Redução do uso de auxiliares tecnológicos e aditivos em Enologia: Estudo de uma adega de pequena dimensão

António Pedro Bento Queirós

Mestrado em Engenharia de Viticultura e Enologia
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 2025.

Redução do uso de auxiliares tecnológicos e aditivos em Enologia: Estudo de uma adega de pequena dimensão

António Pedro Bento Queirós

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia de Viticultura e Enologia, 2025.

Orientadores:

Sofia Catarino, PhD, Professora Auxiliar, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Jorge Queiroz, PhD, Professor Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

Agradecimentos

Quero agradecer à minha querida esposa Sandra Raposinho pelo incansável apoio e motivação no dia-a-dia deste projeto que criámos em conjunto (Saruga – Alentejo ao Natural) e que me lançou no caminho da Enologia.

Resumo

A tendência de evolução do consumo de vinho na sociedade moderna tem levado ao aumento da regulação dos métodos produtivos através de um maior escrutínio de práticas de produção mais sustentáveis.

A sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável são temas importantes para todos os domínios da economia e da sociedade, incluindo a atividade vitivinícola que na sua amplitude de intervenção – consumo de água e energia, técnicas de produção no uso da área de cultivo, biodiversidade, uso de auxiliares tecnológicos e aditivos e a agricultura familiar, tem vindo a criar junto dos principais organismos de regulação internacionais, a necessidade de rever a legislação e boas práticas que implementa no mercado.

Esta dissertação centra-se na identificação de algumas práticas sustentáveis, apresentando o estado atual das mesmas bem como as recomendações de evolução, dedicando maior detalhe na apresentação de novas tendências de redução do uso de auxiliares tecnológicos e aditivos em enologia. Para tal, foram identificadas as principais praticas enológicas, detalhando processos físicos e processos químicos utilizados atualmente e recomendando alternativas mais sustentáveis.

Estas recomendações são suportadas por um caso de estudo projetado numa adega de pequena dimensão que vai ao encontro de um dos principais vetores do desenvolvimento sustentável – a produção em âmbito de agricultura familiar.

A aplicação destas recomendações seguiu uma estratégia de aplicação das melhores práticas de produção vitivinícola em que é feita uma análise pré e pós aplicação das recomendações com recurso a análise dos principais indicadores das etapas enológicas.

Como conclusão podem ser observados os resultados da aplicação destas recomendações e do respetivo impacto prático quanto à sua substituição ou redução dos atuais auxiliares tecnológicos e aditivos, ajudando assim a promover o reconhecimento da viabilidade de alternativas sustentáveis no setor vitivinícola e evidenciando a necessidade de continuarmos à procura de novas opções.

Palavras-chave: Vinho, Sustentabilidade, Auxiliares tecnológicos e Aditivos, Enologia de precisão, Agricultura Familiar

Abstract

The evolving consumption trends of wine in the modern society have led to increased regulation of production through greater scrutiny of more sustainable production practices, with a stronger focus on environmental concerns and consumer health.

Sustainability and sustainable development are crucial topics across all sectors of the economy and society, including viticulture. Given its wide-ranging impact—such as water and energy consumption, production techniques in cultivated areas, biodiversity, the use of technological aids and additives, and family farming—major international regulatory bodies have been reviewing legislation and best practices implemented in the market.

This dissertation focuses on identifying the best sustainable practices, presenting their current state as well as recommendations for future development, with particular emphasis on new trends aimed at reducing the use of technological aids and additives in oenology. To achieve this, the primary oenological practices were identified, detailing both physical and chemical processes currently in use and recommending more sustainable alternatives.

The analysis is supported by a case study conducted in a small (family-owned) winery, aligning with one of the key pillars of sustainable development—production within the scope of family farming.

The implementation of these recommendations followed a strategy of applying best viticulture production practices, involving a pre- and post-implementation analysis based on key indicators of the winemaking process.

In conclusion, the results of the implementation of these recommendations and their practical impact on the substitution or reduction of current technological auxiliaries and additives can be observed, thus helping to promote the recognition of the viability of sustainable alternatives in the viticulture sector and highlighting the need to continue searching for new options.

Keywords: Sustainability, technological aids, additives, precision enology, family farming

Índice

Lista de Figuras vii

Introdução e objetivos 1

1. Contextualização 3

1.1. Agricultura familiar e desenvolvimento sustentável 3

1.2. Sustentabilidade do sector vitivinícola 7

1.2.1 O Plano Estratégico OIV 2025-2029 7

1.2.2 Normas e certificações nacionais para a sustentabilidade do setor vitivinícola 9

1.3 Conceito de Terroir 11

1.4 Enologia de Precisão 12

1.5 Processos físicos vs processos químicos 15

1.5.1 Processos físicos 15

1.5.2 Processos químicos 19

1.6 Práticas enológicas: utilização de aditivos e auxiliares tecnológicos 24

1.6.1 Dióxido de Enxofre (SO_2) 25

1.6.2 Alternativas ao Dióxido de Enxofre (SO_2) 27

1.6.3 Ácido tartárico 28

1.6.4 Alternativas ao Ácido Tartárico 28

1.6.5 Aditivos de ativação fermentativa 30

1.6.6 Vasilhas e Fragmentos de madeira 30

1.6.7 Maceração a frio (pre-fermentativa) 31

1.6.8 Fermentação Alcoólica e Malolática 31

1.6.9 Clarificação 32

1.6.10 Gestão da temperatura na adega 32

1.6.11 Estágio, estabilização e engarrafamento 32

1.6.12 Práticas recomendadas pelos fabricantes de aditivos 34

2 Metodologia 36

2.1 Estudo de caso: Adega de pequena dimensão (familiar) 36
2.1.1 A Adega Saruga 36
2.1.2 Caracterização da atividade do projeto Saruga 38
3 Resultados e Discussão 41
3.1 Requisitos pré-produção 41
3.1.1 Características recomendadas para uma adega de dimensão familiar 41
3.2 Análises utilizadas durante as etapas enológicas 42
3.2.1 Determinações analíticas a realizar durante a maceração pré-fermentativa 43
3.2.2 Determinações analíticas a realizar durante a fermentação alcoólica 43
3.2.3 Análises durante a fermentação malolática 44
3.2.4 Análises antes do estágio 45
3.2.5 Análises no pré-engarrafamento 46
3.3 Resultados das análises efetuadas durante as etapas enológicas 46
3.3.1 Vinho Branco 2023 (Rótulo Mestre Fanica) 52
3.3.2 Vinho Rosé 2023 (Rótulo Dona Adélia) 52
3.3.3 Vinho Tinto 2023 (Rótulo O Brasileiro) 52
Conclusões 54
Referências Bibliográficas 55
Anexos 67
Anexo 1 – Oferta de vinhos Saruga 68

Lista de Figuras

Figura 1: Recomendações de aditivos para vinhos brancos 34
Figura 2: Recomendações de aditivos para vinhos tintos 34
Figura 3: Planta da Adega Saruga 36
Figura 4: Foto Exterior da Adega Saruga 37
Figura 5: Fotos do Interior da Adega Saruga 37
Figura 6: Diagrama de produção de vinho tinto 39
Figura 7: Diagrama de produção de vinho branco 40
Figura 8: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Tinto Cuba #1 – 2022 47
Figura 9: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #1 –2022 47
Figura 10: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Tinto Cuba #2 – 2022 47
Figura 11: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #2 – 2022 47
Figura 12: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Tinto Cuba #3 – 2022 47
Figura 13: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #3 – 2022 47
Figura 14: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Rosé Cuba #5 – 2022 48
Figura 15: Valores de SO_2 – Vinho Rosé Cuba #5 –2022 48
Figura 16: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Tinto Cuba #3 – 2023 48
Figura 17: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #3 –2023 48
Figura 18: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Branco Cuba #2 – 2023 49
Figura 19: Valores de SO_2 – Vinho Branco Cuba #2 –2023 49
Figura 20: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Rosé Cuba #5 – 2023 49
Figura 21: Valores de SO_2 – Vinho Rosé Cuba #5 –2023 49
Figura 22: Valores de acidez volátil – Vinho Tinto Cuba #1 – 2024 50
Figura 23: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #1 –2024 50
Figura 24: Valores de acidez volátil – Vinho Tinto Cuba #4 – 2024 50
Figura 25: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #4 –2024 50
Figura 26: Valores de acidez volátil – Vinho Branco Cuba #3 – 2024 51
Figura 27: Valores de SO_2 – Vinho Branco Cuba #3 –2024 51
Figura 28: Valores de acidez volátil – Vinho Rosé Cuba #2 – 2024 51
Figura 29: Valores de SO_2 – Vinho Rosé Cuba #2 –2024 51
Figura 30: Rótulos da oferta de vinhos Saruga 68

Introdução e objetivos

A crescente preocupação da sociedade com a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar tem conduzido a uma transformação significativa nos modelos produtivos do setor vitivinícola. Esta mudança de paradigma é impulsionada pela necessidade de responder às exigências de consumidores mais informados e conscientes, bem como ao reforço da legislação que regula práticas enológicas, procurando minimizar o uso de aditivos e auxiliares tecnológicos que possam impactar a qualidade do vinho e o meio ambiente. O aparecimento de novo conhecimento na comunidade científica tem permitido o desenvolvimento tecnológico através da melhoria contínua de práticas mais sustentáveis na produção vitivinícola e que se pretende ilustrar ao longo desta dissertação.

A sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável são temas importantes para todos os domínios da economia e da sociedade. Em 1987, a Comissão Brundtland da ONU definiu sustentabilidade como “satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades” (Brundtland, 1987).

Neste contexto, o presente trabalho centra-se na análise e identificação de alternativas sustentáveis que visem a redução do uso de auxiliares tecnológicos e aditivos em enologia, preservando a qualidade sensorial, a estabilidade e a segurança do produto final. O principal objetivo é contribuir para a definição de práticas enológicas que conciliem eficiência produtiva com responsabilidade ambiental e que promovam a aplicação de métodos menos intrusivos ao longo do processo de vinificação.

O regresso do Homem a uma prática corrente de agricultura familiar poderá ter um papel ativo no desenvolvimento sustentável, uma vez que predominam práticas agrícolas que preservam e mantêm a biodiversidade e ecossistemas, que ajudam a reduzir ou evitar os riscos das alterações climáticas (FAO, 2019a).

A metodologia seguida baseia-se numa abordagem de carácter exploratório e aplicado, integrando uma revisão crítica da literatura científica com a análise empírica de um caso de estudo numa adega familiar de pequena escala. Para tal, foram recolhidos dados relativos às práticas tradicionais e às alternativas implementadas, permitindo a sua comparação. A atenção centrou-se na monitorização de indicadores físico-químicos e sensoriais, avaliados antes e após a aplicação das recomendações propostas no capítulo final desta dissertação.

Esta dissertação pretende descrever as várias formas de intervenção humana usadas na produção do vinho para que se evidencie a perceção comum que um vinho produzido numa adega de pequenas dimensões de cariz familiar pode surpreender pela qualidade e ao mesmo tempo melhorar o modelo de sustentabilidade para o setor vitivinícola.

Existem atualmente diversos aditivos e auxiliares tecnológicos para a produção de vinho que nos permitem identificar opções adequadas ao nosso mercado alvo, adicionalmente, os vinhos que derivam do uso de auxiliares tecnológicos apresentam-se também como uma oportunidade para os produtores vínicos diversificarem o seu produto final de forma a satisfazerem as diferentes necessidades de mercado (Petrozziello *et al*., 2020).

1. Contextualização

O suporte bibliográfico desta dissertação assenta na definição das principais entidades reguladoras do setor vitivinícola Português – Comissão Europeia (CE), FAO, Instituto da Vinha e do Vinho (IVV) e Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV) sobre o caminho da sustentabilidade e agricultura familiar, identificando práticas emergentes que ajudem a substituir os auxiliares tecnológicos e aditivos identificados como prejudiciais ao meio ambiente e à saúde do consumidor.

1.1. Agricultura familiar e desenvolvimento sustentável

A agricultura familiar tem vindo a ganhar atenção global desde 2014, ano designado como o Ano Internacional da Agricultura Familiar (AIAF) pela ONU.

Ao dedicar um Ano Internacional à agricultura familiar, a ONU reposicionou a agricultura familiar no centro das políticas agrícolas, ambientais e sociais nas agendas nacionais, alcançando uma mudança em direção a um desenvolvimento mais equitativo e equilibrado. O AIAF impulsionou um processo robusto de diálogo político entre os 197 Estados-Membros da FAO, envolvendo todos os atores relevantes, o que resultou na formulação de políticas, programas, atividades e arranjos institucionais nacionais e regionais em apoio à agricultura familiar.

Esta definição ganhou força após a publicação em 2011 do documento “Investing in smallholder agriculture for food security and nutrition” publicado pela FAO (FAO, 2011).

Nesse sentido, a FAO e o Fundo Internacional para o Desenvolvimento Agrícola (FIDA) lançaram no dia 20 de Dezembro de 2017 um conjunto de diretrizes com o nome “a Década da Agricultura Familiar da ONU” bem como um Plano de Ação Global para aumentar o apoio aos agricultores familiares, especialmente dos que vivem em países em desenvolvimento (FAO, 2019a).

A agricultura familiar representa mais de 90% da agricultura mundial e produz 80% dos alimentos do mundo em termos de valor (FAO, 2019a). É uma das principais atividades capazes de impulsionar o desenvolvimento sustentável, incluindo o objetivo de eliminar a fome e todas as formas de desnutrição (FAO, 2019a).

Existem mais de 570 milhões de explorações agrícolas no mundo. Embora a noção de agricultura familiar seja imprecisa, a maioria das definições refere-se ao tipo de gestão ou propriedade e à utilização de mão de obra na exploração. Mais de 90% das explorações agrícolas são geridas por um indivíduo ou uma família e dependem principalmente da mão de obra familiar. De acordo com estes critérios, as explorações

familiares são, de longe, a forma mais predominante de agricultura no mundo (FAO, 2014).

A grande maioria das explorações agrícolas no mundo são pequenas ou muito pequenas, e em muitos países de baixo rendimento, o tamanho das explorações está a tornar-se ainda menor. Globalmente, explorações com menos de 1 hectare representam 72% de todas as explorações, mas controlam apenas 8% de todas as terras agrícolas. Explorações ligeiramente maiores, entre 1 e 2 hectares, representam 12% de todas as explorações e controlam 4% das terras, enquanto explorações na faixa de 2 a 5 hectares representam 10% de todas as explorações e controlam 7% das terras. Em contraste, apenas 1% de todas as explorações no mundo têm mais de 50 hectares, mas estas poucas explorações controlam 65% das terras agrícolas mundiais. Muitas destas explorações grandes, e por vezes muito grandes, são de propriedade e gestão familiar (FAO, 2014).

O movimento em direção a uma vitivinicultura mais sustentável é impulsionado não apenas por considerações ambientais, mas também por uma crescente demanda dos consumidores por produtos que respeitem o meio ambiente e promovam a saúde.

A sustentabilidade tornou-se assim num valor central para muitos produtores vitivinícolas que buscam não apenas minimizar o seu impacto ambiental, mas também garantir a longevidade de seus negócios e a qualidade de seus vinhos. A transição para práticas mais sustentáveis na indústria vitivinícola é um processo contínuo e desafiador, mas essencial para enfrentar as pressões ecológicas e sociais do século XXI.

Segundo o Presidente da FAO aquando do lançamento desta iniciativa - “Os agricultores familiares são os que produzem alimentos locais frescos e de forma sustentável. Essa é a sua contribuição”. Referiu ainda “Eles não se limitam a produzir alimentos. Simultaneamente, desempenham funções ambientais, sociais e culturais, sendo guardiões da biodiversidade, preservando a paisagem e mantendo o património comunitário e cultural. Além disso, possuem o conhecimento para produzir alimentos nutritivos e culturalmente apropriados como parte das tradições locais.”.

Os agricultores familiares fornecem alimentos saudáveis, diversificados e culturalmente apropriados, e cultivam a maior parte dos alimentos tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Geram oportunidades de emprego dentro e fora das áreas de cultivo e ajudam as economias rurais a crescer. Preservam e restauram a biodiversidade e os ecossistemas e usam métodos de produção que podem ajudar a reduzir ou evitar os riscos das alterações climáticas. Os agricultores familiares garantem

a sucessão de conhecimento e tradições de geração em geração e promovem a equidade social e o bem-estar da comunidade (FAO, 2019a).

Embora os agricultores familiares produzam a maior parte dos alimentos que consumimos, paradoxalmente, estes enfrentam a pobreza, especialmente nos países em desenvolvimento (FAO, 2019a). Os agricultores enfrentam grandes desafios, uma vez que não têm acesso a recursos e serviços para apoiar a sua produção e comercialização de alimentos, porque a sua infraestrutura é pobre, porque as suas vozes não são ouvidas nos processos políticos e porque as condições ambientais e climáticas nas quais dependem estão ameaçadas (FAO, 2019a).

No dia do lançamento da iniciativa "a Década da Agricultura Familiar da ONU", foi também disponibilizado "O Plano de Ação Global da Década da Agricultura Familiar", que é um guia para o desenvolvimento de políticas, programas e regulamentações de apoio aos agricultores familiares, propondo ações coletivas e coerentes que possam ser tomadas nos próximos dez anos (FAO, 2019b). O documento detalha atividades específicas para abordar desafios interconectados e tem como alvo uma série de atores - governos, agências da ONU, instituições financeiras internacionais, órgãos regionais, agricultores e organizações de produtores, institutos académicos e de pesquisa, organizações da sociedade civil e setor privado, incluindo pequenas e médias empresas (FAO, 2019b).

Algumas das medidas apresentadas pretendem desenvolver e implementar um ambiente político favorável (incluindo políticas abrangentes e coerentes, investimentos e estruturas institucionais) que apoiem a agricultura familiar nos níveis local, nacional e internacional, apoiar a juventude e as mulheres rurais, permitindo-lhes aceder a recursos produtivos, recursos naturais, informação, educação, mercados e participar em processos de elaboração de políticas, fortalecer as organizações de agricultores familiares e suas capacidades para gerar conhecimento e vincular conhecimentos locais (tradicionais) específicos a novas soluções, melhorar os meios de subsistência dos agricultores familiares e aumentar a sua resiliência a múltiplos riscos através do acesso a serviços sociais e económicos básicos, bem como facilitar e promover a diversificação da produção para reduzir os riscos e aumentar os retornos económicos e promover a sustentabilidade da agricultura familiar para sistemas alimentares resilientes ao clima e o seu acesso, gestão responsável e uso da terra, água e outros recursos naturais.

Este documento evidenciou que mais de 80% de todas as áreas de cultivo do mundo estão abaixo de dois hectares, as áreas de cultivo familiares ocupam cerca de 70 a 80%

das terras agrícolas e produzem mais de 80% dos alimentos do mundo em termos de valor e que a agricultura de montanha é em grande parte agricultura familiar.

O potencial para melhorar a produtividade do trabalho e os rendimentos só pode ser concretizado se os agricultores familiares forem capazes de inovar. Existem dois caminhos principais, embora interligados, pelos quais a produtividade dos agricultores pode ser aumentada: o desenvolvimento, adaptação e aplicação de novas tecnologias e práticas de gestão agrícola e a aplicação mais ampla de tecnologias e práticas existentes. O primeiro expande o potencial para uma utilização mais produtiva dos recursos existentes, deslocando a fronteira das possibilidades de produção. O segundo permite que os agricultores aproveitem mais desse potencial. (FAO, 2014).

