets*.

Moinho

Esta moagem consiste, particularmente, na homogeneização dimensional da matéria-prima, fator que promove o aumento da densidade e, conseqüentemente, do poder calorífico dos *pellets*. Após a secagem, a matéria-prima, já com os níveis de humidade pretendidos, é novamente triturada transformando-a num serrim fino, para ser homogeneizado relativamente à sua dimensão.

Os moinhos de martelos são constituídos por crivos metálicos, com a abertura de malha correspondente ao tamanho máximo que se pretende obter para as partículas [33,39].

As partículas resultantes do processo de homogeneização devem apresentar uma granulometria aproximada de 1mm para poder ser processada [38].

Para a escolha do moinho de martelos a utilizar recorreu-se ao catálogo da empresa GEMCO e, considerando uma capacidade de produção de 250-700 kg/h selecionou-se o modelo TFS 420 que se encontra apresentado na figura 4.6 [40].



Figura 4.6 - Moinho de martelos modelo TFS 420 da empresa GEMCO [40].

Na tabela 4.4, encontram-se apresentadas as características do moinho de martelos selecionado.

Tabela 4.4 - Características do moinho selecionado [40].

Modelo	TFS 420
Caudal Saída (kg/h)	250-700
Potência (kW)	11
Dimensão (mm)	1200×1000×1220
Peso (kg)	300-320

Peletizadora

O processo de peletização efetuado pelas peletizadoras é uma parte muito importante da linha de produção de *pellets*. Trata-se, portanto, de um processo em que as partículas de biomassa anteriormente moídas, o serrim, são prensadas e desta forma obrigadas a aglomerar-se formando assim os *pellets*. É de salientar que esta aglomeração é tanto melhor quanto mais finas forem as suas partículas [33]. É formado um granulado de madeira, geometricamente cilíndrico, com diâmetro de 6 ou 8 mm e comprimento entre 20 e 40 mm [38].

Uma vez no peletizador o serrim é acondicionado mediante o uso de vapor, que contribui para a humidificação superficial, atuando também como lubrificante. Assim, a adição de vapor contribui para que o aglutinante natural das fibras da madeira, a lenhina, atue com maior facilidade sobre as fibras que compõem os *pellets* [39].

Para a escolha da peletizadora a utilizar recorreu-se ao catálogo da empresa GEMCO e, considerando uma capacidade de produção de 500-700 kg/h selecionou-se o modelo KMPM35 que se pode visualizar na figura 4.7 [40]. Na figura 4.8 encontra-se apresentada a forma final dos *pellets* obtidos.



Figura 4.8 - Peletizadora Modelo KMPM35 da GEMCO [40].



Figura 4.7 - Forma final dos pellets obtidos.

Na tabela 4.5, encontram-se apresentadas as características da peletizadora selecionada.

Tabela 4.5 - Características da peletizadora selecionada [40].

Modelo	KMPM35
Capacidade (kg/h)	500-800
Potência (kW)	61,5
Dimensão (mm)	2150x1950x1900
Peso (kg)	2200

Arrefecedor

À saída das prensas, os *pellets* apresentam alguma plasticidade devido, principalmente à elevada temperatura (90 a 95 °C) a que ainda se encontram. O seu arrefecimento é uma etapa muito importante neste processo, pois contribui para que a lenhina da madeira alcance o seu maior potencial aglutinante, fator fundamental para que os *pellets* mantenham a sua nova forma. Durante o arrefecimento, os *pellets* tornam-se rígidos e perdem humidade, sendo que o teor de humidade final, após o arrefecedor, pode chegar aos 6 %. No entanto, dado que os *pellets* estarão sujeitos à humidade do ar envolvente, o seu teor de humidade irá normalizar entre 8 e 10 % [39].

Para este efeito, é utilizado um arrefecedor que consiste numa câmara vertical, onde um fluxo de ar passa através de uma camada de *pellets*, permitindo diminuir a sua temperatura. Estes arrefecedores são caracterizados por requerer uma menor área para a sua instalação [33].

Para a escolha do arrefecedor a utilizar recorreu-se ao catálogo da empresa GEMCO e considerando uma capacidade de produção de 800 kg/h selecionou-se o modelo GM50 que se pode visualizar na figura 4.9 [41].



Figura 4.9 - Arrefecedor Modelo GM50 da GEMCO [41].

