



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA ROLHA DE CORTIÇA E DO VINHO DE
GARRAFAS DEITADAS IMEDIATAMENTE E 48H APÓS O ENCHIMENTO

por

Eduarda Carvalho Oliveira

Junho, 2023



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA ROLHA DE CORTIÇA E DO VINHO DE GARRAFAS DEITADAS IMEDIATAMENTE E 48H APÓS O ENCHIMENTO

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica
Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Alimentar

por

Eduarda Carvalho Oliveira

Orientadora (Empresa): Eng.^a Cláudia Santos

Tutores (Universidade): Doutor José António Couto; Doutora M^a de Fátima Poças

Junho, 2023

Resumo

O departamento de Qualidade de Materiais e Produto Acabado desempenha um papel fundamental na garantia da excelência da apresentação dos produtos produzidos pela Symington Family Estates. Durante o estágio curricular foi possível participar ativamente em algumas atividades, como o controlo de material necessário ao engarrafamento e o controlo do enchimento durante a produção. Para além disso, foi possível presenciar a aplicabilidade da metodologia Kaizen diariamente e a necessidade da melhoria contínua.

Relacionado com a produção, mas ainda com foco em assegurar a qualidade dos produtos, os vinhos arrolhados com rolha de cortiça natural são mantidos verticalmente durante 48 horas para garantir a estanquicidade da garrafa. Só após este tempo é que as garrafas são deitadas, o que afeta a produtividade da produção. Por este motivo, foi estudado o impacto de deitar garrafas arrolhadas com rolha de cortiça natural imediatamente após o enchimento, ou seja, cerca de 5 minutos depois.

Os resultados obtidos revelaram não haver diferenças significativas entre as garrafas deitadas imediatamente após o enchimento e as deitadas após 48 horas, uma vez que todas as amostras apresentaram comportamentos similares para a performance da rolha, para a evolução química e características sensoriais do vinho, ao longo dos 22 meses de análise.

No entanto, são necessários mais estudos para que possam ser explorados todos os cenários em que este método é utilizado, utilizando tempos menores para a recuperação da rolha e utilizando outros tipos de vedante.

Em conclusão, ao fim de 22 meses, não foram encontradas evidências suficientes que indiquem que deitar as garrafas após 5 minutos do enchimento tem consequências negativas na performance da rolha ou na qualidade do vinho.

Palavras-chave: rolha de cortiça natural; tempo de recuperação dimensional da rolha; evolução do vinho; produtividade da produção.

Abstract

The Materials and Finished Product Quality department plays a crucial role in ensuring the quality of the products produced by Symington Family Estates. During the internship, it was possible to actively participate in various activities, including the control of materials required for bottling and monitoring the filling process during production. Additionally, it was observed daily exposure to the practical application of the Kaizen methodology and the necessity of continuous improvement.

In relation to production, but with a focus on ensuring product quality, wines sealed with natural cork stoppers are kept vertically for 48 hours before being laid horizontally to avoid leakage. This method affects production productivity. Therefore, a study was conducted to assess the impact of laying bottles sealed with natural cork stoppers immediately after filling, approximately 5 minutes later.

The results obtained revealed no significant differences between the bottles laid immediately after bottling and those laid after 48 hours, as all samples exhibited similar behaviors in terms of cork performance, chemical evolution, and sensory characteristics of the wine throughout the 22-month analysis. However, further studies are necessary to explore all scenarios in which this method is applied, including the use of shorter recovery times for the cork and evaluating the use of different stoppers.

In conclusion, after 22 months, there is insufficient evidence to suggest that laying the bottles immediately after 5 minutes of filling has negative consequences on cork performance or wine quality.

Keywords: cork stopper; stopper recovery time; wine aging; production productivity.

Agradecimentos

À Eng. Cláudia Santos, agradeço a oportunidade de estagiar numa empresa de renome como a Symington Family Estates. Acreditar em mim e no meu trabalho foi o primeiro passo para que eu pudesse crescer e aprender tanto durante este estágio.