Não basta produzir mais.

Para que as sociedades prosperem a longo prazo, é necessário produzir de forma sustentável. O paradigma anterior de produção intensiva em insumos não pode enfrentar este desafio. O crescimento da produtividade deve ser alcançado através da intensificação sustentável. Isso significa, entre outras coisas, conservar, proteger e melhorar os recursos naturais e os ecossistemas, melhorar os meios de subsistência e o bem-estar das pessoas e grupos sociais, e reforçar a sua resiliência – especialmente face às mudanças climáticas e aos mercados voláteis (FAO, 2014).

O mundo deve contar com as explorações familiares para produzir os alimentos de que necessita e fazê-lo de forma sustentável. Para que isso aconteça, os agricultores familiares devem ter o conhecimento e os incentivos económicos e políticos necessários para fornecer serviços ambientais essenciais, incluindo a proteção das bacias hidrográficas, a conservação da biodiversidade e a captura de carbono (FAO, 2014).

As explorações familiares mais pequenas tendem a confiar em métodos testados e comprovados, porque uma decisão errada pode comprometer uma estação de cultivo inteira, no entanto, adotam prontamente novas tecnologias e práticas que percebem como benéficas para as suas circunstâncias específicas (FAO, 2014).

Os agricultores frequentemente enfrentam elevados custos iniciais e longos períodos de retorno de investimento ao fazerem melhorias. Isso pode ser um dissuasor proibitivo, especialmente na ausência de direitos fundiários seguros e de acesso a financiamento e crédito (FAO, 2014).

Embora sejam necessários investimentos em investigação e desenvolvimento agrícolas para expandir o potencial de produção sustentável, a partilha de conhecimento sobre

tecnologias e práticas inovadoras entre agricultores familiares é talvez ainda mais importante para colmatar as lacunas existentes na produtividade e sustentabilidade agrícolas entre países em desenvolvimento e desenvolvidos (FAO, 2014).

Em suma, a indústria vitivinícola está num processo de transformação para incorporar práticas mais sustentáveis que garantam a sua viabilidade a longo prazo, protegendo também o meio ambiente e as comunidades locais (Costa *et a*l., 2022; Hofmann *et al*., 2021; Lorenzo *et al*., 2021).

1.2. Sustentabilidade do sector vitivinícola

A OIV desempenha um papel central na promoção da sustentabilidade no setor, incentivando a adoção de práticas que integram aspetos económicos, ecológicos e sociais.

A OIV relatou uma resolução sobre os princípios gerais da viticultura e vinificação sustentáveis, na qual se afirma que "As empresas deverão considerar o impacto das suas atividades no contexto socioeconómico e o seu envolvimento no desenvolvimento socioeconómico dos territórios (ou áreas)" (OIV, 2016). Esta resolução aborda as condições de trabalho, a integração no ambiente socioeconómico e cultural regional/local, a segurança e saúde do consumidor, e enfatiza a necessidade de assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores, a formação contínua e a estabilidade da força de trabalho (OIV, 2016).

1.2.1 O Plano Estratégico OIV 2025-2029

O Plano Estratégico 2025-2029 e os seus principais objetivos são orientados pelos vários desafios que o setor vitivinícola internacional enfrenta, mas também pelo desejo de integrar as perspetivas de 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), elaborados sob a égide da ONU, no trabalho da Organização (OIV, n.d.). O Plano Estratégico 2025-2029 está estruturado em torno das suas seis prioridades, das quais se destacam a coordenação de abordagens para a sustentabilidade, promover uma viticultura resiliente e sustentável e adaptar a enologia e os processos de produção ao futuro.

A sustentabilidade na produção de vinho é um tema cada vez mais relevante, impulsionado por desafios ambientais como as alterações climáticas e a necessidade de práticas agrícolas e industriais responsáveis. A definição clássica de sustentabilidade, proposta pela Comissão Brundtland em 1987, enfatiza a importância de atender às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. Este conceito foi amplamente

adotado pela indústria vitivinícola, que tem reconhecido os riscos ambientais específicos que enfrenta, como a utilização intensiva de recursos naturais e os impactos das mudanças climáticas (Brundtland, 1987). A intensificação das secas, as temperaturas extremas e a variabilidade fenológica têm afetado o rendimento e a qualidade das uvas, exigindo abordagens adaptativas (Costa *et al*., 2016; Santos *et al*., 2020).

A regulação térmica e hídrica da videira é um dos principais pontos de investigação. O uso de sensores e tecnologias digitais tem otimizado estratégias de rega, como a rega deficitária controlada, que permite poupar água sem afetar a qualidade da uva (OIV, 2021a; Romero *et al*., 2020). Além disso, porta-enxertos e clones mais resistentes ao stress hídrico e térmico são promissores para adaptação às novas realidades climáticas (Gambetta *et al*., 2020; Ollat *et al*., 2015; Simonneau *et al*., 2017; Tortosa *et al*., 2019).

A recolocação das vinhas para altitudes mais elevadas ou latitudes mais a norte tem sido sugerida (Van Leeuwen *et al*, 2016), embora nem sempre seja economicamente ou socialmente viável. A utilização de águas não convencionais, como águas residuais tratadas, pode aliviar a pressão sobre os recursos hídricos, mas requer estudos sobre a salinidade do solo (Phogat *et al*., 2020).

A saúde do solo é uma das bases da sustentabilidade vitivinícola. A erosão, compactação e perda de matéria orgânica comprometem a fertilidade e retenção de humidade, reduzindo a produtividade a longo prazo (Novara *et al*., 2018; Hou *et al*., 2020). Práticas como cobertura vegetal, rotação de culturas, redução de lavoura e o uso de microrganismos benéficos, como micorrizas, estão a ser investigadas para promover um solo mais resiliente e biodiverso (Costa *et al*., 2022; Lazcano *et al*., 2020).

A utilização intensiva de pesticidas, em especial fungicidas, tem gerado preocupações ambientais e de saúde pública (Suciu *et al*., 2020). Em resposta, a UE implementou a Diretiva 2009/128/CE que promove a gestão integrada de pragas. A conversão para vinhas biológicas e biodinâmicas tem crescido, com estimativas de mais de 550 000 ha dedicados à viticultura biológica em 2022. Técnicas como o controlo biológico, o uso de feromonas ou de variedades mais resistentes têm reduzido a dependência de produtos fitofarmacêuticos (Fogliatto *et al*., 2020; Pérez-Expósito *et al*., 2017).

A produção de vinho consome grandes quantidades de energia, principalmente durante os processos de fermentação, estabilização, engarrafamento e refrigeração. O uso de energia elétrica chega a representar mais de 90% da energia usada no setor (Fuentes-Pila & García, 2014). Iniciativas como o projeto TESLA, financiado pela UE, têm promovido a adoção de tecnologias energeticamente eficientes e a transição para fontes

renováveis (Gubiani *et al*., 2019). Painéis fotovoltaicos, isolamento térmico e vindimas noturnas são medidas com impacto mensurável na redução do consumo energético.

O Edifício da Adega Sustentável da Universidade da Califórnia é um exemplo de design ecológico voltado à eficiência energética, seguindo padrões LEED (Nigro, 2010). A certificação LEED, bem como certificações como Demeter (para a biodinâmica) e Sustainability in Practice, reforçam o compromisso da indústria com a responsabilidade ambiental e social (Clarke, 2018).

O aquecimento global influência diretamente a composição química das uvas, com aumento do teor de açúcares, diminuição de ácidos orgânicos e aumento do pH, resultando em vinhos mais alcoólicos e com perfil sensorial alterado (Schultz & Jones, 2010; Van Leeuwen *et al*, 2016). Estratégias como a osmose inversa, uso de microrganismos não convencionais, e processos físicos de remoção parcial de álcool têm sido adotadas para contornar esses problemas (Gonçalves *et al*., 2013; Mira *et al*., 2017; Schmitt & Christmann, 2019).

Além disso, a redução do uso de SO_2 é uma tendência crescente, tanto por questões de saúde ocupacional como pela aceitação do consumidor (Comuzzo & Zironi, 2013). Abordagens alternativas para o controlo microbiológico ainda requerem investigação para garantir a estabilidade e qualidade sensorial dos vinhos (Mas, 2018).

A produção de vinho gera subprodutos como bagaço, compostos para adubo, lamas e águas residuais que, se bem geridos, podem ser convertidos em valor. A digestão anaeróbica permite a produção de biogás, enquanto resíduos sólidos podem ser transformados em compostos bioativos, etanol ou biocombustíveis (Da Ros *et al*., 2014; Guerini Filho *et al*., 2018). A valorização destes resíduos integra os princípios da economia circular, fechando ciclos produtivos e minimizando o impacto ambiental.

1.2.2 Normas e certificações nacionais para a sustentabilidade do setor vitivinícola

1.2.2.1 Referencial Nacional de Certificação de Sustentabilidade do Sector Vitivinícola

A adoção dum “Referencial Nacional de Certificação de Sustentabilidade para o Setor Vitivinícola” apresenta-se como uma prioridade absoluta, devido não só à necessidade urgente quanto ao estabelecimento das regras de certificação a nível nacional, mas também pela premência expressa pelos mercados internacionais, a par da crescente apetência pelo consumo de produtos vitivinícolas produzidos de acordo com práticas sustentáveis (OIV-VITI, 2020). Baseado na Resolução OIV-VITI 641-2020, este referencial é uma ferramenta de trabalho para as organizações do sector vitivinícola nacional.

As linhas orientadoras centram-se numa abrangência nacional com um referencial inclusivo, simples e credível. Este referencial apresenta 5 princípios focados na implementação de práticas que permitam a existência de uma atividade vitivinícola que seja sustentável, respeitando os aspetos ambientais, sociais e económicos.

A saber, os 5 princípios apresentados são a aplicação de uma abordagem sustentável que integre os aspetos ambientais, sociais e económicos, com princípios que respeitem o ambiente, e que possua igualmente princípios que sejam sensíveis a aspectos sociais e culturais. Estes princípios pretendem também que a sua orientação seja economicamente viável e que estas iniciativas possuam planeamento e avaliação prévia.

O Instituto da Vinha e do Vinho (IVV, I.P.) também adotou este mesmo normativo como certificação de âmbito da sustentabilidade no setor vitivinícola nacional.

1.2.2.2 PSVA – Política de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo

O Programa de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo (PSVA) é uma iniciativa, de adesão voluntária, promovida pela Comissão Vitivinícola Regional Alentejana (CVRA) e dirigida aos produtores de uva e de vinho da Região Vitivinícola do Alentejo. Os Programas Coletivos de Sustentabilidade são uma prática comum em algumas regiões vitivinícolas mundiais, tendo vindo a ganhar importância em mercados nos quais os vinhos do Alentejo têm vindo a ganhar posição (CVRA, 2015).

Por forma a iniciar a implementação do PSVA é obrigatório executar uma autoavaliação. A autoavaliação foi desenvolvida para ser uma metodologia normalizada e alinhada com o referencial a adotar pelo Programa, a preencher pelos aderentes e com uma matriz de avaliação de níveis de desempenho. Pretende-se que esta autoavaliação respeite a metodologia clássica de melhoria contínua de um sistema e será por isso obrigatória a sua execução anual (CVRA, 2015).

A autoavaliação está organizada em 3 sectores distintos (Viticultura; Adega; Viticultura & Adega). Esta distinção entre sectores prende-se com a tipologia de produtores presentes no universo da CVRA (CVRA, 2015).

Quanto ao Setor 1 – Viticultura, destacam-se a gestão de solos e a gestão de doenças e pragas na vinha. No Setor 2 – Adega, evidenciam-se a gestão de resíduos e a eficiência energética. Por último, o Setor 3 – Viticultura & Adega, são detalhados capítulos sobre a qualidade do vinho e o manuseamento e gestão de materiais na produção.

O PSVA começou a ser planeado a partir de 2013, tendo sido lançado oficialmente aos produtores em Maio de 2015 (CVRA, 2015).

Com uma estratégia assente em ações com benefícios rápidos e de baixo investimento (low hanging fruits) foram abertos 11 de Capítulos de Intervenção Primária (CIP), por forma a demonstrar ao universo de produtores de uva e vinho do Alentejo os benefícios claros em aderir e implementar o PSVA nas suas vinhas e adegas (CVRA, 2015).

Esta estratégia apresentou resultados quase imediatos, com o Programa a contar 93 membros no final de 2015, número que tem vindo a aumentar a cada ano (CVRA, 2015).

Foi com grande satisfação que no final de 2018 foram abertos 7 novos capítulos de intervenção - Capítulos de Intervenção Secundária (CIS) - disponibilizados aos membros que já tinham atingido o valor exigido nos 11 CIP (CVRA, 2015).

1.3 Conceito de Terroir

Segundo a OIV, na sua resolução OIV/VITI 333/2010, o Terroir é um conceito que se refere a uma área geográfica específica, onde o conhecimento coletivo das interações entre o ambiente físico e biológico e as práticas vitivinícolas adotadas, evolui de forma integrada, conferindo atributos distintivos e únicos aos produtos originários dessa região.

O conceito de “terroir” abrange variáveis específicas como a composição e estrutura do solo, a topografia, o regime climático, as características da paisagem e os elementos de biodiversidade associados.

Existe uma extensa literatura sobre o papel dos fatores físico-químicos do solo, tais como a disponibilidade de água, de azoto (N) e a temperatura do solo na expressão do Terroir do vinho, especialmente para vinhas com elevado stress hídrico. Van Leeuwen *et al.* (2016) defenderam, a partir de muitos estudos detalhados em vinhas francesas com elevado stress hídrico, que o fornecimento de água e azoto às vinhas, bem como a temperatura do solo, são os principais determinantes do efeito Terroir no solo. Estes autores discutem como são necessários défices moderados de água no solo para produzir vinhos de alta qualidade, especialmente para castas tintas. Descrevem como esta condição pode ser alcançada através da subdrenagem em solos argilosos húmidos, através da escolha apropriada da variedade/porta-enxerto, ou da escolha do sistema de condução da vinha em regiões secas, ou através de rega deficitária onde a rega é praticada. Discute-se também como um fornecimento controlado de azoto evita o crescimento vegetativo excessivo, sem perder de vista o fornecimento de azoto suficiente para promover a síntese de compostos de sabor e aroma que as leveduras

necessitam (especialmente em vinhos brancos) (Choné *et al*., 2001). No que diz respeito à temperatura do solo, a expressão ideal do Terroir depende do momento de maturação das uvas no final da estação, embora o momento de maturação seja determinado principalmente pela temperatura do ar, a temperatura do solo pode ser afetada pela natureza da superfície do solo, bem como pela inclinação e exposição do terreno.

Novas observações invocam a possibilidade de estirpes únicas da levedura natural Saccharomyces cerevisiae influenciarem as fermentações do mosto para produzir perfis aromáticos distintos nos vinhos (Robert, 2020). A composição do microbioma do solo em locais específicos pode influenciar o crescimento da videira, a composição dos frutos e as características do vinho para criar um Terroir microbiano. Sendo o Terroir um conceito multifatorial, não foram identificadas relações quantitativas gerais entre uma ou mais propriedades do solo e as características distintivas do vinho de um determinado local; em vez disso, uma combinação única de valores dos fatores do solo interage com o clima local, a casta, a colheita, a gestão da sebe e a técnica do viticultor e do enólogo para determinar o Terroir de um local (Robert, 2020). No entanto, com os métodos modernos de deteção de valores espacialmente referenciados de variáveis ambientais e outras variáveis em alta resolução, os Terroirs podem ser mapeados. Isto proporciona uma plataforma para monitorizar os Terroirs ao longo do tempo e registar como respondem às mudanças nos factores ambientais ou às manipulações na vinha e na adega (Robert, 2020).

O Terroir apresenta-se assim como um argumento de diferenciação quanto às características naturais e humanas que cada região oferece, que por oposição aos argumentos de uma economia global que apresenta desafios de sustentabilidade, suporta uma tendência na produção de vinho diretamente associadas a fatores de sustentabilidade apresentados pela agricultura de cariz familiar.

1.4 Enologia de Precisão

A agricultura moderna tem vindo a integrar tecnologias avançadas — como imagens de satélite, GPS, robótica e sensores ambientais — que contribuem para uma produção mais eficiente, segura e sustentável. No setor vitivinícola, estas inovações, combinadas com a recolha e análise de dados, permitem melhorar a produtividade e a tomada de decisões, nomeadamente na escolha do momento ideal para a vindima (OIV, 2021b).

Estas tecnologias oferecem ferramentas capazes de otimizar recursos, reduzir desperdícios e tomar decisões baseadas em dados, contribuindo para a melhoria da qualidade do vinho e para a eficiência operacional. Contudo, apesar deste potencial, o

setor vitivinícola enfrenta ainda uma resistência significativa quando confrontado com a necessidade de integrar práticas que promovam a sustentabilidade ambiental. Este desafio é alimentado, em parte, por fatores culturais, pela dependência histórica de métodos tradicionais e pelo receio de comprometer o perfil sensorial dos vinhos. Paralelamente, a crescente pressão dos consumidores e dos mercados internacionais para a adoção de práticas mais responsáveis e ecológicas torna inevitável a transição para modelos produtivos sustentáveis.

Todos estes avanços estão a contribuir para tornar a agricultura mais eficiente, segura e ambientalmente sustentável. Um exemplo adicional destas melhorias digitais é a elevada capacidade de recolha de dados para posterior análise, permitindo uma tomada de decisão mais informada, o que permite ao setor da vinha e do vinho aumentar a produtividade na adega através da redução de custos e, graças à recolha de dados na vinha, tomar decisões mais assertivas relativamente ao momento ideal para a vindima e subsequente processo de vinificação (OIV, 2021b).

A Internet das Coisas (IoT) descreve a rede de objetos físicos (coisas) que incorporam sensores, software e outras tecnologias com o objetivo de se conectarem e trocarem dados com outros dispositivos e sistemas através da Internet. Estes dispositivos variam desde objetos domésticos comuns até ferramentas industriais altamente sofisticadas (OIV, 2021b).

A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da ciência computacional que se dedica ao desenvolvimento de máquinas inteligentes, capazes de executar tarefas que, tradicionalmente, requerem inteligência humana. A IA constitui uma ciência interdisciplinar com um vasto leque de aplicações. Através da utilização de machine learning e deep learning, a IA tem vindo a provocar mudanças de paradigma em diversos setores da economia (OIV, 2021b).

A IoT ganhou importância no setor vitivinicola, utilizando sensorização remota e IA para ajudar os enólogos a tomar decisões de gestão em tempo real com alta precisão – enologia de precisão.

No caso das adegas, para além do IoT poderá ser usada a domótica para reagir a quaisquer necessidades de correção química ou física (temperatura, humidade, luminosidade, etc) que pode ser despoletada por processos de automação definidos pelo protocolo vínico.

Fabricantes como Vaisala e Ponsel já disponibilizam sensores para a observação dos seguintes indicadores:

Temperatura (°C), humidade relativa (%), humidade absoluta (g/m³), ponto de orvalho/ponto de geada (°C), ponto de orvalho (°C), temperatura de bolbo húmido (°C), pressão de vapor de água (hPa), pressão de vapor de água saturada (hPa), entalpia (kJ/kg), razão de mistura (g/kg) e volume de ar húmido/volume de ar seco (ppm), pH, redox (mV), oxigénio dissolvido (%, mg/L ou ppm).