Na tabela 4.6, encontram-se apresentadas as características do arrefecedor selecionado.

Tabela 4.6 - Características do arrefecedor selecionado [41].

Modelo	GM50
Capacidade (kg/h)	800
Potência (kW)	2,2
Dimensão (mm)	1700×600×850
Peso (kg)	220

Por fim, é necessário a separação de partículas, denominadas por finos, que contêm dimensões inferiores a 3,15 mm de modo a que estas voltem a ser novamente processadas [33].

Armazenagem/Empacotamento

Terminado o processo de peletização, os *pellets* podem:

- ser armazenados e utilizados para fins da própria empresa, nomeadamente na caldeira, como combustível para a produção de vapor para aquecer o ar utilizado na secagem dos resíduos;
- ser comercializados, vendidos a granel ou embalados em sacos.

Os *pellets* podem assim ser armazenados em silos, quando a sua distribuição for a granel, ou introduzidos em máquinas de pesagem e de embalamento automático, quando forem comercializados em sacos. O tamanho dos sacos situa-se entre pequenos com 10 a 20 kg a grandes com 500 a 1000 kg.

Se forem armazenados num local seco, os *pellets* não se degradam com o tempo.

Para a escolha da máquina de embalamento a utilizar recorreu-se ao catálogo da empresa GEMCO e considerou-se uma produção de 10 a 50 kg por saco. Na figura 4.10 encontra-se a máquina de embalamento selecionada e na figura 4.11 encontra-se representado o embalamento dos *pellets* produzidos.



Figura 4.11 - Máquina de embalamento da GEMCO [40].



Figura 4.10 - Embalamento dos *pellets* produzidos.

Na tabela 4.7, encontram-se apresentadas as características da máquina de embalagem selecionada.

Tabela 4.7 - Características da máquina de embalagem selecionada [40].

Velocidade de embalagem (sacos/h)	100-200
Peso de cada saco (kg)	10-50 por saco
Potência dissipada (kW)	1,5
Consumo de ar comprimido (m³/h)	0,5
Precisão	+/- 0,2%

5. CONCLUSÃO

A elaboração desta dissertação teve como objetivo a demonstração da importância da sustentabilidade na indústria vinícola no que diz respeito à gestão do consumo de água, à geração de águas residuais poluentes e à gestão de resíduos.

Para isso, efetuou-se o levantamento do consumo de água durante o ano de 2016, e verificou-se que este consumo é devido essencialmente às lavagens/higienizações, nomeadamente lavagem/enxaguamento das cubas, lavagem da linha de enchimento e garrafas (enchedora e enxaguadora), lavagem de todos os equipamentos, arrefecimento das cubas, lavagem de todo o chão e pavimentos, tendo-se obtido um consumo anual de 3 373 300 L.

Relativamente ao volume de águas residuais produzidas, como não foi possível obter a quantidade medida ao longo do ano, considerou-se que este valor é sensivelmente equivalente ao volume de água consumido na adega. Em relação ao tratamento das águas residuais verificou-se que a ETAR existente na adega se encontrava a satisfazer com os requisitos na época de engarrafamento, embora se tenha também verificado que a mesma precisava de obras.

Em relação às quantidades de resíduos gerados, não foi possível obter a quantidade total de todos os resíduos tendo-se estimado que a quantidade produzida é de 924 000 kg/ano.

Como medida para a minimização do consumo de água propõe-se a implementação de um sistema filtração que permite tratar parte da água gasta na linha de enchimento de modo a que esta seja reutilizada para a lavagem de chão e exteriores, permitindo assim reduzir uma parcela do consumo total anual da adega.

Como se verificou que a ETAR não se encontrava a funcionar devido ao facto de precisar de obras, e como proposta de melhoria, propõe-se a modificação da ETAR sendo proposta uma gradagem, seguida de tamisagem, tanque de homogeneização, correção de ph, arejamento e sistema de membranas (ultrafiltração).