O meu mais sincero agradecimento ao Prof. José António Couto pela orientação e à Prof. Fátima Poças por todo o tempo e ajuda que não poderia ter sido mais fundamental para a realização deste trabalho e, por isso, não poderia estar mais grata. Também à Prof. Teresa Brandão pelo tempo e auxílio dispensados.

À Amorim Cork e, em especial, ao João Vasco Almeida e ao Paulo Lopes, quero deixar registado o meu agradecimento pela disponibilidade e cooperação em todas as fases deste projeto.

Ao Sr. Aníbal, à Susana, ao João, ao Rui e ao Zé Manel, que me ensinaram tanto e me acolheram com tanto carinho, o meu mais sincero obrigado. Fizeram-me sentir parte de uma grande família e jamais esquecerei tudo o que me ensinaram e os momentos que vivenciámos.

À Rita que, para além de uma grande mentora, revelou-se uma grande amiga, quero dedicar uma palavra especial de agradecimento. És um exemplo de dedicação e profissionalismo, e estou muito grata por ter tido a oportunidade de trabalhar contigo.

Ao Manel, à Cecília e, em especial, à Sara, quero agradecer pela boa amizade que surgiu a partir de uma boa dupla de trabalho.

A todo o pessoal do engarrafamento, agradeço por se mostrarem sempre disponíveis e dispostos a ajudar em tudo o que fosse necessário.

Ao Rui Barata, à Diná e à equipa do laboratório de vinhos, ao Pedro Correia, ao Manuel Rocha e ao Nuno Moreira, obrigada por toda a cooperação, imprescindível à obtenção de bons resultados.

Aos meus amigos, estou profundamente grata pelo apoio e pelos momentos de descontração, também necessários, que me proporcionaram durante este período.

Quero dedicar o mais profundo agradecimento à minha família, que sempre me ensinou o valor do trabalho e do esforço. São a minha inspiração e sem o vosso apoio jamais teria chegado até aqui.

Por fim, o maior agradecimento aos meus pais que sempre investiram na minha educação e confiaram nas minhas decisões. São o meu exemplo de amor incondicional, dedicação e perseverança, e sou eternamente grata por tudo o que fizeram e ainda fazem por mim.

Índice

Resumo.....	iii
Abstract	v
Agradecimentos.....	vii
Lista de abreviaturas e símbolos	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. <i>Symington Family Estates</i>	1
1.2. <i>Departamento da qualidade de materiais e produto acabado (QMPA)</i>	1
1.2.1. Controlo do material de embalagem	2
1.2.2. Controlo do enchimento durante a produção	3
1.2.3. Controlo do produto acabado	3
1.2.4. Outras atividades	4
1.2.4.1. Estudo da apresentação do produto em supermercados e garrafeiras	4
1.2.4.2. Atividades desenvolvidas no âmbito Kaizen.....	4
1.3. <i>Avaliação e comparação do impacto na rolha de cortiça e no vinho de garrafas deitadas imediatamente e 48h após enchimento</i>	5
1.3.1. A cortiça	5
1.3.2. A cortiça como vedante.....	5
1.3.3. O arrolhamento e o comportamento de compressão da cortiça	6
1.3.4. O envelhecimento do vinho.....	8
1.3.4.1. A vedação da garrafa	8
1.3.4.2. Contacto do O ₂ com o vinho durante o armazenamento	9
1.3.4.3. O papel do SO ₂ na conservação do vinho.....	11
1.3.4.4. A evolução da cor do vinho.....	11
1.3.4.5. A influência das condições de armazenamento	12
1.3.5. Extração da rolha.....	13
1.3.6. Contextualização e objetivo do trabalho	13
2. Materiais e Métodos	16
2.1. <i>Controlo do material de embalagem</i>	16
2.2. <i>Controlo do enchimento durante a produção</i>	20
2.3. <i>Controlo do produto acabado</i>	21
2.4. <i>Estudo da apresentação do produto em supermercados e garrafeiras</i>	22