Estes sensores podem ser interligados por novas tecnologias wireless de baixo custo (LoRa ou Wifi) aos servidores que recolhem os dados em tempo real e que através de algoritmos definidos previamente ou com modelos de inteligência artificial poderão definir a reação adequada a cada momento.

Diversos estudos já estão em prática, como é o caso do exemplo usado em Vallegre, Porto S.A Wines, localizada no Pinhão (Morais *et al*., 2018).

Para reduzir o uso de aditivos e, ao mesmo tempo, ter um melhor controlo da qualidade do seu vinho, o Wine Innovation Collaboration Alliance (WICA), publicou recentemente um estudo produzido por alguns dos seus parceiros, onde identifica 15 soluções práticas para reduzir o uso de aditivos apresentando recomendações para um investimento num processo de termorregulação com um software de supervisão o que é um perfeito exemplo de utilização prática de enologia de precisão (WICA, n.d.).

Esta termorregulação poderia começar por arrefecer a colheita através de um permutador de calor. Este sistema funciona graças a um kit de refrigeração que reduzirá a temperatura das uvas ao entrarem na adega. Este tipo de processo é frequentemente utilizado em regiões quentes na produção de rosé. Outra proposta da WICA (n.d.) seria a regulação e controlo da temperatura das cubas durante o período de fermentação. Com este sistema, a WICA (n.d.) conseguiria gerir a fermentação do vinho sem adicionar aditivos. Com um software chamado LAMBOX, todas as cubas podem ser controladas a partir de um computador/tablet/smartphone. E, com os diferentes equipamentos instaladas nas cubas, como sondas de temperatura, captadores de densidade, dispensadores de micro-oxigénio, etc., o uso de aditivos tornar-se-ia desnecessário. De facto, segundo a WICA (n.d.), os produtores de vinho poderão monitorizar a temperatura de cada depósito, bem como a densidade, sabendo assim em que fase da fermentação o vinho se encontra. Com este sistema, a necessidade de pessoal também será reduzida, pois uma pessoa poderá verificar todas as cubas ao mesmo tempo e no mesmo local, decidindo o próximo passo a ser dado. Este software permite ainda controlar a entrada da vindima e direcionar para as cubas corretas, e, se necessário, passar pelo permutador de temperatura para arrefecer as uvas. O software também pode usar definições do protocolo de produção para executar alterações ambientais da

adega. Por exemplo, se a temperatura de algum depósito ultrapassar os 32 °C, pode ser enviada uma ordem ao sensor IoT para baixar a temperatura até atingir os 28°C. Em conclusão, com este software instalado na adega, a WICA (n.d.) acredita que os produtores de vinho poderão controlar toda a adega a partir do seu escritório (ou remotamente no telemóvel ou tablet), incluindo o ar condicionado, a regulação da humidade, a produção de azoto, etc., e não terão de usar, ou pelo menos usar menos, aditivos (WICA, n.d.).

Atualmente, os métodos utilizados baseiam-se, em grande parte, em testes realizados no exterior das adegas. No entanto, o que os enólogos atualmente procuram são sistemas online baseados em sensores IoT que permitam avaliar o processo de fermentação sem necessidade de recorrer a instalações laboratoriais (OIV, 2021b).

Os sensores podem também ser utilizados para monitorizar o envelhecimento do vinho em adega, controlando fatores-chave como a temperatura, a luz e a humidade. A temperatura assume especial importância, pois mesmo pequenas variações podem alterar o processo de oxidação do vinho e, consequentemente, afetar de forma significativa a sua qualidade (OIV, 2021b).

Estas iniciativas que visam o aumento da precisão dos métodos de produção enológica são estratégicas para a sustentabilidade do setor vitivinícola.

1.5 Processos físicos vs processos químicos

Ao longo da evolução da enologia, observou-se que a qualidade e as características do vinho dependem não apenas das uvas e da fermentação, mas também de processos subsequentes que influenciam diretamente a sua composição. Entre esses processos, destacam-se intervenções físicas e químicas, fundamentais para o controlo da estabilidade, do perfil sensorial e da qualidade final do vinho. Estes processos apresentam-se como etapas essenciais na vinificação moderna.

Com a utilização destes métodos, pretende-se otimizar as características organoléticas do vinho sujeito ao tratamento e aumentar a eficácia de outras práticas aplicadas ao mosto ou vinho (OIV, 2010a).

Algumas destas técnicas serão descritas seguidamente, sem pretensão de ser exaustivo, com ênfase nos aspetos mais significativos.

1.5.1 Processos físicos

Os processos de membranas são cada vez mais referidos para diversas aplicações na indústria do vinho, como microfiltração, nanofiltração, eletrodiálise e osmose inversa

(OIV, 2010b). Os processos baseados em membranas desempenham um papel crucial nas áreas de separação/purificação, clarificação, estabilização, concentração e desalcolização de produtos vínicos, começando a tornar-se parte integrante do processo de vinificação (OIV, 2010b).

Além disso, são apresentados processos de concentração de mosto por evaporação a vácuo, osmose inversa e congelamento parcial, juntamente com o uso de gases inertes para proteger os vinhos da oxidação (OIV, 2015a). Está em estudo o uso de alta pressão para destruir microrganismos, embora a manutenção da esterilidade seja um desafio (Ribéreau-Gayon, et al 2006).

Seguidamente são apresentados alguns exemplos de processos físicos aplicados com frequência na produção de vinho.

1.5.1.1 Eletrodiálise

A eletrodiálise é usada atualmente para estabilização tartárica e acidificação de mostos (OIV, 2010c). A eletrodiálise para estabilização tartárica é um método que utiliza membranas seletivas, permeáveis aos iões com base nas suas cargas, para separar esses iões. Um campo elétrico direciona os iões para um lado ou para o outro, permitindo assim extrair uma grande parte dos iões carregados presentes na solução (OIV, 2010c). O princípio da eletrodiálise baseia-se na propriedade das membranas seletivas que apenas permitem a passagem de catiões ou aniões (Escudier *et al*., 1998). As primeiras experiências com eletrodiálise ocorreram já em 1975, mas demorou 20 anos até se desenvolver um sistema eficaz para a estabilização tartárica no vinho.

Moutounet *et al*. (1994) realizaram um estudo para definir as condições de uso da eletrodiálise para estabilizar vinho, identificando membranas adequadas e controle do processo para que cada vinho seja tratado de acordo com seu nível específico de instabilidade. Isso tornou a tecnologia de eletrodiálise confiável e eficaz, evitando alterações excessivas na composição química do vinho.

A membrana bipolar é uma membrana composta, constituída por três partes: uma camada seletiva para aniões, uma camada seletiva para catiões e uma região de contacto entre as duas camadas. O papel da membrana bipolar é manter o equilíbrio iónico ácido/base do processo, o que é conseguido por eletrólise das moléculas de água (iões H+ e OH-) na membrana bipolar sob a influência de um campo elétrico durante o tratamento (Lutin *et al*., 2007).

1.5.1.2 Filtração

Existem diversos métodos de clarificação do mosto que utilizam equipamentos de custo variável: centrifugação, filtração e flotação com dióxido de carbono ou azoto. Por várias razões, estas técnicas não produzem um vinho de qualidade tão elevada quanto a decantação natural (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

Essas técnicas são ainda menos justificadas atualmente, uma vez que as prensas pneumáticas extraem um mosto relativamente límpido, que necessita de uma decantação mínima. No entanto, têm sido levantadas várias preocupações relativamente à qualidade do vinho, uma vez que a microfiltração também removerá matéria corante, outras macromoléculas e até compostos voláteis, o que será muito prejudicial para a qualidade do vinho devido ao seu impacto sensorial (Blaiotta *et al*., 2019). Os tratamentos térmicos também são uma possibilidade, embora o seu impacto nos atributos sensoriais limite a sua aplicação exclusivamente a vinhos de baixa qualidade (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

Embora apresente certa inibição microbiana, nenhum tratamento físico ou químico demonstrou até o momento ser capaz de substituir a eficiência e o amplo espectro de ação antimicrobiana do SO_2 (Coimbra *et al*., 2012). Assim, o principal desafio ao reduzir o SO_2 ou substituí-lo por compostos químicos ou tratamentos físicos seria o controlo microbiológico durante e após a fermentação, além do controle das propriedades organoléticas do vinho produzido.

Relativamente a pequenas adegas, consideramos a decantação natural o processo ideal e recomendado para o nosso cenário.

1.5.1.3 Utilização do frio e do calor em Enologia

Um dos processos físicos mais antigos no tratamento do vinho é o arrefecimento e o aquecimento. O calor é utilizado para destruir microrganismos, estabilizar vinhos brancos e prevenir precipitação coloidal, sendo também aplicado para acelerar a maceração. O frio é eficaz na eliminação de compostos insolúveis, promovendo a formação e precipitação de tartaratos, e no controlo da fermentação (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

Essas técnicas, embora amplamente utilizadas antes da realização de estudos teóricos sobre seus mecanismos, são consideradas complementares aos tratamentos químicos, sendo vistos como mais naturais e menos propensos a modificar a composição química do vinho de maneira indesejada.

Devido às alterações climáticas, as características das uvas que entram na adega são, em algumas situações, muito diferentes das do passado: maior teor alcoólico potencial, pH mais elevado, temperaturas bem acima dos 30°C e pigmentos altamente extraíveis. Com essas características, os vinhos são mais facilmente contaminados por microrganismos de deterioração e propensos à oxidação precoce. Além disso, a estabilidade tartárica e proteica é mais difícil de alcançar (WICA, n.d.).

A refrigeração é amplamente utilizada para estabilização, a fim de promover a precipitação de tartarato. Esse tratamento por si só pode ser adequado para garantir a estabilidade tartárica e estabilidade da matéria corante de vinhos tintos.

A técnica de aquecimento de uvas tintas esmagadas é usada há muito tempo e é particularmente importante na termovinificação.

A temperatura é um fator essencial na maceração, ela deve ser suficientemente alta para garantir a extração satisfatória de compostos fenólicos (Sudraud, 1963).

Temperaturas moderadas de maceração (25°C) são preferíveis para a produção de vinhos no estilo primeur (vinhos novos), destinados a ser bebidos enquanto jovens. Esta abordagem confere uma boa cor ao vinho, enquanto preserva as suas características aromáticas frutadas. Temperaturas moderadas também são recomendadas em situações onde há risco de dificuldades na fermentação, como em caso de alta concentração de açúcares. Temperaturas elevadas (30°C) são utilizadas para extrair os taninos necessários à produção de vinhos premium com capacidade de envelhecimento prolongado; embora temperaturas mais altas possam promover uma maior extração, elas também podem comprometer a atividade das leveduras e, portanto, devem ser usadas com precaução (Ribéreau-Gayon *et al* 2006).

O controlo da temperatura, juntamente com operações de remontagem e o tempo de maceração, é um meio adicional de modular a extração durante a maceração. A regulação da temperatura pode modificar profundamente a estrutura tânica do vinho, embora exista o risco de também aumentar o carácter rústico do vinho. A natureza da colheita de uvas e o tipo de vinho desejado são critérios que devem ser considerados ao determinar a regulação ótima da temperatura.

1.5.1.4 Clarificação

O objetivo de remoção de partículas no vinho é endereçado conforme a dimensão das mesmas. Para as partículas com mais de 10 nm usamos métodos físicos, para as restantes usamos técnicas de macrofiltração, microfiltração ou ultrafiltração (Fane *et al*, 1987).

Tradicionalmente, a macrofiltração é feita utilizando terra diatomácea ou filtros de placas, enquanto a microfiltração envolve a separação de partículas de tamanho submicrométrico (>0,2 μm). A ultrafiltração permite a remoção de partículas e colóides menores (0,001–0,2 μm), e a osmose inversa separa componentes de baixa massa molecular, bem como iões (OIV, 2015b; OIV, 2021d).

A adição de agentes clarificantes é feita diretamente num depósito ou utilizando um dispositivo de dosagem em linha. Estes agentes funcionam com base no princípio de que todas as partículas responsáveis pela turvação do vinho possuem uma carga elétrica. Na prática, é necessário adicionar sequencialmente agentes clarificantes de diferentes cargas ao vinho para remover os materiais com diversas cargas presentes no vinho (Mierczynska-Vasilev *et al*, 2015).

Existem diversos agentes disponiveis para a clarificação, tais como a bentonite, gelatinas alimentares, clara de ovo, polivinilpolipirrolidona (PVPP) entre outros (OIV, 2015b; OIV, 2021d).

1.5.1.5 Outros métodos físicos

Outros métodos físicos, como alta pressão hidrostática, ultrassons, campos elétricos pulsados, irradiação ultravioleta e micro-ondas, utilizados com sucesso nos últimos anos para a estabilização microbiológica do vinho como alternativa ao uso de SO_2, encontram-se atualmente em discussão na OIV (OIV, 2020b).

1.5.2 Processos químicos

Na produção de vinho, existem etapas que incluem clarificação, estágio e envelhecimento. Além de serem clarificados pela separação de sólidos de um líquido, os vinhos também devem ser tornados fisicamente estáveis antes de serem engarrafados (OIV, 2015b; OIV, 2021d), adicionalmente, o vinho também apresenta diferentes concentrações de colóides, dependendo da fase do processo de produção (Mierczynska-Vasilev *et al*, 2015). O objetivo da clarificação do vinho é a remoção das partículas em suspensão e coloidais que causam turbidez, assim como eliminar proteínas instáveis ou outras macromoléculas que possam mais tarde desnaturar ou agregar-se, fazendo com que o vinho pareça turvo após ser engarrafado (OIV, 2015b; OIV, 2021d). Estes processos pretendem garantir que o vinho mantenha a sua ausência de turbidez (transparência) durante o envelhecimento e armazenamento, independentemente de variações razoáveis de temperatura, oxidação ou condições de iluminação (Mierczynska-Vasilev *et al*., 2015).

Seguidamente serão apresentados alguns aditivos, vulgarmente utilizados na produção de vinho.

1.5.2.1 Fontes de Azoto

A presença de azoto nos mostos é essencial para o crescimento e metabolismo de Saccharomyces cerevisiae durante a fermentação alcoólica (Azoto assimilável (YAN)) (OIV, 1997b; OIV, 2019). A deficiência de azoto restringe diretamente o crescimento e a atividade metabólica durante este processo, pelo que deve ser utilizada suplementação externa para alcançar uma taxa de fermentação adequada, caso os valores de YAN não se apresentem entre 200-320 mg/L (OENO-One, 2021).

De acordo com Bely *et al*. (1990) determinaram que a adição de azoto pode ser eficaz se o teor de azoto assimilável (NH4+ e aminoácidos, exceto prolina) no mosto for inferior a 140 mg/L, mas era desnecessária e até poderia ser prejudicial em concentrações iniciais de 200 a 320 mg/L. Atualmente, quando necessário fazer suplementação, considera-se preferível usar não só sais inorgânicos mas também fontes orgânicas (e.g., aminóacidos), resultando em vinhos com maior qualidade sensorial (especialmente no aroma) (OENO-One, 2021).

A suplementação de N com sais de amónio (sulfato ou fosfato) incentiva uma maior taxa de crescimento e rendimento de biomassa, além de estimular a atividade fermentativa (Jiranek *et al*., 1995, Kemsawasd *et al*., 2015). A adição de até 1 g/L de fosfato diamónico (DAP) é permitida sob o Anexo IV do Regulamento Europeu 1493/1999 (Comissão Europeia, 1999). Este sal de amónio melhora a cinética da fermentação e a formação dos produtos finais (Gobbi *et al*., 2013).

1.5.2.2 Tiamina

A suplementação com outros nutrientes, como a tiamina, um fator indispensável para reduzir a quantidade de SO_2 nos vinhos (Comuzzo & Zironi, 2013), permite a transformação do ácido pirúvico em acetaldeído e limita a acumulação de compostos cetónicos no vinho.

Outra estratégia para melhorar a eficácia da sulfitagem está relacionada com a gestão da nutrição das leveduras. A suplementação com tiamina, em particular, é uma forma simples e económica de aumentar a proporção entre dióxido de enxofre livre e total (OIV, 2015c).

Como mencionado anteriormente, os compostos carbonílicos podem ligar-se ao ião bissulfito, reduzindo a percentagem de SO_2 livre, que é a fração mais ativa no controlo das oxidações e da população microbiana (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006); além do

acetaldeído, o ácido pirúvico e o ácido α-cetoglutárico são alguns dos compostos que mais se ligam ao SO_2. Sabe-se que a produção natural destes compostos depende da estirpe de levedura e da composição do mosto.

A tiamina atua como coenzima do piruvato descarboxilase, que permite a transformação do ácido pirúvico em acetaldeído e a continuação da fermentação alcoólica; deste modo, a suplementação com tiamina reduz a concentração destes intermediários na via de esgotamento do açúcar (Werner *et al*., 2009). Em suma, a suplementação com tiamina no mosto limita a acumulação de compostos cetónicos no vinho (Werner *et al*., 2009; Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

Segundo Comuzzo & Zironi., (2013), o efeito desta vitamina é claramente demonstrado: uma pequena suplementação de tiamina (0,6 mg/L) reduziu a produção de ácido pirúvico e ácido α-cetoglutárico durante a fermentação alcoólica; o fosfato de diamónio sozinho não produziu o mesmo efeito.

Neste contexto, caso se pretenda reduzir a concentração de SO_2 no vinho, é possível considerarmos o uso de tiamina (OIV, 2015c).

1.5.2.3 Dicarbonato de Dimetilo (DMDC)

Outra questão controversa sobre aditivos para vinho gira em torno do uso de dicarbonato de dimetilo (DMDC) (OIV, 2011).

Existem muitas soluções químicas diferentes (compostos antimicrobianos), algumas delas aprovadas pelas autoridades da UE e/ou descritas pela OIV. Uma das alternativas químicas ao SO_2 é o dicarbonato de dimetilo (DMDC), que atua na inibição de algumas enzimas microbianas críticas e é hidrolisado em CO_2 e metanol. Por esta razão, alguns produtores de vinho e fornecedores consideram o DMDC uma alternativa sustentável ao SO_2. No entanto, outros produtores não consideram o DMDC um aditivo sustentável devido à sua potencial toxicidade.

A eficácia do DMDC pode ser comprometida em mostos com elevada população microbiana, mas é considerado eficaz especialmente em vinhos doces e meio amargos, uma vez que a população viável de microrganismos é reduzida (Bartowsky, 2009).

O efeito sobre as bactérias é mais limitado e, quando as bactérias são o principal problema microbiológico, o uso da lisozima pode ser outra alternativa (OIV, 1997a).

1.5.2.4 Dióxido de Carbono (CO_2)

Na área da Enologia, as utilizações do CO_2 são numerosas, sobretudo na sua utilização para manter o mosto a temperaturas adequadas (OIV, 2012). O dióxido de carbono tem

também uma actividade de cobertura/protecção, pelo que pode ser usado na refrigeração das uvas colhidas (especialmente para a vindima mecânica), bem como na produção contínua, nomeadamente no arrefecimento do mosto após o esmagamento (CO_2 em gelo seco) (Costa *et al*., 2022).

Estas operações permitem reduzir a temperatura das uvas esmagadas para cerca de 5°C, obtendo um estado de frio imediato e homogéneo (Costa *et al*., 2022).

Outro ponto importante é a utilização do CO_2 como gás técnico e antioxidante durante todas as operações que vão desde a fermentação ao engarrafamento, e em particular para substituir o oxigénio nos recipientes de vinho. Na verdade, o CO_2 pode ser utilizado como gás inerte para o envelhecimento do vinho, permitindo potencialmente a redução da utilização de dióxido de enxofre (SO_2) (Costa *et al*., 2022).