Em relação aos resíduos, propõe-se a valorização energética dos subprodutos que são utilizados com matéria orgânica nas vinhas, nomeadamente o engaço obtido no desengaçamento e o bagaço resultante da prensagem constituído pelo folhelho, grainhas e ainda algum engaço, através da produção de *pellets* que podem ser utilizados pela empresa ou então serem comercializados. Neste sentido, apresenta-se o dimensionamento de uma linha de produção de *pellets* não tendo sido possível obter o orçamento dos equipamentos até ao momento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Quinta da lixa. “A empresa” <http://www.quintadalixa.pt/conteudo.php?s=1> (Acedido em 18 de Abril de 2017).
- [2] Santos, A, 2012. *Avaliação da sustentabilidade do vinho verde em Portugal*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente - Ramo de Gestão. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [3] The International Organisation of Vine and Wine. “Wine and Sustainability” <http://www.oiv.int/en/the-international-organisation-of-vine-and-wine> (Acedido a 2 de Outubro de 2017).
- [4] Vinhos do Alentejo. “Redução de consumos e gestão de água na adega” <http://sustentabilidade.vinhosdoalentejo.pt/pt/melhores-praticas-na-adega/agua/reducao-de-consumos-e-gestao-de-agua-na-adega> (Acedido a 18 de Abril de 2017).
- [5] Dias, A, 2016. *Manual de Boas Práticas Ambientais para o Setor da Produção de Vinhos*. Tese de Mestrado em Gestão Integrada da Qualidade, Ambiente e Segurança. Escola Superior de Tecnologia e Gestão.
- [6] Marçal, CF, 2014. *Gestão integrada de resíduos do sector vinícola e análise do ciclo de vida do produto*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.
- [7] Gilinsky, A, Newton, S and Veja, R, 2016. Sustainability in the Global Wine Industry: Concepts and cases, vol. 8, pp. 37-49, 2016.
- [8] Pirra, A, 2005. *Caracterização e tratamento de efluentes vinícolas da região demarcada do Douro*. Doutoramento em Engenharia Agrícola - Caracterização e Tratamento de Efluentes. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- [9] <http://expresso.sapo.pt/economia/2017-04-17-Portugal-e-o-lider-mundial-no-consumo-de-vinho-per-capita> (Acedido a 22 de Junho de 2017)
- [10] Jackson RS, 2008. *Wine Science: Principles and Applications*. (3ª Edição). San Diego, USA: Elsevier Inc.
- [11] Graiger, K, Tattersall, H, 2005. *Wine Production: Vine to bottle*. Blackwell Publishing.

[12] Lopes, A, 2015. *Gestão Ambiental de uma Empresa do Sector Vinícola. Tese de Mestrado em Tecnologia Ambiental.* Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.

[13] Lucas, M, Peres, J, 2011. *Processos de tratamento de efluentes vinícolas: breve perspectiva.* Química 122: 41-47.

[14] Infovini. “Como se faz o vinho” <http://www.infovini.com/classic/index.php> (Acedido a 10 de Abril de 2017).

[15] Conradie, A, Sigge, GO and Cloete, TE, 2014. Influence of Winemaking Practices on the Characteristics of Winery Wastewater and Water Usage of Wineries. S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 35, No. 1.

[16] Silva, V, 2015. *Tratamento de Efluentes Vinícolas por Processos Biológicos.* Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

[17] Oliveira, A, 2013. *Avaliação da biodegradabilidade aeróbia de efluentes vinícolas da região dos vinhos verdes.* Tese de Mestrado em Enologia. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

[18] Dinâmica da água na vinha <https://www.az3oeno.pt/processos/vinha/dinamica-da-agua-na-vinha/> (Acedido a 22 de Junho de 2017).

[19] Ortigara, AR, 2009. *Caracterização do efluente de uma vinícola na região do vale do rio do peixe/sc e avaliação do seu tratamento por Biofiltro Aerado Submerso.* Tese de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina.

[20] Vieira, MR, 2009. *Contribuição para o estudo do tratamento de efluentes da indústria vinícola.* Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 111pp.

[21] Portfólio Adegas: Efluentes Vinícolas. Ecodepur, Tecnologias de proteção ambiental (versão PDF do documento descarregada em 10 de Abril de 2017).

[22] Rodrigues, EA, 2014. *Processo de Fenton Homogéneo para Tratamento de Efluentes Vinícolas - Piloto Industrial.* Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 58pp.

[23] Moreira, CM and Maia, MO, *Estratégia do processo de vinificação face à poluição provocada pelos efluentes das adegas.*

[24] Monteiro, AL, 1996. *Caracterização das águas e otimização do funcionamento de ETARs Vitivinícolas*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

[25] Cardoso, VF, 2015. *Tratamento Biológico de Efluentes Vinícolas através do Reator Biológico de Leito Móvel (MBBR)*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

[26] Vinhos do Alentejo. “Gestão de resíduos- Redução, Reutilização e Reciclagem” <http://sustentabilidade.vinhosdoalentejo.pt/pt/melhores-praticas-na-adeqa/residuos/gestao-de-residuos-reducao-reutilizacao-e-reciclagem> (acedido a 7 de Abril de 2017).