2.5. <i>Atividades desenvolvidas no âmbito Kaizen</i>	22
2.6. <i>Avaliação e comparação do impacto na rolha de cortiça e no vinho de garrafas deitadas imediatamente e 48h após enchimento</i>	23
2.6.1. Vinho	23
2.6.2. Engarrafamento	23
2.6.3. Armazenamento	25
2.6.4. Amostragem	25
2.6.5. Ensaio físico-mecânico à rolha	26
2.6.6. Ensaio ao vinho.....	26
2.6.7. Análise sensorial ao vinho.....	27
2.6.8. Contabilização do tempo que uma garrafa demora desde a rolhadora até ao local de mobilização para contentores e encaixotamento manual	28
3. Resultados e Discussão	29
3.1. <i>Controlo do material de embalagem</i>	29
3.2. <i>Controlo do enchimento durante a produção</i>	29
3.3. <i>Controlo do produto acabado</i>	30
3.4. <i>Estudo da apresentação do produto em supermercados e garrafeiras</i>	30
3.5. <i>Atividades desenvolvidas no âmbito Kaizen</i>	30
3.6. <i>Avaliação e comparação do impacto na rolha de cortiça e no vinho de garrafas deitadas imediatamente e 48h após enchimento</i>	31
3.6.1. Análise da performance da rolha de cortiça	32
3.6.2. Evolução química do vinho.....	36
3.6.3. Interação entre a performance da rolha e a evolução química do vinho	41
3.6.4. Análise sensorial	45
3.6.5. Viabilidade da alteração do método de produção da SFE.....	46
4. Conclusão	49
5. Trabalho futuro	50
6. Apêndices	51
<i>Apêndice I – Dados relativos aos ensaios realizados à rolha e ao vinho aos 0, 14 e 22 meses</i>	51
<i>Apêndice II – Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 14 meses</i>	61
<i>Apêndice III – Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 22 meses</i>	62
<i>Apêndice IV – Gráfico tempo vs velocidade da linha, para a L20</i>	63

7. Anexos	64
<i>Anexo I – Perfil interno do gargalo.....</i>	<i>64</i>
<i>Anexo II – Caracterização das rolhas de cortiça.....</i>	<i>66</i>
<i>Anexo III – Controlo do enchimento da OP5' e da OP48h.....</i>	<i>68</i>
<i>Anexo IV – Análise química ao vinho realizada antes do enchimento.....</i>	<i>69</i>
<i>Anexo V – Ficha de prova utilizada para análise sensorial.....</i>	<i>70</i>
Bibliografia.....	71

Lista de abreviaturas e símbolos

A_{420} – absorvância medida a 420 nm

A_{520} – absorvância medida a 520 nm

A_{620} – absorvância medida a 620 nm

b_{rot} – largura do rótulo (cm)

$d_{g_{0^\circ}}$ – diâmetro do gargalo da garrafa a 0° (mm)

$d_{g_{90^\circ}}$ – diâmetro do gargalo da garrafa a 90° (mm)

$d_{g_{l_0}}$ – diâmetro do gargalo determinado a 2 mm do topo do gargalo (mm)

$d_{g_{l_1}}$ – diâmetro do gargalo a determinada distância do topo (mm)

$d_{r_{0^\circ}}$ – diâmetro da rolha a 0° (mm)

$d_{r_{1h}}$ – diâmetro médio da rolha 1h após extração (mm)

$d_{r_{90^\circ}}$ – diâmetro da rolha a 90° (mm)

d_r – diâmetro inicial médio da rolha (mm)

h_{rot} – altura do rótulo (cm)

l_r – comprimento da rolha (mm)

m_{g_1} – massa da garrafa vazia (g)

m_{g_2} – massa da garrafa após enchimento (g)

m_{r_1} – massa inicial da rolha (g)

m_{r_2} – massa da rolha após extração (g)

m_{rot} – massa do rótulo (g)

$\rho_{corrigida}$ – massa volúmica corrigida do vinho (g/cm^3)

5S – Seiri (triagem); Seiton (arrumação); Seiso (limpeza); Seiketsu (normalização); Shitsuke (disciplina)