O dióxido de carbono também pode ser utilizado na crioextração, processo através do qual o congelamento parcial das uvas antes da prensagem resulta em vinhos brancos de maior qualidade. Os processos enzimáticos que podem levar à degradação dos compostos aromáticos são inibidos, preservando os aromas e produzindo assim um melhor bouquet que pode ser mantido no produto acabado. Com o CO_2 também é possível congelar apenas as uvas menos maduras (com menor teor de açúcar) para que o mosto libertado durante a prensagem seja proveniente apenas das uvas mais maduras (Costa *et al*., 2022).

A maceração carbónica explora o CO_2 para induzir a fermentação intercelular da uva inteira, que é a base para a produção de novos vinhos (vinho Primeurs).

1.5.2.5 Flor de Castanheiro

As oportunidades para a valorização dos resíduos agroindustriais da cadeia de produção de castanha (Castanea sativa Mill.) têm sido fomentadas com a produção de extratos multifuncionais ricos em polifenóis, com potencial para serem introduzidos como aditivos naturais ou componentes ativos em diversos produtos. No entanto, é crucial explorar a viabilidade de diferentes extratos obtidos a partir de vários subprodutos para essas aplicações, através de um estudo exaustivo da sua composição e bioatividades, sem perder de vista o caráter sustentável do processo. Os subprodutos da castanha têm o potencial de ser uma fonte sustentável de agentes antioxidantes e antimicrobianos naturais (Rodrigues *et al*., 2023).

Heleno *et al*., (2017) desenvolveram e patentearam um conservante à base de flores de castanheiro denominado ChestWine®, que tem sido incorporado em vinhos comercialmente disponíveis como substituto dos sulfitos sintéticos

(https://casadojoa.com/vinhos/feito-de-joa/ (acedido a 17 de janeiro de 2023)). O potencial uso deste subproduto como agente funcional também foi explorado (Carocho *et al*., 2015).

Nessa perspetiva, têm sido levantadas questões sobre a viabilidade e o desempenho de outros subprodutos da castanha para essas aplicações industriais.

Os resultados obtidos acrescentam evidências de que os subprodutos da indústria da castanha podem ser uma fonte interessante de compostos fenólicos com atividades antioxidante e antibacteriana. Além disso, a utilização de compostos fenólicos extraídos de subprodutos da castanha tem uma importância notável dentro dos princípios da economia circular para a produção e utilização de recursos naturais (Silva *et al*., 2020).

1.5.2.6 Outros

A lisozima atua por hidrólise da parede celular em bactérias gram-positivas (por exemplo, LAB – Lactic Acid Bacteria), mas não tem qualquer ação contra bactérias gram-negativas (por exemplo, as Bactérias do Ácido Acético - AAB) ou leveduras. O ácido sórbico tem sido tradicionalmente utilizado na indústria alimentar como composto antifúngico e em vinhos tem sido considerado eficaz para inibir a refermentação por Saccharomyces cerevisiae em vinhos doces engarrafados (Zoecklein *et al*., 1995) e para o crescimento de leveduras formadoras de filme (Candida spp.) na superfície do vinho (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006). Atualmente é pouco utilizado pelo seu efeito limitado e pelos possíveis efeitos negativos na saúde do consumidor. Alguns destes tratamentos não são realmente alternativas devido aos seus efeitos microbianos limitados, mas são recomendados para serem usados em conjunto para reduzir a dosagem de SO_2 (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

Alguns outros aditivos, também comuns na vinificação por outras razões, também são conhecidos por terem alguma ação antimicrobiana contra microrganismos que deterioram o vinho. Dentre eles, podemos citar os compostos fenólicos (Silva *et al*., 2011) ou quitosana (Ferreira *et al*., 2013). Devido ao interesse em reduzir ou eliminar a utilização de SO_2, muitos outros compostos estão a ser testados, embora ainda não estejam autorizados na UE. Dentre eles, podemos citar a nisina, basicamente para os tratamentos contra bactérias lácticas (Rojo-Bezares *et al*., 2007), nanomateriais de prata, ativos contra leveduras ou hidroxitirosol ativo também contra os três tipos de microrganismos do vinho (Ruiz-Moreno *et al*., 2015). Finalmente, os ácidos gordos saturados de cadeia curta também foram utilizados para controlar o crescimento de algumas leveduras deteriorantes (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

1.6 Práticas enológicas: utilização de aditivos e auxiliares tecnológicos

Tal como referido anteriormente, a gestão do risco envolvido na produção de vinho começa na vinha, onde a sanidade e a qualidade das videiras deverão ser meticulosamente controladas (OIV, 2023). Após a colheita, o transporte cuidadoso das uvas é crucial para prevenir danos e a fermentação alcoólica precoce (OIV, 2023). O processo de vinificação envolve passos como o desengace e/ou prensagem das uvas, com a adição inicial de produtos (aditivos) como o dióxido de enxofre (SO_2).

Após a fermentação, correções e adições são comumente necessárias, seguidas de processos como colagem/clarificação e filtragem, para assegurar que o produto final atenda aos objetivos desejados (OIV, 2010a). Existe também um foco no controlo microbiológico para reduzir o uso de SO_2, explorando a biodiversidade microbiana para gerir o teor alcoólico e as características sensoriais do vinho, o que é crucial diante dos desafios impostos pelo aquecimento global (OIV, 2010a).

A controvérsia sobre o uso de alguns aditivos, como o dimetil dicarbonato (DMDC), o qual tem ação antissética essencialmente sobre leveduras, destaca preocupações sobre sustentabilidade e segurança. Embora o DMDC reduza a necessidade de SO_2 e se decomponha rapidamente ao pH do vinho com libertação de metanol e dióxido de carbono, a sua toxicidade potencial torna o seu uso um ponto de debate entre produtores de vinho (Costa *et al*., 2022).

Existem ainda outras técnicas avançadas, por exemplo processos de membranas, entre os quais osmose inversa e nanofiltração, para ajustar o teor alcoólico e de açúcar, mostrando o esforço da indústria para aplicar inovações técnicas na produção de vinho de forma sustentável e responsável (Costa *et al*., 2022).

Alguns dos aditivos e auxiliares tecnológicos mais comuns usados na produção de vinho serão seguidamente abordados em maior detalhe, sendo pertinente a consulta às recomendações de alguns dos produtores quanto à utilização das referidas práticas para que se tenha a correta perceção da dimensão da complexidade deste desafio:

- Proenol, Brochura do Estágio ao Engarramento (Proenol, 2019);

- Enartis, Wine Doctor (Enartis, 2021);

- AEB Bioquimica (AEB, n.d.).

1.6.1 Dióxido de Enxofre (SO_2)

O dióxido de enxofre é o aditivo mais importante na produção de vinho (OIV, 2021c).

Embora tenha diversas contraindicações para a saúde pública, ainda não apareceu nenhuma alternativa clara e sólida que possa ser considerada como válida pela indústria para substituição total do SO_2, embora existam substitutos parciais. Por esta razão as entidades regulatórias têm vindo a aumentar as restrições do seu uso, o que poderá aproximar as opções alternativas uma vez estas conseguem apresentar soluções de menor alcance, mas com resultados bastante aproximados das necessidades dos produtores.

O dióxido de enxofre (SO_2) e os seus sais têm sido adicionados durante a vinificação desde o século XVII (OIV, 2021c).

Em 1907, a legislação francesa fixou o limite legal em todos os vinhos em 350 mg/L, aumentado, em 1926, para 450 mg/L (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006). Hoje, de acordo com a legislação da UE, que reduziu gradualmente o nível permitido para 150 mg/L na maioria dos vinhos tintos e 200 mg/L na maioria dos vinhos brancos (IVV, n.d.).

Para assegurar a estabilidade contra a oxidação e evitar a deterioração microbiana do vinho, o dióxido de enxofre (SO_2) é habitualmente adicionado em diversas fases da produção de vinho, nomeadamente antes da fermentação alcoólica, por exemplo ao esmagamento, adicionado ao longo da vinificação e antes do engarrafamento (Grainger, 2009).

No entanto, o SO_2 apresenta algumas desvantagens, como a sua toxicidade, possíveis sabores indesejáveis, limites legais máximos baseados nas suas possíveis propriedades alergénicas e a sua oxidação que leva à formação de ácido sulfúrico, aumentando a acidez total do vinho (Carrascón *et al*., 2018).

O dióxido de enxofre poderá ser adicionado na forma sólida (metabissulfito de potássio), gasosa ou, mais usualmente, na forma líquida (solução sulfurosa), e é conhecido por possuir propriedades antioxidantes, antioxidásicas e antissséticas, contribuindo também para a manutenção da cor e aromas do vinho durante a maturação (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

Durante o armazenamento, acredita-se, antes de mais, que a adição de sulfitos protege o vinho da oxidação. De forma aproximada, os riscos de oxidação estão presentes durante o armazenamento prolongado abaixo de 5 – 10 mg/L para vinhos tintos, 20 mg/L

para vinhos brancos feitos de uvas sãs e 30 mg/L para vinhos brancos feitos de uvas mais ou menos podres (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

A concentração de dióxido de enxofre livre não permanece constante nos vinhos armazenados em barris ou cubas. Há uma perda contínua, mês após mês. Ao longo dos anos, a sua concentração diminui mesmo em vinho engarrafado (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

A presença de sulfato de enxofre existe naturalmente no vinho sem haver a necessidade de qualquer tipo de adição. Tal facto deve-se à produção deste composto aquando da fermentação alcoólica por parte das leveduras fermentativas, através do consumo de enxofre livre na sua forma molecular (S2-) durante a síntese de aminoácidos, ou à sua libertação na forma de sulfato de hidrogénio (H2S) – sendo esta a sua forma mais indesejada devido ao cheiro e ao sabor desagradáveis (Coimbra *et al*., 2012).

A capacidade de produção de dióxido de enxofre por parte de leveduras é bastante variável – sendo o exemplo da estirpe Saccharomyces cerevisiae que pode produzir cerca de 10 a 50 mg/L durante a fermentação OIV (2021c). Durante a fermentação alcoólica, algumas estirpes de leveduras produzem menos de 10 mg/L de SO_2, enquanto outras podem produzir mais de 100 mg/L de SO_2 (Puxeu *et al*., 2018).

Quantidades mínimas de SO_2 livre resultarão numa ação pouco eficiente na preservação do vinho, enquanto concentrações excessivas irão causar alterações organoléticas e danos à saúde humana. Uma vez que o SO_2 pode estar presente nos vinhos sobre a forma livre ou combinada, um método fiável de quantificação e controlo da concentração deste composto é dificultado. Porém, sabe-se que a sua forma ativa – forma com propriedades antisépticas e antioxidantes – é a forma molecular SO_2, que está dependente da disponibilidade da quantidade de SO_2 livre e dos níveis de pH (Coimbra *et al*., 2012).

Devido às reações adversas dos consumidores causadas pela presença de quantidades significativas de dióxido de enxofre – que poderão manifestar-se de diversas formas nocivas para a saúde - tem sido feito um esforço para encontrar alternativas que possam substituir a utilização deste composto na vinificação (Puxeu *et al*., 2018). Atualmente, vinhos com uma baixa concentração de SO_2 e, portanto, com um baixo potencial para gerar reações alérgicas, terão acesso a um nicho substancial de consumidores (Costanigro *et al*., 2014).

É importante referir que o uso de sulfitos no vinho não é caso único na alimentação, existem casos de uso nos frutos secos, batatas congeladas, sumos e néctares de fruta, pastelaria diversa entre outros.

1.6.2 Alternativas ao Dióxido de Enxofre (SO_2)

Os riscos de oxidação estão presentes durante o armazenamento prolongado para valores de SO2 abaixo de 5 – 10 mg/L para vinhos tintos, de 20 mg/L para vinhos brancos feitos de uvas saudáveis e 30 mg/L para vinhos brancos feitos de uvas mais ou menos podres (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006), o que nos pode levar a considerar que estes valores são relativamente baixos e eventualmente passiveis de serem atingidos sem o recurso a aditivos. Assim, o principal desafio ao reduzir o SO_2 ou substituí-lo por compostos químicos ou tratamentos físicos seria o controle microbiano durante e após a fermentação, além do controle das propriedades organolépticas do vinho produzido.

Tal como foi referido anteriormente, o mercado de vinhos está cada vez mais orientado para produtos com menor teor de dióxido de enxofre (WICA, n.d.) pelo que é possível reduzir significativamente o uso de SO_2 eliminando a dose inicial de dióxido de enxofre utilizada por mosto (50 mg/L) (WICA, n.d.).

Nos vinhos tintos, iniciar a fermentação sem dióxido de enxofre promove a produção de vinhos suaves e organolepticamente interessantes que não precisam ser clarificados com aditivos tecnológicos, como gelatinas ou albuminas, ao mesmo tempo que elimina o risco da presença de alérgenos no processo de vinificação (WICA, n.d.).

Tendo o objetivo de redução do uso de SO_2 em vista e segundo Puxeu *et al*. (2018), podemos usar certas variantes de leveduras de Saccharomyces cerevisiae com maior potencial de produção de SO_2 (e.g. Viniferm 911) para produzirmos SO_2 durante a FA em quantidades suficientes para diminuirmos parcialmente a adição inicial de SO_2.

Em resumo, tanto as estirpes de leveduras comerciais como as indígenas de Saccharomyces cerevisiae podem ser utilizadas para produzir vinhos sem adição de SO_2. No entanto, é extremamente importante ter em conta a composição do mosto, bem como controlar a temperatura de fermentação e a adição de nutrientes (azoto) para alcançar este objetivo. No geral, este trabalho contribui para uma melhor compreensão de como produzir vinhos sem SO_2 (vinhos com baixo potencial de gerar síndromes alérgicas) e pode ajudar na tomada de decisões durante a vinificação. No entanto, é necessário realizar estudos suplementares sobre outros fatores, como a estabilidade microbiana e as características sensoriais, para se conseguir produzir vinhos sem SO_2 de alta qualidade (Puxeu *et al*., 2018).

1.6.3 Ácido tartárico

O ácido tartárico (AT) é o principal ácido orgânico presente nas uvas e um constituinte natural e fundamental do vinho, responsável por moldar o seu sabor, aroma e qualidade geral (Li *et al*., 2023), representando entre 42,8% e 77% do conteúdo de ácidos orgânicos (Zhu *et al*., 2022). Portanto, o AT é considerado o componente fundamental das uvas. O AT é um contribuidor vital para a acidez do vinho, além disso, é relativamente estável e permanece não metabolizado durante o processo de vinificação (He *et al*., 2022). O AT contribui para o sabor único e o baixo pH do vinho, determinando assim a sua resistência à deterioração, a estabilidade microbiana e o potencial de envelhecimento.

As variedades de uva com alta concentração de AT são consideradas adequadas para a vinificação devido ao seu papel na estabilização da cor, prevenção da oxidação e deterioração (Liu, 2005).

A qualidade das uvas varia de acordo com o sistema de condução e o porta-enxerto utilizado. O uso de porta-enxertos específicos aumenta significativamente o rendimento e a qualidade dos frutos em comparação com as videiras em pé-franco. Ao estudar e comparar os efeitos de diferentes sistemas de condução e porta-enxertos na composição de ácidos orgânicos das uvas, podem ser fornecidas orientações teóricas valiosas para melhorar a qualidade das uvas e do vinho (Li *et al*., 2023).

A acumulação de AT também é influenciada pela luz e temperatura, representando um teste significativo para a indústria. O controlo artificial da luz e temperatura e a adição de grandes quantidades de AT no processo de vinificação não só são difíceis de implementar, como também aumentam os custos de produção e não atendem à procura do mercado de vinho dos que procuram produtos sem auxiliares ou aditivos (Li *et al*., 2023).

1.6.4 Alternativas ao Ácido Tartárico

Os ácidos málico (MA) e tartárico (TA) são reconhecidos como os principais ácidos orgânicos presentes nas uvas, sendo o TA uma característica distintiva das uvas, representando entre 42,8% e 77% do conteúdo total de ácidos orgânicos. Assim, o TA é considerado o componente fundamental das uvas (Niu, 2019).

As variedades de uvas com uma alta concentração de TA são consideradas adequadas para a produção de vinho devido à sua capacidade de melhorar a estabilidade da cor e prevenir a oxidação. Assim, alcançar um indicador adequado de ácidos orgânicos é essencial no processo de vinificação para produzir vinhos encorpados e suaves. No

entanto, com o aumento das temperaturas causado pelo aquecimento global, a acidez das uvas para vinho está a diminuir. Deste modo, é necessário adicionar mais SO_2 para inibir eficazmente o crescimento de microrganismos prejudiciais, mas isso pode levar a um excesso de SO_2 no vinho, afetando o sabor e o aroma. Para aumentar a acidez do vinho os produtores de vinho frequentemente precisam adicionar quantidades significativas de ácido tartárico durante o processo de vinificação. Esta adição tem o objetivo de regular os níveis de pH e TA, garantindo, assim, a qualidade desejada do vinho. A adição artificial de TA para manter a acidez do vinho aumenta o custo de produção das adegas. Portanto, o conteúdo endógeno de TA das uvas desempenha um papel vital na qualidade do vinho. As uvas acumulam uma grande quantidade de TA durante o desenvolvimento do fruto, prolongando o tempo de maturação, promovendo a acumulação de açúcares e aumentando os compostos de sabor, enquanto também melhora a estabilidade e o sabor do vinho (Niu, 2019).

A investigação mostrou que os sistemas de condução e os porta-enxertos têm um certo impacto no teor de açúcar e ácido orgânico nos frutos. Comparativamente aos sistemas de poda Guyot Simples, o monoplano vertical ascendente e o Four-arm Kniffin podem melhorar significativamente o rendimento das uvas 'Cabernet Sauvignon', e o teor de AT nos frutos é significativamente superior ao dos outros sistemas de condução (Chi *et al*., 2014). Além disso, Niu (2019) relatou que o teor de AT nas uvas é ligeiramente superior com um sistema de condução de cordão bilateral do que em cordão unilateral, sendo que as videiras em pé-franco têm um teor significativamente superior ao das videiras enxertadas (usando porta-enxertos SO4) após 25 dias de floração, não havendo diferença em outros estágios (Niu, 2019). Os porta-enxertos têm um impacto significativo no teor de AT e AM nos bagos. Por exemplo, o teor de AT nos bagos de 'Malbec' excede o de 'Négrette', e quando estas duas variedades foram enxertadas em porta-enxertos 3309C, mostraram um teor de AT superior em comparação com videiras em pé-franco (Attia *et al*, 2007). Além disso, o enxerto de 'Yinhong' em porta-enxertos 'SO4' e 'Beta', comparado com videiras em pé-franco, pode melhorar o teor de clorofila, sólidos solúveis, açúcar total, relação sólido-ácido do fruto e rendimento da videira 'Yinhong' (Wei *et al*., 2012).

A qualidade da uva varia dependendo do sistema de condução e do porta-enxerto utilizado. A utilização de porta-enxertos específicos aumenta significativamente o rendimento e a qualidade dos frutos em comparação com as videiras em pé-franco. Ao estudar e comparar os efeitos de diferentes sistemas de condução e porta-enxertos na

composição de ácidos orgânicos das uvas destinadas ao vinho, pode-se fornecer uma orientação teórica valiosa para melhorar a qualidade das uvas e do vinho.