[27] WineSkills, “Waste Management”, 2017. <http://www.wineskills.co.uk/sustainability/guidelines/waste-management> (acedido a 19 de Abril de 2017).

[28] Prozil, SO, 2008. *Caracterização química do engaço da uva e possíveis aplicações*. Dissertação de Mestrado em Materiais Derivados de Recursos Renováveis. Universidade de Aveiro.

[29] Buratto, WG, Gueri MV and Ribeiro, CB, 2016. *Potencial energético dos subprodutos vinícolas no Planalto Catarinense*. Acta Iguazu, Cascavel, v.5, Edição Especial “I seminário de Eng. De Energia na Agricultura”, p.183-194, 2016

[30] Silva, LM, 2003. *Caracterização dos subprodutos da vinificação*. Millenium, 28: 123-133.

[31] Prozil, SO, Mendes JA, Evtuguin, DV and Lopes, LP, (2013) *Caracterização química e estrutural do engaço da uva e avaliação do seu potencial como matéria-prima lenhocelulósica*. Millenium, 44. Pp. 23-40.

[32] Barros, CS, 2013. *Produção de Pellets para valorização de resíduos provenientes da indústria corticeira*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade do Minho.

[33] Barbosa, MT, 2008. *Análise da utilização de biomassa e resíduos florestais para a produção de pellets*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro.

[34] Mckendry, P, 2001. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. Bioresource Technology, pp. 47-54.

[35] Lora, EE, Andrade, RV. *Gaseificação e pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis*. Biocombustíveis. Capítulo 6 pp.411-498

[36] Ribeiro, A, 2017. *Pirólise*. Aparentamentos da disciplina de Tecnologias da Biomassa. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

[37] Pinho, TS, 2011. *Produção de Hidrogénio através da Gasificação da Biomassa*. Tese de Mestrado em Engenharia Química no ramo Otimização Energética na Indústria Química. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

[38] Marques, JM, 2009. *Viabilidade de incorporação de resíduos florestais e agrícolas para produção de pellets*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

[39] Carvalho, NP 2011. *Implementação do Plano de Controlo, Inspeção e Ensaio na Produção de Pellets de Madeira*. Tese de Mestrado em Tecnologias ambientais. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.

[40] Gemco Energy - Catalogue (versão PDF do documento descarregada em 15 de Novembro de 2017).

[41] Gemco Energy. "Cooler" <http://www.pellet-machine.com/cooler.html> (Acedido a 16 de Novembro de 2017).

[42] Garcia, J, Barreiro, G, 1978. Problemas de Ingenieria Quimica II. Colección Ciencia y Tecnología. Aguilar, Madrid.

ANEXOS

ANEXO A - PRODUÇÃO DE PELLETS

Anexo A.1. Exemplo de cálculo para a determinação da quantidade de resíduos

Para a determinação da quantidade de resíduos gerados, recorreu-se à equação A.1. Assim, para o caso do engaço, sendo o índice de subproduto gerado por hectolitro de vinho de 3,5 e sabendo que a produção de vinho no ano de 2016 foi de 42 000 hL então:

$$\text{Índice Subproduto (engaço)} = \frac{\text{Quantidade engaço (kg)}}{\text{Vinho produzido (hL)}} \quad (\text{A.1})$$

$$3,5 = \frac{\text{Quantidade engaço (kg)}}{42\,000}$$

$$\text{Quantidade engaço} = 147\,000 \text{ kg/ano}$$

Anexo A.2. Dimensionamento do secador

De modo a se efetuar o dimensionamento do secador considerou-se que a quantidade total de resíduos a secar é de 924 000 kg/ano. Sabendo que o bagaço contém 20% de humidade e que é constituído por grainhas, folhelho e engaço sendo que este último contém 50% de humidade e, devido ao facto de a época das vindimas ser no verão o que leva a uma diminuição da humidade, considerou-se que a mistura à entrada do secador teria uma percentagem de humidade de 35%. O secador irá permitir reduzir o teor de humidade dos resíduos para 10% para posterior peletização. Assim, foi necessário determinar a quantidade de sólido húmido (L) e a quantidade de sólido seco (L') bem como a respetiva fração de humidade de entrada e saída (Xe e Xs). Na figura A.1, encontram-se representadas as correntes de entrada e de saída do secador e do aquecedor.