1.6.5 Aditivos de ativação fermentativa

O azoto presente no mosto é essencial para o crescimento e metabolismo da Saccharomyces cerevisiae durante a fermentação alcoólica (OIV, 1997b; OIV, 2019). A deficiência de azoto restringe diretamente o crescimento e a atividade metabólica durante este processo, pelo que deve ser utilizada suplementação externa para alcançar uma taxa de fermentação adequada. A suplementação de azoto utilizando sais de amónio (sulfato ou fosfato) promove uma taxa de crescimento mais elevada e um maior rendimento de biomassa, estimulando também a atividade fermentativa (Jiranek *et al*., 1995, Kemsawasd *et al*., 2015).

Durante muito tempo, o fosfato de diamónio foi a forma exclusiva de sais de amónio utilizada. O ião fosfato envolvido nas reações metabólicas glucídicas também se pensava que favorecia a fermentação. Na realidade, o mosto é suficientemente rico em ião fosfato (participando incidentalmente no caso do ferro dos vinhos brancos – Casse férrica) e, por esta razão, é preferível usar sulfato de diamónio. (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006).

1.6.6 Vasilhas e Fragmentos de madeira

A análise da escolha entre cubas de inox ou pipas de madeira, não se resume a fatores enológicos como a influência aromática ou potenciador de envelhecimento, mas também a fatores de cariz económico e operacional (OIV, 2001).

Dependendo das características do produto final pretendido, o tempo de contacto entre a madeira e o vinho poderá variar de alguns dias a meses. Este tempo de contacto será determinado pelo tipo de madeira, pelo tamanho do fragmento, pela dose e pelo perfil sensorial que se deseja nos vinhos (Rubio-Bréton *et al*., 2018).

Rubio-Bréton *et al*., (2018), evidenciaram através de uma prova sensorial que após 2 meses, os vinhos mais valorizados foram os que estiveram em contacto com aparas, seguidos pelos que tiveram em barrica, enquanto os vinhos conservados em contacto com aduelas pontuaram pior quanto à análise sensorial. Nos meses seguintes (4, 6 e 12 meses), os vinhos estagiados em pipas de madeira obtiveram as melhores notas sensoriais do que os tratados com fragmentos e, dentro destes, os vinhos com aduelas foram mais bem pontuados na maioria dos casos.

Assim sendo, o mercado tem vindo a adoptar soluções de cubas de inox com o uso de produtos alternativos (aduelas, aparas, cubos, etc) que são substitutos, sustentáveis, economicamente viáveis e têm tido resultados enologicamente satisfatórios, quando comparados com as pipas de madeira.

1.6.7 Maceração a frio (pre-fermentativa)

A maceração a frio (pre-fermentativa) no Vinho Tinto (OIV, 2005b) ou no Vinho Branco (OIV, 2005a) é semelhante à maceração pós-fermentativa no que concerne à extração de compostos e aromas. No entanto, a maceração pré-fermentativa, quando comparada com a maceração pós-fermentativa, diminui a existência de borras na etapa de estágio, uma vez que a separação de partes sólidas que se precipitam nesta fase não farão parte da fermentação alcoólica, reduzindo assim o aparecimento de borras. A existência de borras na fase de estágio, aumenta as necessidades de oxidação, resultando assim na necessidade de consumo de SO_2, portanto, ao reduzirmos a existência de borras, estaremos a diminuir a necessidade do uso deste aditivo (SO_2).

É importante salientar que os vinhos envelhecidos com borras em cubas de aço inoxidável apresentam uma relação de consumo de SO_2/O_2 muito mais alta do que os vinhos envelhecidos em aço inoxidável sem borras, sugerindo uma maior reatividade do SO_2 nos vinhos envelhecidos com borras (Waterhouse *et al*., 2016).

Durante a maceração a frio devermos ter a nossa adega a temperaturas entre os 10º e os 15º C durante 3 a 5 dias para que a fermentação alcoólica não arranque.

Após os 5 dias, aumentamos a temperatura para os 20º C permitindo assim o arranque da fermentação alcoólica.

1.6.8 Fermentação Alcoólica e Malolática

Após o período de maceração pre-fermentativa, irá iniciar-se a fermentação alcoólica (FA). Nesse período é recomendada uma temperatura de 20º C.

Após a FA iniciar-se-à a fermentação malolática (FML). Durante a FML recomendam-se temperaturas entre 18ºC e 20ºC. Estima-se que este processo dure entre 3 a 6 semanas.

No final deste período, deverá ser efetuada uma transfega para uma cuba limpa e uma prensagem das borras restantes.

1.6.9 Clarificação

O agente de clarificação mais natural é a clara de ovo, e, portanto, essa será a nossa escolha. Devem ser usadas 2 claras por cada 1 hL e as claras devem ser desfeitas lentamente com um garfo sem criar espuma e depois misturadas com um pouco de água. O uso da clara de ovo deve ser validado junto do consumidor final, sendo obrigatório colocar essa informação no rótulo, uma vez que existe o risco de existirem reações alérgicas.

1.6.10 Gestão da temperatura na adega

A temperatura deverá estar abaixo de 16º C até à fermentação alcoólica e deverá subir para 22º C após a FA para ajudar a FML e depois voltar a descer para 20º C no estágio e etapas seguintes.

1.6.11 Estágio, estabilização e engarrafamento

A regulação de temperatura nos 20º C permite a sedimentação de sais tartáricos, diminuindo assim a necessidade de estabilização tartárica, o que representa menos um custo na produção do vinho.

Tal como referido anteriormente, durante o período de estágio é recomendado o uso de cubas de inox com aparas de madeira.

Quanto a condições de conservação e envelhecimento, o local deverá ter baixa exposição à luz e temperaturas fresca (20º C), com baixas oscilações (entre 6 a 14ºC) e deverão ser usadas rolhas de cortiça.

Após a finalização do período de estágio, o vinho produzido é engarrafado. É também importante salientar que é nesta altura que o período de envelhecimento irá ser iniciado, continuando a haver algumas alterações. É notável a importância que o armazenamento e as suas temperaturas têm, após o vinho estar engarrafado, uma vez que deve ser acautelada e protegida toda a qualidade do produto.

Relativamente ao armazenamento dos vinhos, eles costumam ser colocados em caves, uma vez que é necessária uma baixa exposição à luz e temperaturas frescas, com baixas oscilações (entre 12ºC a 13ºC) (Zhang *et al*, 2023). Os Vinhos que são armazenados em locais com uma grande exposição solar tendem a modificar a sua cor, uma vez que o excesso de luz deixará os vinhos tintos com uma cor mais clara e os vinhos brancos com uma cor mais escura. Temperaturas muito altas durante o armazenamento dos vinhos fará com que percam muito dos sabores “frescos” que possuem, deteriorando-os (Santos, 2015). Temperaturas mais baixas retardam o

processo de envelhecimento, enquanto temperaturas elevadas (>20 °C) aceleram as reações oxidativas (Echave *et al*., 2021).

Um aspeto importante relativamente ao armazenamento, passa também pelo posicionamento das garrafas. Elas devem ser mantidas na horizontal, pois desta forma o vinho no interior da garrafa estará sempre em contacto com a rolha, fazendo com que ela nunca fique seca e evitando também a entrada de oxigénio para dentro da garrafa. No caso de a rolha ficar seca, haverá uma grande possibilidade da entrada de ar para dentro da garrafa, fazendo assim com que o vinho oxide (Santos, 2015). Por outro lado, com a utilização de rolhas de rosca, os vinhos podem ser armazenados na vertical, sem problemas.

O engarrafamento é uma etapa complexa e delicada do processo de vinificação, cujo objetivo é proteger o vinho da oxidação e garantir a vida útil pretendida. Por isso, o oxigénio total na embalagem (TPO = Oxigénio Dissolvido (DO) + Oxigénio do espaço de cabeça (HSO)) durante o engarrafamento é extremamente importante (Corticeira Amorim, n.d.).

O consumo de oxigénio em cada garrafa, calculado a partir da estimativa de oxigénio que entra na garrafa e do oxigénio residual, originou uma nova ferramenta no estudo da química da oxidação, o TCO. Ao comparar o oxigénio consumido com o dióxido de enxofre consumido, observou-se que os vinhos com baixo consumo relativo de SO_2 eram aqueles que apresentavam um sabor mais oxidado. Assim, ao comparar o SO_2 e o O_2 consumidos no vinho, é possível observar diretamente a proteção oferecida pelo SO_2 (Waterhouse *et al*., 2016).

Na fase inicial, observa-se um aumento rápido na concentração de oxigénio. Nesta fase, a entrada de oxigénio depende sobretudo da liberação de oxigénio do interior da rolha, após a compressão aplicada durante a inserção da própria rolha. Este fenómeno é chamado de “Desgaseificação”. Uma vez que a desgaseificação é esgotada, o perfil de entrada de oxigénio torna-se linear e é determinado exclusivamente pela permeabilidade do material da rolha. Este parâmetro é chamado de OTR (Taxa de Transmissão de Oxigénio). A OTR é comumente usada para classificar as rolhas em relação à sua permeabilidade ao O2, mas na realidade não é representativa da quantidade real de oxigénio que entra na garrafa, uma vez que não leva em consideração a desgaseificação (Corticeira Amorim, n.d.).

Durante o envelhecimento do vinho a micro-oxigenação irá continuar a ser um fator importantíssimo na evolução do nosso vinho e por essa razão ele deverá esta protegido

por um vedante que tenha capacidade de assegurar essa proteção, que é mais uma forma de reduzirmos a nossa necessidade de SO_2. Nesse contexto recomendamos o uso de uma rolha de cortiça por ter as condições ideais de permeabilidade.

As recomendações aqui apresentadas são direcionadas para o consumo familiar e ainda assim não dispensam a consulta dos limites legais apresentados no site do IVV - https://www.ivv.gov.pt/np4/89/.

1.6.12 Práticas recomendadas pelos fabricantes de aditivos

Como exemplo da complexidade de decisões do dia-a-dia de um Enólogo, apresentamos as figuras 6 e 7 algumas das recomendações de um dos fabricantes de aditivos para enologia (Proenol) adequadas a um respetivo protocolo de maturação.

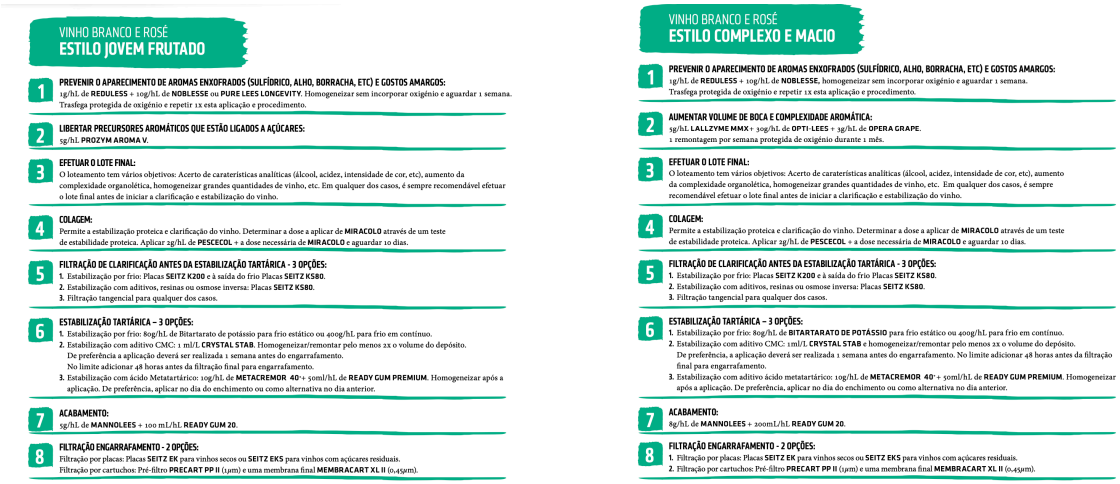


Figura 1: Recomendações de aditivos para vinhos brancos



Figura 2: Recomendações de aditivos para vinhos tintos

2 Metodologia

A metodologia seguida consistiu na análise detalhada de diferentes processos envolvidos na produção de vinho, com especial foco na identificação e avaliação crítica dos auxiliares tecnológicos e aditivos utilizados em enologia, tomando como estudo de caso o exemplo de uma adega de pequena dimensão, de cariz familiar. Pretendeu-se analisar em pormenor os processos de produção e explorar alternativas mais sustentáveis, que permitam reduzir ou eliminar o seu uso sem comprometer a qualidade final do vinho.

Assim, esta análise permitirá destacar soluções mais ajustadas ao contexto da produção vitivinícola familiar ou de pequena escala, respeitando o Terroir e promovendo uma viticultura mais natural, transparente e responsável, tal como é preconizado pela definição de agricultura familiar.

2.1 Estudo de caso: Adega de pequena dimensão (familiar)

2.1.1 A Adega Saruga

O projeto Saruga pretende desenvolver uma empresa de cariz familiar para criar uma oferta com saberes e sabores alentejanos com identidade e raízes do Redondo. A descrição do projeto Saruga está disponível em www.saruga.pt.

A adega em estudo neste trabalho é uma pequena adega, de cariz familiar, situada no Alentejo, mais exactamente no Redondo, distrito de Évora. Na figura 3 podemos ver a planta da Adega.

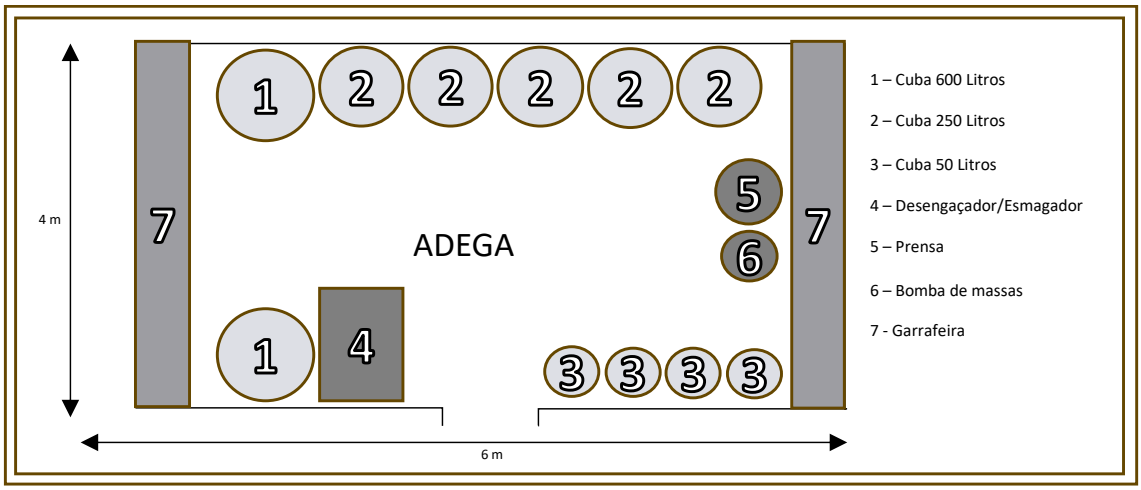


Figura 3: Planta da Adega Saruga

Seguidamente podemos ver na Figura 4 uma imagem exterior da adega e na Figura 5 podemos ver imagens interiores da adega, onde constam algumas das cubas, a prensa manual e uma das paredes de armazenamento de garrafas de vinho.



Figura 4: Foto Exterior da Adega Saruga



Figura 5: Fotos do Interior da Adega Saruga

2.1.2 Caracterização da atividade do projeto Saruga

O início da produção de vinho Saruga deu-se no ano 2023 com a primeira edição de 250 litros de vinho tinto Terroir com as castas provenientes de vinhas velhas existentes na propriedade.

Nesse mesmo ano foram plantadas novas videiras num espaço de 2.000 m2 com as castas Aragonês, Touriga Nacional, Syrah e Trincadeira.

As uvas utilizadas são maioritariamente adquiridas aos produtores vizinhos (80%) e provenientes da produção familiar do Monte novo da vinha, onde se situa a sede da Saruga (20%).

O objetivo de produção anual situa-se nos 500 litros de vinho tinto (250 litros de vinho tinto Terroir e 250 litros de vinho tinto com estágio de 6 meses de aparas de carvalho francês), 250 litros de vinho rosé e 100 litros de vinho branco.

Os vinhos produzidos nos últimos 3 anos (Dona Adélia, O Brasileiro, Barrasquinho e Mestre Fanica) são apresentados de forma mais detalhada nos anexos 7.1 Oferta de vinhos Saruga.

As tecnologias de vinificação aplicadas são seguidamente apresentadas na Figura 6: Diagrama de produção de vinho tinto e Figura 7: Diagrama de produção de vinho branco.



Figura 6: Diagrama de produção de vinho tinto



Figura 7: Diagrama de produção de vinho branco

3 Resultados e Discussão

As novas tendências de mercados emergentes onde as refeições são mais leves, mais próximas de dietas tidas como mais saudáveis (Vegan, asiática, etc.) têm vindo a fazer surgir vinhos mais leves e aromáticos (e.g. Rosé) onde o Terroir e a leveza se sobrepõem aos vinhos tradicionais por vezes excessivamente marcados pelo estágio em madeira.

A sustentabilidade de tais tendências permite a gestão de planos de negócio menos exigentes financeiramente uma vez que o uso de cubas de inox e fragmentos de madeira, quando necessário, nos permitem afastar de custos e práticas que dependiam totalmente das pipas em madeira.

A produção de vinho de forma mais simples e com o menor recurso ao uso de aditivos e auxiliares tecnológicos não irá, obviamente, produzir vinhos de qualidade superior, mas sim vinhos que possam ser consumidos de forma recorrente num ambiente familiar, de forma mais sustentável e consequentemente mais saudável para a saúde humana e para a conservação do nosso planeta.

3.1 Requisitos pré-produção

A escolha da matéria-prima é fundamental para chegar a um produto final de qualidade. Neste sentido é indispensável garantir a sanidade das uvas usadas para produzir o vinho. Durante a vindima, é mandatório pré selecionar as melhores uvas durante a apanha e no momento da entrada das mesmas na adega. A escolha de uvas, evitando podridão, decomposição, doenças, rompimento de películas evita necessidades de adição de SO_2 antes de desengaçar e esmagar a uva para produzirmos o mosto.

Simultaneamente, o mercado exige vinhos a granel com boa acidez, baixo teor alcoólico, preferencialmente produzidos sem aditivos e auxiliares de processamento com possíveis efeitos alergénicos (WICA, n.d.).

3.1.1 Características recomendadas para uma adega de dimensão familiar

O espaço deverá ter capacidade para albergar a nossa produção, deve ser considerado espaço para as cubas de inox, selhas para o mosto ou cubas “sempre cheia” que permitam posteriormente reter e transitar o mosto para as etapas de fermentação.

Dimensões típicas de cubas de Inox:

- Cubas de inox 50 litros com porta lateral e superior - Medidas: 73 cm Altura x 39 cm Diâmetro.

- Cubas de inox 100 litros com porta lateral e superior – Medidas: 87cm Altura x 47cm Diâmetro.
- Cubas de inox 200 litros com porta lateral e superior – Medidas: 112cm Altura x 64cm Diâmetro.
- Cubas de inox 350 litros com porta lateral e superior – Medidas: 150cm Altura x 64cm Diâmetro.

Deverá ter entradas de luz reduzida ao mínimo, por forma a reduzir a entrada de luz solar.

Temperatura ambiente interior dever rondar os 20º C, se necessário com ajuda de um equipamento de ar condicionado, que tem a vantagem de afastar os mosquitos durante as etapas seguintes.

Este ar condicionado deverá ter a capacidade mínima de assegurar 16º C de temperatura ambiente.

É recomendada a existência de painéis fotovoltaicos com capacidade de produção de 2.4 Kw para podermos ter autossuficiência energética.

Uma vez que a dimensão da nossa produção não é muito elevada para os padrões do sector (exemplo de uma adega familiar para produção de 400 litros de vinho - 200 de tinto e 200 de branco), e uma vez que usamos cubas pequenas, o valor estimado para a potência necessária disponibilizada pelos painéis elétricos será suficiente (2,4Kw) pelo que propomos um quadro elétrico com capacidade para cobrir a mesma capacidade em backup dos painéis fotovoltaicos.

Tendo em conta as margens normais para os parâmetros de efluentes de adega, tanto no período de vindima como no resto do ano, propomos adicionar à adega um tamisador rotativo como tratamento primário e uma fossa de oxigenação como tratamento secundário. Consideramos que estes tratamentos são suficientes para garantir o cumprimento dos requisitos de descarga no coletor municipal.

3.2 Análises utilizadas durante as etapas enológicas

As análises químicas são uma ferramenta imprescindível para o trabalho de um enólogo.

Nas grandes adegas existem laboratórios com capacidade de suportarem as necessidades dos grandes produtores, mas no caso dos pequenos produtores e para o nosso caso de produção familiar teremos de recorrer a serviços técnicos externos.

Tal como descrito anteriormente, após o desengace e esmagamento, teremos o mosto pronto para iniciar a maceração pré-fermentativa.

3.2.1 Determinações analíticas a realizar durante a maceração pré-fermentativa

Nesta etapa é imprescindível termos análises do SO_2 livre, SO_2 total, teor alcoólico provável, acidez total, acidez volátil, pH e azoto assimilável (YAN).

Os limites legais destes indicadores são:

- SO_2 Total (Método OIV-MA-AS323-04A) - Máximo de 150 mg/L para vinhos tintos e 200mg/L para vinhos brancos e rosé (Recomendado para este caso de estudo: 20 mg/L para vinhos tintos e 30 mg/L para vinhos brancos ou rosados).
- Acidez Total (Método OIV-MA-AS313-01) – Acima de 3,5 g de ácido tartárico por litro.
- Acidez Volátil (Método OIV-MA-AS313-02) – Abaixo de 18 meq/L (1,08 g/L) de ácido acético nos vinhos brancos e rosados e abaixo de 20 meq/L (1,2 g/L) de ácido acético nos vinhos tintos.
- pH (Método OIV-MA-E-AS313-15) – Entre 3,0 e 3,6
- Teor alcoólico provável (OIV-MA-AS2-01B) – Entre 12% vol. e 14% vol.
- YAN Total – 200-320 mg/L

Nota Importante: Os valores recomendados são projeções para um objetivo de produção de um vinho sem aditivos, sustentável e de cariz familiar com um máximo de 5 anos de conservação, seguindo as recomendações descritas nos capítulos iniciais. A validação dos limites legais é sempre recomendada, e deverá ser consultada no site do IVV: https://www.ivv.gov.pt/np4/89/, já que, tal como se refere ao longo deste documento, estes valores poderão ser revistos a qualquer momento.

3.2.2 Determinações analíticas a realizar durante a fermentação alcoólica

Após a maceração pré-fermentativa inicia-se a fermentação alcoólica (FA). Durante a FA é necessário ir acompanhando a diminuição da densidade, o que pode ser feito com um densímetro (mostímetro, também conhecido por “pesa mosto”) para irmos acompanhando a alteração da densidade, até que chegue aos 0,991 g/ml (Método OIV-MA-AS2-01B) com a temperatura de 20 ºC. No final da fermentação alcoólica necessitamos de análises de SO2 Livre e Total, Acidez total e volátil, pH e YAN.

Os valores recomendados são:

- SO_2 Total (Método OIV-MA-AS323-04A) - Máximo de 150 mg/L para vinhos tintos e 200mg/L para vinhos brancos e rosé (Recomendado para este caso de estudo: 20 mg/L para vinhos tintos e 30 mg/L para vinhos brancos ou rosados).
- Acidez Total (Método OIV-MA-AS313-01) - Acima de 3,5 g de ácido tartárico por Litro.
- Acidez Volátil (Método OIV-MA-AS313-02) – Abaixo de 18 meq/L (1,08 g/L) de ácido acético nos vinhos brancos e rosados e abaixo de 20 meq/L (1,2 g/L) de ácido acético nos vinhos tintos.
- pH (Método OIV-MA-E-AS313-15) – Entre 3,0 e 3,6
- Álcool (Método OIV-MA-AS312-01A ou OIV-MA-AS312-01B) – Entre 9% e 15%
- YAN Total – 200-320 mg/L

Nota Importante: Os valores recomendados são projeções para um objetivo de produção de um vinho reduzindo o uso de auxiliares tecnológicos e aditivos, sustentável e de cariz familiar com um máximo de 5 anos de conservação, seguindo as recomendações descritas nos capítulos iniciais. A validação dos limites legais é sempre recomendada, e deverá ser consultada no site do IVV: https://www.ivv.gov.pt/np4/89/, já que, tal como se refere ao longo deste documento, estes valores poderão ser revistos a qualquer momento.

3.2.3 Análises durante a fermentação malolática

Após a FA inicia-se a fermentação malolática, no final desta etapa deveremos proceder a mais uma análise de SO_2 Livre e Total, Ácido Málico e Lático, Acidez total e volátil e pH.

Os valores recomendados são:

- SO_2 Total (Método OIV-MA-AS323-04A) - Máximo de 150 mg/L para vinhos tintos e 200mg/L para vinhos brancos e rosé (Recomendado para este caso de estudo: 20 mg/L para vinhos tintos e 30 mg/L para vinhos brancos ou rosados).
- Acidez Total (Método OIV-MA-AS313-01) - Acima de 3,5 g de ácido tartárico por Litro.
- Acidez Volátil (Método OIV-MA-AS313-02) – Abaixo de 18 meq/L (1,08 g/L) de ácido acético nos vinhos brancos e rosados e abaixo de 20 meq/L (1,2 g/L) de ácido acético nos vinhos tintos.
- pH (Método OIV-MA-E-AS313-15) - Entre 3,0 e 3,6
- Ácido Málico (Método OIV-MA-AS313-10) – Valores devem estar perto de 0 g/L para garantirmos o final da FML

- Ácido Lático (Método OIV-MA-AS313-07) – Valores em crescendo enquando decorre a FML no mínimo 0,5 g/L no final. Quando são valores perto de 0 g/L significa que a FML ainda não arrancou.

Nota Importante: Os valores recomendados são projeções para um objetivo de produção de um vinho sem aditivos, sustentável e de cariz familiar com um máximo de 5 anos de conservação, seguindo as recomendações descritas nos capítulos iniciais. A validação dos limites legais é sempre recomendada, e deverá ser consultada no site do IVV: https://www.ivv.gov.pt/np4/89/, já que, tal como se refere ao longo deste documento, estes valores poderão ser revistos a qualquer momento.

3.2.4 Análises antes do estágio

No final da FML, inicia-se o estágio do vinho e nessa altura deverá ser feita uma nova serie de análises de SO_2 Livre e Total, Acidez total e volátil e pH. Antes de se inicar o estágio, deverá ser feita uma trasfega para uma cuba limpa e preparada para poder estagiar o vinho durante um período de 6 meses ficando a cuba próxima de ficar completamente cheia para evitar o contacto com o ar. No final desta etapa deveremos proceder a mais uma análise de SO_2 Livre e Total, Acidez total e volátil e pH.

Os valores recomendados são:

- SO_2 Total (Método OIV-MA-AS323-04A) - Máximo de 150 mg/L para vinhos tintos e 200mg/L para vinhos brancos e rosé (Recomendado para este caso de estudo: 20 mg/L para vinhos tintos e 30 mg/L para vinhos brancos ou rosados).
- Acidez Total (Método OIV-MA-AS313-01) - Acima de 3,5 g de ácido tartárico por Litro.
- Acidez Volátil (Método OIV-MA-AS313-02) – Abaixo de 18 meq/L (1,08 g/L) de ácido acético nos vinhos brancos e rosados e abaixo de 20 meq/L (1,2 g/L) de ácido acético nos vinhos tintos.
- pH (Método OIV-MA-E-AS313-15) - Entre 3,0 e 3,6

Nota Importante: Os valores recomendados são projeções para um objetivo de produção de um vinho sem aditivos, sustentável e de cariz familiar com um máximo de 5 anos de conservação, seguindo as recomendações descritas nos capítulos iniciais. A validação dos limites legais é sempre recomendada, e deverá ser consultada no site do IVV: https://www.ivv.gov.pt/np4/89/, já que, tal como se refere ao longo deste documento, estes valores poderão ser revistos a qualquer momento.

3.2.5 Análises no pré-engarrafamento

No final do período de estágio inicia-se o engarrafamento para posterior armazenamento permitindo o envelhecimento. Nesta altura deverá ser feita a última análise ao vinho com SO_2 Livre e Total, Acidez total e volátil e pH.

Os valores recomendados são:

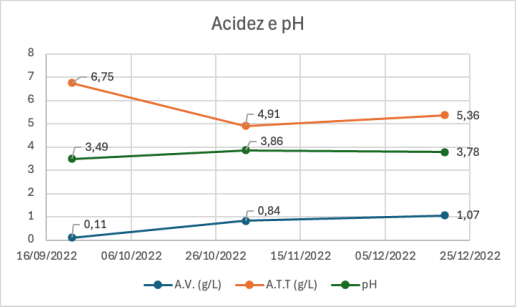
- SO_2 Total (Método OIV-MA-AS323-04A): 20 mg/L para vinhos tintos e 30 mg/L para vinhos brancos ou rosados (Máximo de 150mg/L para vinhos tintos e 200mg/L para vinhos brancos e rosé).
- Acidez Total (Método OIV-MA-AS313-01) - Acima de 3,5 g de ácido tartárico por Litro.
- Acidez Volátil (Método OIV-MA-AS313-02) - Abaixo de 18 meq/L (1,08 g/L) de ácido acético nos vinhos brancos e rosados e abaixo de 20 meq/L (1,2 g/L) de ácido acético nos vinhos tintos.
- pH (Método OIV-MA-E-AS313-15) – Entre 3,0 e 3,6

Nota Importante: Os valores recomendados são projeções para um objetivo de produção de um vinho sem aditivos, sustentável e de cariz familiar com um máximo de 5 anos de conservação, seguindo as recomendações descritas nos capítulos iniciais. A validação dos limites legais é sempre recomendada, e deverá ser consultada no site do IVV: https://www.ivv.gov.pt/np4/89/, já que, tal como se refere ao longo deste documento, estes valores poderão ser revistos a qualquer momento.

3.3 Resultados das análises efetuadas durante as etapas enológicas

Seguidamente apresentam-se os resultados das análises às colheitas dos anos 2022, 2023 e 2024.

A Figura 8 e 9 apresentam os resultados das análises de 2022 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho de vinhas velhas.



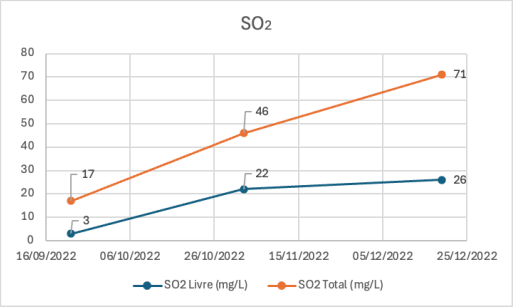


Figura 8: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Tinto Cuba #1 – 2022

Figura 9: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #1 – 2022

A Figura 10 e 11 apresentam os resultados das análises de 2022 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho tinto de diversas castas (Vinhas Velhas, Aragonez, Touriga Nacional, Trincadeira, Alicante Bouschet, Castelão e Syrah).

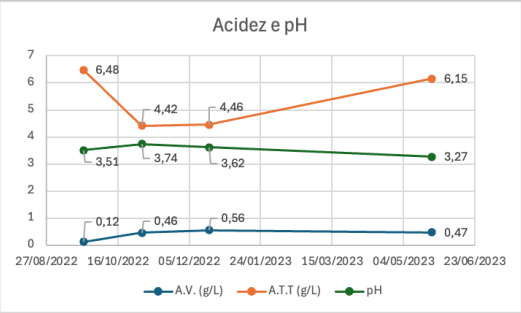


Figura 10: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Tinto Cuba #2 – 2022

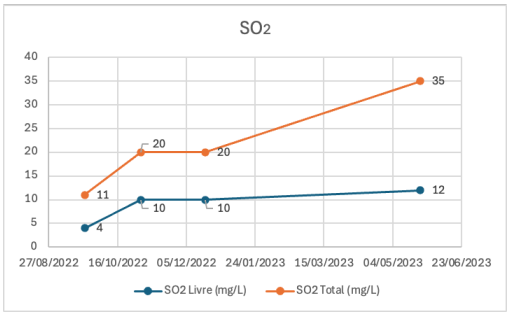


Figura 11: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #2 – 2022

A Figura 12 e 13 apresentam os resultados das análises de 2022 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho tinto de diversas castas (Vinhas Velhas, Aragonez, Touriga Nacional, Trincadeira, Alicante Bouschet, Castelão e Syrah).

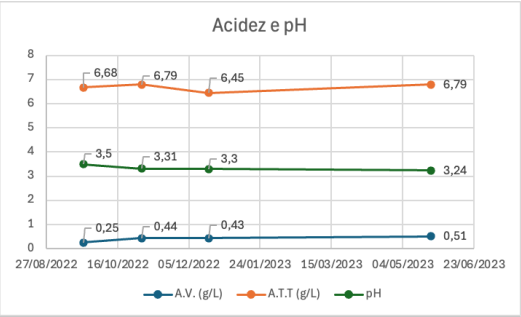


Figura 12: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Tinto Cuba #3 – 2022

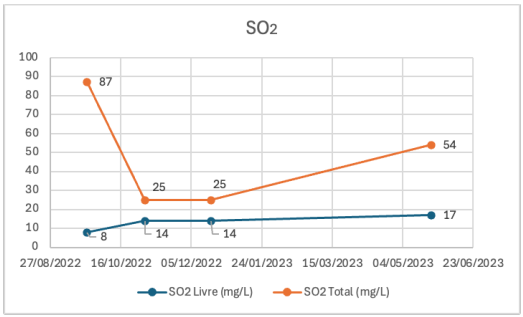


Figura 13: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #3 – 2022

A Figura 14 e 15 apresentam os resultados das análises de 2022 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho rosé das castas Aragonez e Touriga Nacional.

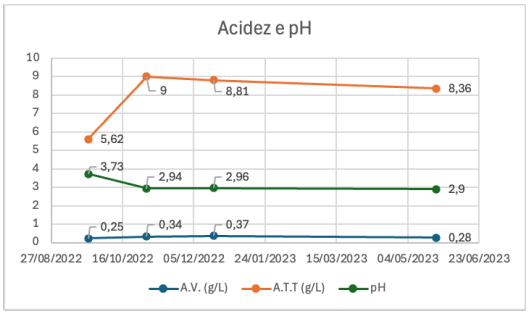


Figura 14: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Rosé Cuba #5 – 2022

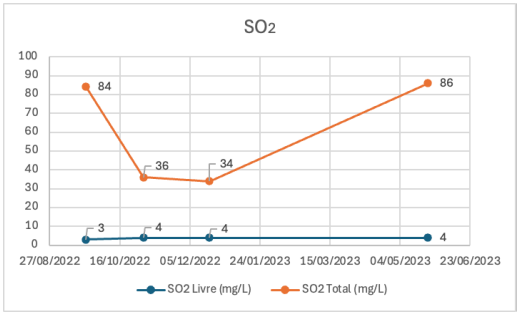


Figura 15: Valores de SO_2 – Vinho Rosé Cuba #5 – 2022

A Figura 16 e 17 apresentam os resultados das análises de 2023 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho tinto de diversas castas (Vinhas Velhas, Aragonez, Touriga Nacional, Trincadeira, Alicante Bouschet, Castelão e Syrah).

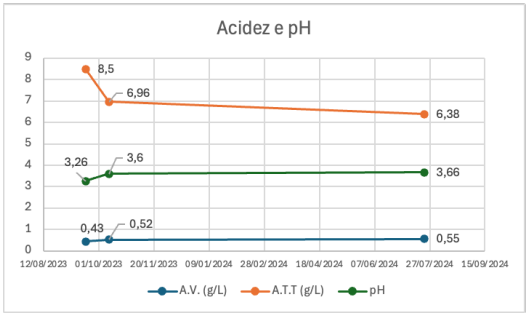


Figura 16: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Tinto Cuba #3 – 2023

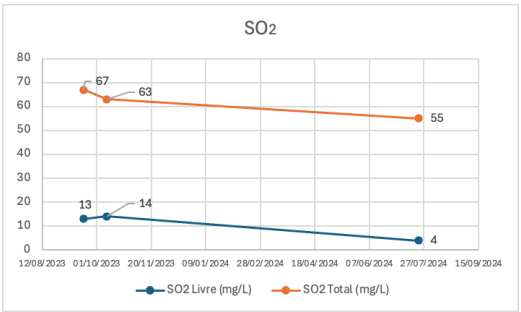


Figura 17: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #3 – 2023

A Figura 18 e 19 apresentam os resultados das análises de 2023 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho branco de diversas castas (Vinhas Velhas e Arinto).

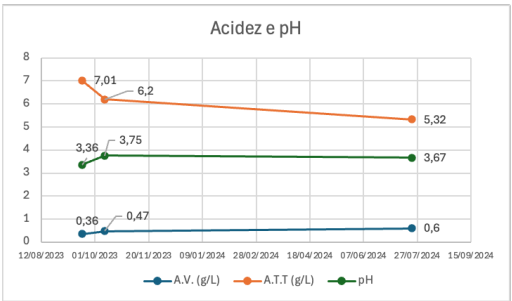


Figura 18: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Branco Cuba #2 – 2023

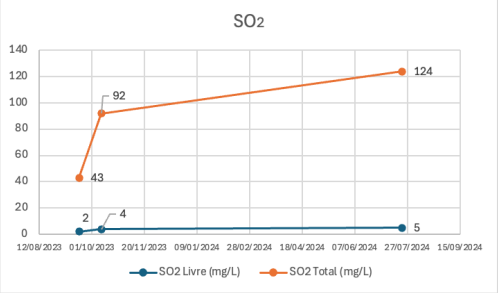


Figura 19: Valores de SO_2 – Vinho Branco Cuba #2 –2023

A Figura 20 e 21 apresentam os resultados das análises de 2023 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho rosé das castas Aragonez e Touriga Nacional.