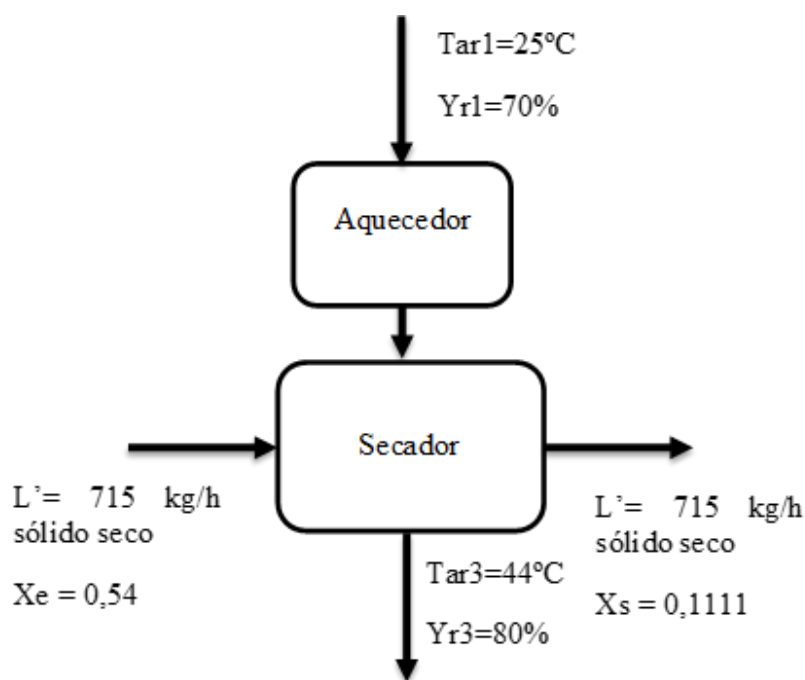


Figura A.1 - Representação das correntes de entrada e saída do secador e do aquecedor do ar.

$$L = 924000 \frac{\text{kg}}{\text{ano}} \times \frac{1 \text{ ano}}{35 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ sólido húmido}$$

$$L' = 1100 \times (1 - 0,35) = 715 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ sólido seco}$$

$$X_e = \frac{0,35}{1 - 0,35} = 0,54 \frac{\text{kg água}}{\text{kg sólido seco}}$$

$$X_s = \frac{0,10}{0,90} = 0,11 \frac{\text{kg água}}{\text{kg sólido seco}}$$

Em relação ao ar utilizado na secagem, assumiu-se ar ambiente com uma temperatura (T_1) de 25°C e uma humidade relativa (Y_{r1}) de 70% que necessita de ser pré-aquecido e considerou-se que, após a secagem, sai do secador a (T_3) 44°C e com uma humidade relativa (Y_{r2}) de 80%. Após visualização da carta de humidades, verificou-se que à entrada do secador a temperatura do ar (T_2) é de 120°C com uma humidade específica (y_2) de 0,014 e à saída do secador a humidade específica (y_3) é de 0,0478, assumindo secagem adiabática para simplificar os cálculos.

Posto isto, através do balanço global ao secador, determinou-se a quantidade de ar quente (W) necessário para a secagem dos resíduos.

Balanço global ao secador:

$$L' \times (X_e - X_s) = G \times (y_3 - y_2) \quad (\text{A.2})$$
$$714 \times (0,54 - 0,11) = W \times (0,0478 - 0,014)$$
$$W = 9072,88 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Posteriormente, e através do balanço de energia ao aquecedor, determinou-se a quantidade de calor que deve ser fornecido ao aquecedor para aquecer o ar de 25°C para 120°C, sabendo que o calor específico (cp) é dado pela seguinte equação [42]:

$$c_{p \text{ ar húmido}} = 0,24 + 0,46 \times y_2 \text{ kcal}/(\text{kg ar seco} \cdot ^\circ\text{C})$$

Balanço de Energia ao Aquecedor:

$$Q = G \times c_{p \text{ ar}} \times (T_2 - T_1) \quad (\text{A.3})$$
$$Q = 9072,88 \times (0,24 + 0,46 \times 0,014) \times (120 - 25)$$
$$Q = 215481 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

De seguida, determinou-se o comprimento do secador recorrendo a um método baseado na transferência de calor [42]. Nos secadores contínuos, tanto a temperatura do ar como do sólido variam ao longo do secador sendo por isso identificadas três zonas distintas como se pode verificar na figura A.2.