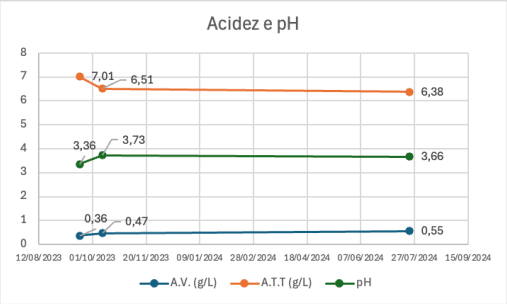


Figura 20: Valores de acidez volátil, total e pH – Vinho Rosé Cuba #5 – 2023

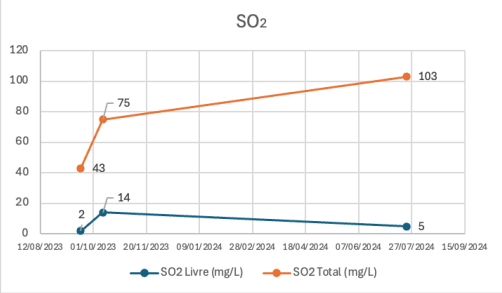


Figura 21: Valores de SO_2 – Vinho Rosé Cuba #5 – 2023

A Figura 22 e 23 apresentam os resultados das análises de 2024 para a Acidez Volátil e SO_2 de cubas com vinho tinto de diversas castas (Vinhas Velhas, Aragonez, Touriga Nacional, Trincadeira, Alicante Bouschet, Castelão e Syrah).

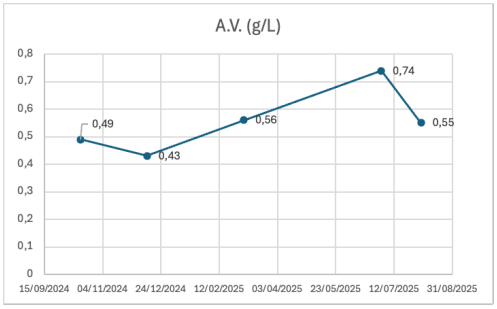


Figura 22: Valores de acidez volátil – Vinho Tinto Cuba #1 – 2024

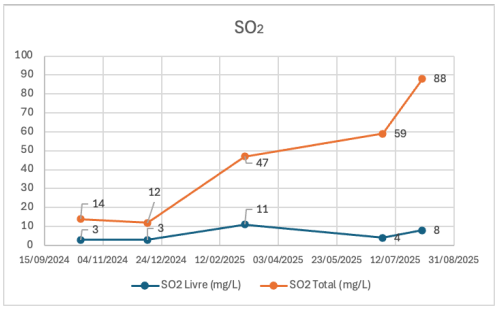


Figura 23: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #1 – 2024

A Figura 24 e 25 apresentam os resultados das análises de 2024 para a Acidez Volátil e SO_2 de cubas com vinho tinto de diversas castas (Vinhas Velhas, Aragonez, Touriga Nacional, Trincadeira, Alicante Bouschet, Castelão e Syrah).

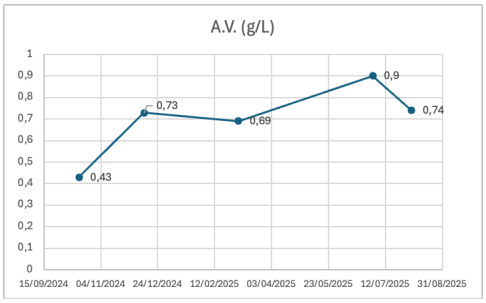


Figura 24: Valores de acidez volátil – Vinho Tinto Cuba #4 – 2024

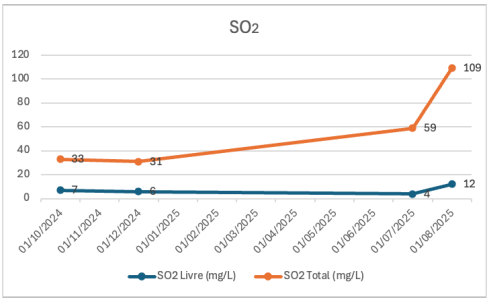


Figura 25: Valores de SO_2 – Vinho Tinto Cuba #4 – 2024

A Figura 26 e 27 apresentam os resultados das análises de 2024 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho branco de diversas castas (Vinhas Velhas e Arinto).

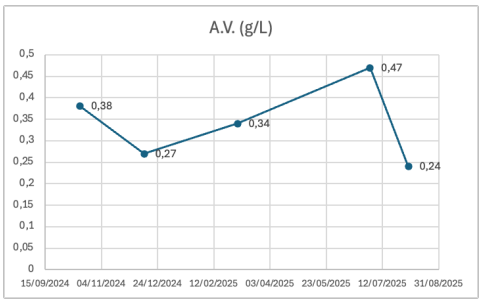


Figura 26: Valores de acidez volátil – Vinho Branco Cuba #3 – 2024

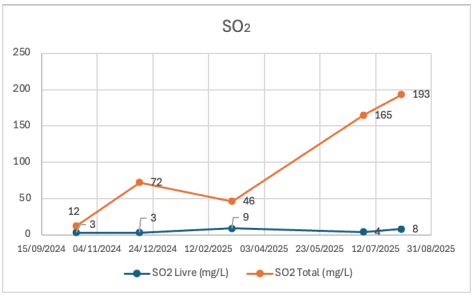


Figura 27: Valores de SO_2 – Vinho Branco Cuba #3 –2024

A Figura 28 e 29 apresentam os resultados das análises de 2024 para a Acidez Volátil, Acidez Total, pH e SO_2 de cubas com vinho rosé das castas Aragonez e Touriga Nacional.

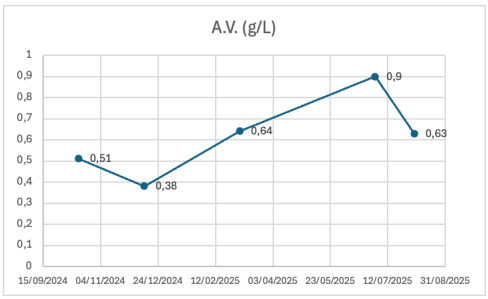


Figura 28: Valores de acidez volátil – Vinho Rosé Cuba #2 – 2024

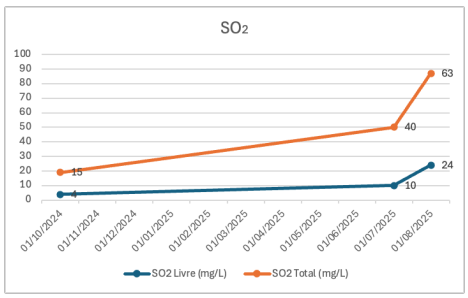


Figura 29: Valores de SO_2 – Vinho Rosé Cuba #2 – 2024

Após observação da análise dos resultados, importa referir que a procura de uma solução para a produção de vinho numa adega de pequenas dimensões, realizada em regime familiar, reduzindo o uso de auxiliares tecnológicos e aditivos, representa um desafio significativo para a manutenção da qualidade do produto final. Conforme evidenciado pelos resultados, tal processo exige uma constante monitorização, por meio de análises e avaliações sensoriais periódicas, que permitem a identificação de desvios e a implementação atempada das correções necessárias, visando assegurar os padrões de qualidade desejados do vinho.

Adicionalmente apresentamos a análise organolética da colheita de 2023 que foi um ano extremamente quente culminando com a maturação/vindima a 15 de Agosto de 2023.

3.3.1 Vinho Branco 2023 (Rótulo Mestre Fanica)

Teor alcoólico 11%; pH 3,67; AT 5,32 g/L; Colheita: 15/08/23. Biológico (contém sulfitos). Castas: Vinhas velhas e Arinto.

Tecnologia de vinificação: Desengaçado e prensado diretamente, maçerado com borra grossa em tanque e fermentado, em duas semanas, com temperatura ambiente controlada a 16 ºC

Análise Sensorial: Nariz: Pêra e Pêssego. Boca: Ananás maduro, pêra, sumo uva e marmelo. Harmonização: tomate e queijo da Ilha (umami), leitão assado e ervas aromáticas (coentros/funcho). Pratos salgados e ácidos.

3.3.2 Vinho Rosé 2023 (Rótulo Dona Adélia)

Teor alcoólico 11.5%; pH 3,66; AT 6,38 g/L; Colheita: 15/08/23. Biológico (contém sulfitos). Castas: Touriga Nacional + Aragonez.

Tecnologia de vinificação: Desengaçado e prensado manualmente até atingir a extração/cor desejada e fermentado, em duas semanas, com temperatura ambiente controlada a 16 graus, atingindo um máximo de 26 graus em fermentação, em busca de um vinho mais estruturado.

Análise Sensorial: Aromas: Framboesa, melancia, pasto verde (início), morango, sumo uva.

Harmonização: Salada de tamarilho, leitão assado, queijos intensos (Azeitão), chouriço e salsicha fresca. Acompanha bem enchidos e carnes vermelhas secas e beneficia de pratos salgados.

3.3.3 Vinho Tinto 2023 (Rótulo O Brasileiro)

Teor alcoólico 14%; pH 3,66; AT 6,38 g/L; Colheita: 15/08/23. Biológico (contém sulfitos). Castas: Vinha velha, Touriga Nacional, Aragonez, Trincadeira, Alicante Bouschet, Castelão e Syrah.

Tecnologia de vinificação: Desengaçado e esmagado para fermentar com temperatura ambiente controlada a 16 graus durante 3 semanas. O vinho termina a fermentação maloláctica 3 semanas mais tarde. Estágio em Inox por 3 meses com aparas de madeira de carvalho francês.

Análise Sensorial: Nariz: Notas vegetais, doce morango e medronho. Boca: pêra verde, nêspera verde, groselha, amora silvestre, cereja, figo seco, carne curada. Spritz que lhe dá um toque apimentado/acidez em boca.

Harmonização: Tortilhas de milho; queijos intensos (Azeitão); chouriço sem fumado. Tanino baixo ideal para harmonizar a maioria de pratos portugueses, com especiarias e picante, no entanto, há um decréscimo da sensação de corpo e de fruta. Leitão ressalta os aromas abaunilhados da madeira, que são mais evidentes ao segundo e terceiro dia.

Conclusões

O uso de aditivos e auxiliares tecnológicos na produção de vinho permitiu o aprimoramento da técnica e da qualidade dos vinhos, a ponto de alcançarmos níveis de preço elevados, inviáveis para o consumo quotidiano dessas bebidas de excelência. Esse cenário tornou os produtores dependentes desses aditivos e auxiliares tecnológicos.

No entanto, a evolução humana confrontou-se com a insustentabilidade dessas práticas, não apenas pelos impactos na saúde pública, mas também pelos efeitos adversos sobre o meio ambiente, que acabará sempre por prevalecer.

Coincidentemente — ou talvez não —, os hábitos de consumo de vinho têm vindo a mudar, com uma crescente procura por vinhos mais jovens, saudáveis e de menor custo. Esta mudança representa uma oportunidade única para reduzir ou até mesmo eliminar os nossos hábitos de uso de aditivos.

As práticas e ideias aqui propostas permitirão a recuperação de um modelo de produção familiar devolvendo a sustentabilidade da produção vitivinicola, voltando a tornar o vinho uma bebida popular e acessível a todos, a saber:

1 – Vindima de vinhas sãs com colheita a horários mais frescos ou até mesmo noturna, reduzem a necessidade de aditivos antisépticos;

2 – Fermentação alcoólica com leveduras adequadas à produção de SO_2 para reduzir a necessidade de o adicionar posteriormente;

3 – Temperaturas adequadas à produção reduzem as necessidades de aditivos clarificantes ou metódos de filtração;

4 – Consciência de que o vinho de consumo corrente não deve ser preparado para ser envelhecido por longos períodos e por isso não irá necessitar de tantos aditivos porque se deve beber jovem (até 5 anos).

Os resultados obtidos demonstram que é possível substituir ou reduzir significativamente o uso de determinados aditivos e auxiliares tecnológicos, mantendo ou mesmo melhorando a qualidade do vinho, enquanto se minimiza o impacto ambiental associado ao processo. Estes dados reforçam a viabilidade de uma abordagem enológica mais sustentável e evidenciam a importância de continuar a investigar novas soluções tecnológicas e práticas vitivinícolas que promovam um setor mais ecológico e alinhado com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Referências Bibliográficas

(Segundo a norma APA, 7ª edição)

AEB (n.d.). *AEB Academy - Enologia.* Acedido em 2 de Janeiro de 2025, https://www.aeb-group.com/pt/academy/enologia.

Attia, F., Garcia F., & Garcia M. (2007). Effect of Rootstock on Organic Acids in Leaves and Berries and on Must and Wine Acidity of Two Red Wine Grape Cultivars 'Malbec' and 'Négrette' (*Vitis vinifera* L.) Grown Hydroponically. Acta Horticulturae, 754, 473–482. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.754.63

Bartowsky, E.J. (2009). Bacterial spoilage of wine and approaches to minimize it. *Letters in Applied Microbiology*, 48(2), 149–156. https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2008.02490.x

Bely, M., Sablayrolles, J.M. & Barre P. (1990). Automatic detection of assimilable nitrogen deficiencies during alcoholic fermentation in enological conditions. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 70(4), 246–252. https://doi.org/10.1016/0922-338X(90)90057-4

Blaiotta, G., Lisanti, M., Nioi, C., & Moio L. (2019). Alternative Methods to SO_2 for Microbiological Stabilization of Wine. *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety*, 18(2), 455–479. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12422

Brundtland, G. (1987). *Report of the world commission on environment and development*: *Our common future*. (United Nations General Assembly document A/42/427). United Nations.

Carocho, M., Barreira, J.C.M., Barros, L., Bento, A., Cámara, M., Morales, P., & Ferreira, I.C. (2015). Traditional pastry with chestnut flowers as natural ingredients: An approach of the effects on nutritional value and chemical composition. Journal of Food Composition and Analysis, 44, 93–101. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.07.004

Carrascón, V., Vallverdú-Queralt, A., Meudec, E., Sommerer, N., Fernandez-Zurbano, P., & Ferreira, V. (2018). The kinetics of oxygen and SO_2 consumption by red wines: What do they tell about oxidation mechanisms and changes in wine composition? Food Chemistry, 241, 206–214. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.097

Chi, M., Li, M., & Zhang, Z. (2014). Effect of Different Training Systems on Quality of 'Cabernet Sauvignon' Grape Berries. Northern Horticulture, 321, 50–53.

Choné, X., van Leeuwen, C., Cherry, P., & Ribereau-Gayon P. (2001). Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*): Vegetative development, must and wine composition. *South African Journal of Enology and Viticulture,* 22(1), 8–15. https://doi.org/10.21548/22-1-2170

Clarke, S. (2018). The most sustainable wineries in America. Acedido em 24 Julho de 2021, https://www.winecountry.com/blog/sustainable-wineries-usa

Coimbra, M. A., **Santos, M. C., Nunes, C., & Saraiva J. A., (2012).** Chemical and physical methodologies for the replacement/reduction of sulfur dioxide use during winemaking: Review of their potentialities and limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52(9)*, 940–950. https://doi.org/10.1080/10408398.2010.512020

Comuzzo, P., & Zironi, R. (2013). Biotechnological strategies for controlling wine oxidation. *Food Engineering Reviews*, 5(4), 217–229. https://doi.org/10.1007/s12393-013-9066-9

Corticeira Amorim, (n.d.). Closure Selection – *The Winemaker's last enological decision*. https://www.amorim.com/en

Costa, J. M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C., Medrano, H., & Chaves, M. M. (2016). Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management, 164*, 5-18. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.018

Costa, J.M., Catarino, S., Escalona, J.M., & Comuzzo, P. (2022). *Improving Sustainable Viticulture and Winemaking Practices. Elsevier Inc*. Elsevier.

Costanigro, M., Appleby, C., & Menke, S.D. (2014). The wine headache: consumer perceptions of sulfites and willingness to pay for non-sulfited wines. *Food Quality and Preference 31*, 81–89.

CVRA, (2015). Programa de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo. Acedido em 2 de Janeiro de 2025, https://sustentabilidade.vinhosdoalentejo.pt/pt/programa-de-sustentabilidade-dos-vinhos-do-alentejo

Da Ros, C., Cavinato, C., Pavan, P., & Bolzonella, D. (2014). Winery waste recycling through anaerobic co-digestion with waste activated sludge. *Waste Management*, 34, 2028-2035.

Echave, J., Barral, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A. & Simal-Gandara, J. (2021) - Bottle Aging and Storage of Wines: *A Review*.

Enartis, (2021). Wine Doctor. Acedido em 2 de Janeiro de 2025, https://www.enartis.com/en/products/wine/

Escudier J.L., Moutounet N., Saint-Pierre B., Battle J.L. (1998). Electrodialyse applique´e a` la stabilisation tar- trique des vins. *Vigne et Vin*, 45(3), 131-140.

Fane, A.G., & Fell, C.J.D. (1987). A review of fouling and fouling control in ultrafiltration. *Desalination* 62, 117–136.

FAO. (2011). Investing in smallholder agriculture for food security and nutrition**.** Acedido 26 Dezembro 2024, https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/48ac9adb-f75f-4797-b2de-970c949176c8/content

FAO. (2014). The State of Food and Agriculture. Acedido 26 Dezembro 2024, https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f6b32ac3-74c8-4c4b-ac6b-60a21d74202f/content

FAO. (2019a). Lançamento da Década da Agricultura Familiar das Nações Unidas e do Plano de Ação Global,. Acedido 26 Dezembro 2024, https://www.fao.org/portugal/noticias/detail/es/c/1196022/

FAO. (2019b). Década da Agricultura Familiar das Nações Unidas - Plano de Ação Global. Acedido 26 Dezembro 2024, https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5479e317-17b9-428b-9963-ba88e681ff16/content

Ferreira, D., Moreira, D., Costa, E., Silva, S., Pintado, M., & Couto, J. (2013). The antimicrobial action of chitosan against the wine spoilage yeast Brettanomyces/Dekkera. *Journal of Chitin and Chitosan Science, 1*, 240-245.

Fogliatto, S., Ferrero, A., & Vidotto F. (2020). Current and future scenarios of glyphosate use in Europe: Are there alternatives?.

Fuentes-Pila, J., & García, J. L. (2014). Handbook: *Efficient wineries TESLA project deliverable D.6.6. European Commission*. http://teslaproject.chil.org/download-doc/62556.

Gambetta, G.A., Herrera, J. C., Dayer, S., Feng, Q., Hochberg, U., & Castellarin, S. D. (2020). The physiology of drought stress in grapevine: Towards an integrative definition of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 71(16), 4658–4676. https://doi.org/10.1093/jxb/eraa245

Gobbi, M., Comitini, F., D'Ignazi, G. & Ciani, M. (2013). Effects of nutrient supplementation on fermentation kinetics, H2S evolution, and aroma profile in Verdicchio DOC wine production. *European Food Research and Technology* 236(1), 145–154, https://doi.org/10.1007/s00217-012-1873-9

Gonçalves, F., Ribeiro, R., Neves, L., Lemperle, T., Lança, M., Ricardo da Silva, J., & Laureano, O. (2013). Alcohol reduction in wine by nanofiltration. Some comparisons with reverse osmosis technique. In *Proceedings of Ist international symposium of OENOVITI international network* (pp. 64-67). Villenave d'Ornon: ISVV.

Grainger, K. (2009). Wine Faults and Flaws. In Wine quality (pp. 67–77). Woodhead Publishing.

Gubiani, R., Pergher, G., & Mainardis, M. (2019). The winery in a perspective of sustainability: The parameters to be measured and their reliability. In *IEEE international workshop on metrology for agriculture and forestry* (*MetroAgriFor*), (pp. 328-332). https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor.2019.8909221

Guerini Filho, M., Lumi, M., Hasan, C., Marder, M., Leite, L. C. S., & Konrad, O. (2018). Energy recovery from wine sector wastes: A study about the biogas generation potential in a vineyard from Rio Grande do Sul, Brazil. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 29, 44-49. https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.07.001

He, D., Ma, X., Kang, Q., & Sun, Y. (2022). Effects oforganic acids content on the fermentation of wine. *China Brew, 41*, 62–67.

Heleno, S.A., Ferreira, I.C.F.R., Paiva, F.M.P., & Bento, A.A. (2017). Processo de produção de vinho, utilizando flores de *Castanea sativa* Mill como conservantes naturais em alternativa à adição de sulfitos. *WIPO Patent No.*

WO2017212351A12020. Acedido em 17 de Janeiro de 2023, https://patents.google.com/patent/WO2017212351A1/pt.

Hofmann, M., Volosciuk, C., Dubrovský, M., Maraun, D., & Schultz, H. (2021). Downscaling of climate change scenarios for a high resolution, site— specific assessment of drought stress risk for two viticultural regions with heterogeneous landscapes. *Earth System Dynamics*. https://doi.org/10.5194/esd-2021-9.

Hou, D., Bolan, N. S., Tsang, D. C., Kirkham, M. B., & O'Connor, D. (2020). Sustainable soil use and man-agement: An interdisciplinary and systematic approach. *Science of Total Environment*, 138961. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138961

IVV. (n.d.). *Parâmetros analíticos de Portugal*. Acedido em 28 de Agosto 2024, https://www.ivv.gov.pt/np4/89/

Jiranek, V., Langridge, P. & Henschke, P.A. (1995), Amino acid and ammonium utilization by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts from a chemically defined medium. *American Journal of Enology and Viticulture 46*, 75–83.

Kemsawasd, V., Viana, T., Ardö, Y. & Arneborg, N. (2015). Influence of nitrogen sources on growth and fermentation performance of different wine yeast species during alcoholic fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology 99*, 10191–10207. https://doi.org/10.1007/s00253-015-6885-2

Lazcano, C., Decock, C., & Wilson, S. G. (2020). Defining and managing for healthy vineyard soils, intersections with the concept of terroir. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 68. https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00068

Li, M., Su J., Yang H., Feng L., Wang M., Xu G., Shao J., & Ma C. (2023). Grape Tartaric Acid: Chemistry, Function, Metabolism, and Regulation.

Liu, H. (2005). Study on Sugars and Acid Composition Inheritance and Sucrose Metabolism Related Enzymes Activities in Grape Berries. (Ph.D. Thesis). China Agricultural Univeisity, Beijing, China.

Lorenzo, N., Diaz-Poso, A., & Roy, D. (2021). Heatwave intensity on the Iberian Peninsula: Future climate projections. *Atmospheric Research, 258*, 105655. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105655

Lutin, F., Boissier, B., Bonneaud, D., Le Gratiet, Y., Moutounet, M., Escudier, J-L. & Bouissou, D. (2007). Alternative au tartricage des vins, l'acidification par électrodialyse bipolaire:une technique soustractive trés précise. *Revue des Œnologues 125* (HS), 20–21.

Mas, A. (2018). Microbial challenges in sustainable winemaking. *In Opportunities and challenges for vine and wine production by preserving resources and environment. Proceedings of 7th international symposium* (pp. 38-43). OENOVITI International Network.

Mierczynska-Vasilev, A., & Smith, P.A. (2015). Current state of knowledge and challenges in wine clarification.

Mira, H., de Pinho, M., Guiomar, A., & Geraldes, V. (2017). Membrane processing of grape must for control of the alcohol content in fermented beverages. *Journal of Membrane Science and Research, 3*(4), 308-312.

Morais, R., Emanuel Peres, E., Boaventura-Cunha, J., Mendes, J., Cosme F., & Nunes F. M. (2018). Distributed monitoring system for precision enology of the Tawny Port wine aging process. *Computers and Electronics in Agriculture 145*(1), 92-104. https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.019

Moutounet, M., Escudier J.-L., & Saint-Pierre, B. (1994). In B. Donèche (Ed.), *Les acquisitions récentes dans les traitements physiques du vin*. Paris: Tec & Doc, Lavoisier.

Nigro D. (2010). LEED winery projects in North America-Expanded profiles and photos. Acedido em 24 de Julho de 2021, htts//www.winespectator.com/articles/leed-winery-projects-in-north-america-expanded-profiles-and-photos

Novara, A., Cerdà, A., & Gristina, L. (2018). Sustainable vineyard floor management: An equilibrium between water consumption and soil conservation. *Current Opinion in Environmental Science & Health, 5*, 33-37. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.04.005

Niu D. (2019). Effects of Orthopedics and Rootstock on Sugarandacid Metabolism and Organic Acid-Related Gene Expression in Grape Fruits. (Master's Thesis, Shanxi Agricultural University, Taiyuan, China).

OENO-One. (2021). Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review. *OENO One, 55*(1), 1–43. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.3866.

OIV. (1997a). Resolution OENO 6/97 – Lysosyme treatment: https://www.oiv.int/node/4012

OIV. (1997b). Resolution OENO 7/97 – Fermentation activators: https://oiv.int/node/4013/download/pdf

OIV. (2001). Resolution OENO 7/2001 – Fermentation in small capacity wooden containers: https://www.oiv.int/node/3737

OIV. (2005a). Resolution OENO 11/2005 – Prefermentative cold maceration for making white wines: https://www.oiv.int/node/3602

OIV. (2005b). Resolution OENO 12/2005 – Prefermentative cold maceration for making red wines: https://www.oiv.int/public/medias/784/oeno-12-2005-en.pdf

OIV. (2010a). Resolution OIV/OENO 372/2010 – Separative techniques used in the treatments of musts and wines: https://www.oiv.int/public/medias/1231/oiv-oeno-372-2010-en.pdf

OIV. (2010b). Resolution OIV/OENO 373A/2010 – Application of membrane techniques: https://www.oiv.int/public/medias/1232/oiv-oeno-373a-2010-en.pdf

OIV. (2010c). Resolution OIV/OENO 360/2010 – Acidification by electromembrane treatment – Must: https://www.oiv.int/public/medias/1229/oiv-oeno-360-2010-en.pdf

OIV. (2011). Resolution OIV-OENO 411-2011 – Monograph on bipolar electrodialysis mebranes: https://www.oiv.int/public/medias/1331/oiv-oeno-411-2011-en.pdf

OIV. (2012). Resolution OIV-OENO 439-2012 – Oenological specific pratices for aromatized wines, beverages based on vitivinicultural products and wine-based beverages: https://www.oiv.int/public/medias/1438/oiv-oeno-439-2012-en.pdf

OIV. (2015a). Resolution OENO 1/93 – Concentration of must by reverse osmosis: https://www.oiv.int/public/medias/3262/e-code-ii-21121.pdf

OIV. (2015b). Resolution OENO 11/04, OENO 498-2013 – Use of enzymes for the clarification: https://www.oiv.int/public/medias/3252/e-code-ii-214.pdf

OIV. (2015c). Resolution OENO 6/76, OENO 443-2012 – Treatment with Ion exchangers: https://www.oiv.int/public/medias/3445/e-code-ii-3113.pdf

OIV. (2016). OIV General principles of sustainable vitiviniculture-environmental-social-economic and cultural aspects. Resolution OIV-CST 518-2016. Disponivel: http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/resolutions-of-the-oiv/resolution-cst. (Acedido em 24 Junho 2021).

OIV. (2019). Resolution OIV-OENO 633-2019 – Fermentation activators: https://www.oiv.int/public/medias/6882/oiv-oeno-633-2019-en.pdf

OIV. (2020b). Resolution OIV-OENO 634-2020 – Treatment of grapes by pulsed electric fields – (PEF): https://www.oiv.int/public/medias/7594/oiv-oeno-634-2020-en.pdf

OIV-VITI. (2020). OIV Guide for the implementation of principles of sustainable vitiviniculture.

OIV. (2021a). Sustainable use of water in winegrape vineyards.

OIV. (2021b). Digital trends applied to the vine and wine sector - A comprehensive study on the digitalisation of the sector, OIV Digital Transformation Observatory Hub.

OIV. (2021c). OIV collective expertise document - "SO_2 and wine : a review"

OIV. (2021d). Resolution OIV-OENO 682-2021 – Removal from OIV texts of references and data relating to galactanase activity: https://www.oiv.int/public/medias/8091/en-oiv-oeno-682-2021.pdf

OIV. (2023). International Code of Œnological Practices. Acedido em 3 de Janeiro de 2025,https://www.oiv.int/sites/default/files/publication/202403/CPO%202024%20EN%20.pdf

OIV. (n.d.). OIV Strategic Plan 2020-2024. Acedido em 2 de Janeiro de 2025, https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV-STRATEGIC_PLAN%20_2020-2024.pdf.

Ollat, N., Peccoux, A., Papura, D., Esmenjaud, D., Marguerit, E., Tandonnet, J.-P., Bordenave, L., Cookson, S., Barrieu, F., Rossdeutsch, L., Lecourt, J., Lauvergeat, V., Vivin, P., Bert, P.-F., & Delrot, S. (2015). Rootstock as a component of adaptation to environment. In H. Gerós, M. Chaves, H. Medrano, &

S. Delrot (Eds.), *Grapevine in a changing environment: A molecular and ecophysiological perspective* (pp. 68-108). Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.

Petrozziello, M., Nardi, T., Asproudi, A., Cravero, M. C. & Bonello, F. (2020). Chemistry and technology of wine aging with oak chips. In *Chemistry and biochemistry of winemaking, wine stabilization and aging*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.XXXX

Pérez-Expósito, J.P., Fernandez-Carames, T.M., Fraga-Lamas, P., & Castedo L. (2017). VineSens: An Eco-Smart Decision-Support Viticulture System.

Phogat, V., Cox, J. W., Simunek, J., & Hayman, P. (2020). Impact of long-term recycled water irrigation on crop yield and soil chemical properties. *Journal of Water and Climate Change*, 11(3), 901-915.

Proenol (2019). Brochura do Estágio ao Engarramento. Acedido em 2 de Janeiro de 2025,https://www.proenol.com/web/media/attachments/2019/02/01/proenol_brochura_do_estagio_ao_engarrafamento_2019.pdf.

Puxeu, M., Andorrà, I., Martín, L., Nart E., Hidalgo, C. & Ferrer-Gallego, R. (2018). Effect of grape juice composition and nutrient supplementation on the production of sulfur dioxide and carboxylic compounds by *Saccharomyces cerevisiae*.

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud A. (2006). *Handbook of enology. Vol.* 1. *The microbiology of wine and vinifications* (2nd ed.). Wiley

Robert, E. W. (2020) The Value of Soil Knowledge in Understanding Wine Terroir.

Rodrigues, D.B., Veríssimo, L., Finimundy, T, Rodrigues, J., Oliveira, I., Gonçalves, J., P. Fernandes, I. P., Barros, L., Sandrina, A. Heleno, S.A. & Calhelha, R. C. (2023). Chemical and Bioactive Screening of Green Polyphenol-Rich Extracts from Chestnut By-Products: An Approach to Guide the Sustainable Production of High-Added Value Ingredients.

Rojo-Bezares, B. Sáenz, Y., Zarazaga, M., Torres, C., & Ruiz-Larea, F. (2007). Antimicrobial activity of misin against Oenococcus oeni and other wine bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 116, 32-36.

Romero, P., & Garcia-Garcia, J. (2020). The productive, economic, and social efficiency of vineyards using combined drought-tolerant rootstocks and efficient

low water volume deficit irrigation techniques under Mediterranean semiarid conditions. *Sustainability*, 12, 1930. https://doi.org/10.3390/su12051930

Rubio-Bretón, P., Garde-Cerdán, T., & Martínez, J. (2018). Use of oak fragments during the aging of red wines. Effect on the phenolic, aromatic, and sensory composition of wines as a function of the contact time with the wood. *Beverages*, 4(4), 102. https://doi.org/10.3390/beverages4040102

Ruiz-Moreno, M. J., Raposo, R., Moreno-Rojas, J. M., Zafrilla, P., Cayuela, J. M., Mulero, J., Puertas, B., Guerrero, R. F., Piñeiro, Z., Giron, F., & Cantos-Villar, E. (2015). Efficacy of olive oil mill extract in replacing sulfur dioxide in wine model. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 61, 117-123.

Santos, C. (2015). "Como armazenar vinho para que dure mais tempo?,". Acedido em 23 de Março de 2019, https://observador.pt/2015/04/23/armazenar-vinho-dure-tempo/.

Santos, J. A., Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.-T., Correia, C., Moriondo, M., Leolini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M., & Schultz, H. R. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Sciences, 10*(9), 3092. https://doi.org/10.3390/app10093092

Schmitt, M., & Christmann, M. (2019). Alcohol reduction by physical methods. In A. Morata, & I. Loira (Eds.), *Advances in grape and wine biotechnology* (pp. 251-267). London: IntechOpen.

Schultz, H. R., & Jones, G. V. (2010). Climate induced historic and future changes in viticulture. *Journal of Wine Research*, *21*(2), 137-145.

Silva, M. A., Julien, M., Jourdes, M., & Teissedre, P.-L. (2011). Impact of closures on wine post-bottling development: A review. *European Food Research and Technology, 233*, 905-914.

Silva, V., Falco, V., Dias, M.I., Barros, L., Silva, A., Capita, R., Alonso-Calleja, C., Amaral, J.S., Igrejas, G., Ferreira, I.C.F.R. & Poet,a P. (2020). Evaluation of the Phenolic Profile of *Castanea sativa* Mill. By-Products and Their Antioxidant and Antimicrobial Activity against Multiresistant Bacteria.

Simonneau, T., Lebon, E., Coupel-Ledru, A., Marguerit, E., Rossdeutsch, L., & Ollat, N. (2017). Adapting plant material to face water stress in vineyards: Which physiological targets for an optimal control of plant water status? *OENO One*, 51(2), 167-179. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1870

Suciu, N., Farolfi, C., Marsala, R.Z., Russo, E., De Crema, M., Peroncini, E., Tomei, F., Antolini, G., Marcaccio, M., Marletto, V., Colla, R., Gallo, A., & Capri, E. (2020). Evaluation of groundwater contamination sources by plant protection products in hilly vineyards of Northern Italy.

Sudraud, P. (1963). *Etude expérimentale de la vinification en rouge*. Thèse de Docteur-Ingénieur, Faculté des Sciences de Bordeaux.

Tortosa, I., Douthe, C., Pou, A., Balda, P., Hernandez-Montes, E., Toro, G., Escalona, J. M., & Medrano, H. (2019). Variability in water use efficiency of grapevine tempranillo clones and stability over years at field conditions. *Agronomy*, 9(11), 701.

Van Leeuwen, C., Roby, J.-P. & de Rességuier, L. (2016). Understanding and managing wine production from different terroirs, In G. V. Jones, and N. Doran (Eds.), *Proceedings of the 11th International Terroir Congress (*pp 388–393), Ashland, OR: Southern Oregon University.

Waterhouse, A. L., Frost, S., Ugliano, M., Cantu, A. R., Currie, B. L., Anderson, M., Chassy, A. W., Vidal, S., Diéval, J., Aagaard, O., & Heymann, H. (2016). Sulfur Dioxide – Oxygen Consumption Ratio Reveals Differences in Bottled Wine Oxidation.

Wei, L., Cheng, J., Li, L., Mei, J., & Wu J. (2012). Effects of SO4 and Beta rootstocks on the growth and berry quality of Yinhong grapevine. *Sino-Overseas Grapevine Wine*, 183, 23–25.

Werner M., & Rauhut D. (2009). Influence of nutrients on the production of SO_2–binding compounds by yeasts In: Trioli G, Hofmann U (eds) *ORWINE code of good organic viticulture and wine-making*. Cesky Tesín, CZ. Funded by the European Commission under the Sixth Framework Pro- gramme for European Research & Technological Development (2002–2006)

WICA - Wine Innovation Collaboration Alliance (n.d.). 15 practical solutions to reduce the use of additives in winemaking. Acedido em 28 de Agosto de 2024,

https://www.infowine.com/en/15-practical-solutions-to-reduce-the-use-of-additives-in-winemaking/

Zoecklein, B.W., Fugelsang, K.C. Gump, B.H., & Nury, F.S. (1995). Chapter 20. Laboratory Procedures: Ethanol: Gas Chromatographic Analysis. In *Wine Analysis and Production* (pp. 407-409). New York, NY: Chapman and Hall.

Zhang, D., Wei, Z., Han, Y., Duan, Y., Shi, B., & Ma, W. (2023). A Review on Wine Flavour Profiles Altered by Bottle Aging. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10534415/

Zhu L.; Chen, Y.; Hu, X.; Li, X.; Zhan, C., & Lyu, S. (2022). Research Progress of Organic Acids in Grape. *Sino-Overseas Grapevine Wine*, 246, 88–95.

Anexos

Anexo 1 – Oferta de vinhos Saruga



Figura 30: Rótulos da oferta de vinhos Saruga

O nosso produto consiste em quatro tipos de vinho DOP (Denominação de Origem Protegida) da região do Alentejo. A empresa Saruga aposta num produto que represente o Alentejo, que traga reconhecimento local, como tal, estes são vinhos tipicamente alentejanos.

Uma vez que o nosso produto são vinhos DOP, para a elaboração destes mesmos, optamos pelas seguintes abordagens, com os seguintes objetivos:

- “O Brasileiro” Vinho Tinto de Vinhas Velhas DOP: Predominância de Trincadeira, Aragonez, Touriga Nacional e outras com leve envelhecimento com aparas de madeira. Vinho com notas de frutos vermelhos maduros e um final longo e elegante. teor alcoólico de 13,5% Vol.

- “Barrasquinho” Vinho Tinto DOP: Castas Aragonez e Touriga Nacional, com fermentação em cuba de inox e estágio em garrafa, o resultado é um vinho equilibrado e muito fácil de beber, com teor alcoólico de 12,5% Vol.

- “Dona Adélia” Vinho Rosé DOP: Castas Aragonez e Touriga Nacional, com fermentação em cuba de inox e estágio em garrafa, o resultado é um vinho equilibrado e muito fácil de beber, com teor alcoólico de 12,5% Vol.

- “Mestre Fanica” Vinho Branco DOP: Vinho de lote, aproveitando as diversas castas existentes. Notas de mel e frutos secos com teor alcoólico de 12,5% Vol.

A distribuição da empresa, inicialmente, encontra-se em função do modelo de crescimento assente na relação com consumidores locais e clientes conhecidos, com uma estratégia de longo prazo para venda a mercados internacionais.

Sendo o enoturismo uma grande aposta, pretendemos possuir não só uma loja online como uma loja física onde o cliente poderá efetuar as compras diretas ao produtor, com o objetivo de estabelecer um contacto de proximidade com o consumidor.

Com o aumento do turismo, a procura e a valorização por produtos locais e regionais é cada vez maior, como tal, pretendemos tambem uma distribuição dos nossos produtos em estabelecimentos de restauração e hotelaria da região, assim como em lojas locais.

Um dos principais elementos de sucesso da empresa é a comunicação.

A empresa, uma vez que se encontra numa fase inicial do ciclo de vida do produto, tem por base uma aposta no comercio local, no “passa palavra”.

Sendo venda *online*, através de um *website*, uma das formas de venda dos nossos produtos existe uma aposta na comunicação através de redes sociais, como o Facebook, Instagram e Tiktok.

De forma a aumentar a proximidade com os nossos cientes e promover os nossos produtos, temos como objetivo realizar atividades como provas de vinho, jantares à base de produtos locais e regionais, visitas à vinha, entre outras.

Uma boa comunicação permite que o consumidor conheça o nosso negócio, confie na nossa marca e consuma os nossos produtos.