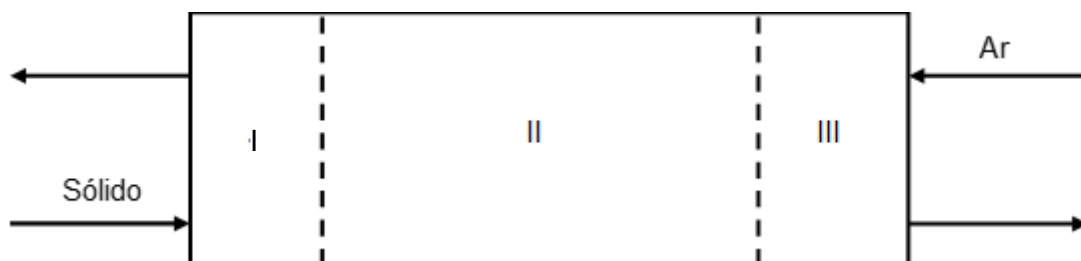


Figura A.2 - Distinção das três zonas de secagem do sólido [42].

O método de dimensionamento do secador com base na transferência de calor implica os seguintes pressupostos:

Na zona I, de pré-aquecimento, o sólido aquece até à temperatura de saturação adiabática, não se efetuando secagem nesta zona.

Na zona II, praticamente toda a humidade é retirada do sólido, permanecendo este à temperatura de saturação adiabática.

Na zona III, a temperatura do sólido aumenta não aumentando a sua humidade [42].

Neste caso, para o cálculo das dimensões do secador apenas se irá considerar a zona central no sentido de simplificar os cálculos. Assim, o comprimento do secador (z) é dado pela equação A.3:

$$z = HOT \times NOT \quad (A.3)$$

- **Determinação do número de elementos de transferência (NOT):**

Inicialmente, determinou-se o número de elementos de transferência (NOT) através da equação A.4:

$$NOT = \int_1^2 \frac{dt'}{t - t_s} \quad (A.4)$$

Para a zona central, em que a temperatura do sólido é constante e igual à temperatura húmida do ar, então:

$$NOT = \ln \frac{T_{ar1} - T_w}{T_{ar2} - T_w}$$

$$NOT = \ln \frac{120 - 39,8}{44 - 39,8}$$

$$NOT = 3$$

Para secadores rotativos o número de elementos de transmissão deve estar compreendido entre 1,5 e 2 de modo a que estes operem mais economicamente, neste caso obteve-se 3 elementos de transferência.

- **Determinar a altura dos elementos de transferência (HOT):**

Posteriormente, determinou-se a altura dos elementos de transferência (HOT) que, para secadores rotativos é dada pela equação A.5:

$$HOT = 0,0175 \times G^{0,84} \times cp \times d \quad (A.5)$$

Sendo:

d = diâmetro do secador (m);

G = Fluxo mássico de ar (kg/h.m²);

Como não se sabe qual o valor do fluxo mássico de ar e como, pela literatura, se constatou que este deve estar compreendido entre 100 e 50 000 kg/h.m² considerou-se o valor de 2500 kg/h.m² de modo a reduzir o arrastamento de sólido pelo ar.

O diâmetro do secador (d) é dado pela equação A.6:

$$d = \left(\frac{4 \times W}{\pi \times G} \right)^{1/2} \quad (A.6)$$

Sendo:

W = Caudal mássico de ar (kg/h);

Assim:

$$d = \left(\frac{4 \times 9072,88}{\pi \times 2500} \right)^{1/2}$$
$$d = 2,15 \text{ m}$$

Sabendo que este valor deve estar compreendido entre 0,3m e 3m o valor obtido é aceitável.

Assim, substituindo na equação A.5:

$$HOT = 0,0175 \times 2500^{0,84} \times 0,25 \times 2,15$$

$$\text{HOT} = 6,72 \text{ m}$$

Assim, o comprimento do secador é:

$$z = \text{HOT} \times \text{NOT}$$

$$z = 6,72 \times 3$$

$$z = 20,16 \text{ m}$$