BRC – British Retail Consortium

KPI – Key Performance Indicator

L20 – linha de enchimento n° 20

L23 – linha de enchimento n° 23

L27 – linha de enchimento n° 27

OP – ordem de produção

OP48h – referente às garrafas deitadas 48 horas após o engarrafamento

OP5' – referente às garrafas deitadas imediatamente após o engarrafamento

SFE - Symington Family Estates

V – volume (ml)

1. Introdução

1.1. Symington Family Estates

A Symington Family Estates (SFE) é uma empresa familiar, de origem britânica e portuguesa. Sempre prezando a qualidade dos vinhos produzidos, a Symington é proprietária da Graham's, Cockburn's, Dow's e Warre's, ilustres casas de vinho do Porto com muita história. Produz também vinhos do Douro reconhecidos nas marcas Quinta do Vesúvio, Quinta do Ataíde, Altano e Prats & Symington; e, do Alentejo, reconhecidos na marca Quinta da Fonte Souto.

Em Portugal desde o século XIX, a empresa é gerida pela 4ª e 5ª geração da família Symington e a sustentabilidade de todo o negócio é uma prioridade. Esta preocupação levou a que a empresa se tornasse numa B Corporation, o que reforça o seu compromisso em melhorar continuamente as suas práticas. Para além disso, este é também um compromisso para com o ambiente e as comunidades, muito importante dada a dimensão da empresa, proprietária de 2255 hectares distribuídos por 26 Quintas no Douro, e de uma quinta com 207 hectares no Alentejo. As duas unidades de engarrafamento da empresa – Quinta do Marco e Quinta de Santo António – localizam-se em Vila Nova de Gaia.

A qualidade dos vinhos produzidos pela SFE foi já reconhecida inúmeras vezes, por exemplo, quando o Vintage 2011 da marca Dow's foi classificado em 1º lugar, em 2014, pela Wine Spectator, e o Chryseia Douro 2011 classificado em 3º lugar na mesma lista.

1.2. Departamento da qualidade de materiais e produto acabado (QMPA)

A garantia da excelência dos produtos produzidos pela SFE é uma prioridade e, por esse motivo, a equipa do departamento da Qualidade de Materiais e Produto Acabado (QMPA) tem como objetivo certificar que os produtos que saem da empresa estão conformes. Para isso, tem três funções primárias: controlo dos materiais necessários ao engarrafamento; controlo do enchimento durante a produção; e controlo do produto acabado. Durante o período de estágio foi permitido participar nos dois primeiros controlos de forma ativa e acompanhar o último.

1.2.1. Controlo do material de embalagem

O controlo do material de embalagem consiste na receção e avaliação de todos os materiais necessários ao engarrafamento, ou seja, tem como objetivo garantir que todos os materiais estão conformes as especificações técnicas e são capazes de cumprir eficazmente a sua função.

A principal embalagem primária utilizada pela empresa é a garrafa de vidro e, estando esta em contacto direto com o produto, é muito importante que não contenha defeitos que possam colocar a sua integridade em risco e representar, assim, um perigo para o consumidor. Para além disso, é também necessário que o perfil interno do gargalo esteja conforme, uma vez que pode ter um impacto significativo na vedação da garrafa.

O vedante, como o nome indica, tem como principal função vedar a garrafa e, dependendo do produto, pode consistir em rolha de embutir de cortiça natural ou microgranulada; bartop de cortiça natural ou colmatada, ou bartop sintético; e ainda cápsula screw cap. Por norma, a rolha de embutir é utilizada nos vinhos de mesa e vinhos do Porto que envelhecem em garrafa, o bartop nos vinhos do Porto e aguardente, e a cápsula screw cap no brandy.

Para proteger a rolha é utilizada uma cápsula que pode também ter uma função estética e ser produzida em diferentes materiais. Apesar da grande maioria dos vinhos utilizar cápsula de alumínio, as cápsulas de estanho estão reservadas a vinhos de qualidade premium e as cápsulas de plástico PET, na maioria dos casos, são utilizadas em vinhos destinados a estagiar em garrafeira, apenas durante o período de envelhecimento para proteção da rolha.

É através da imagem do produto que o consumidor percebe o seu valor e, por isso, o rótulo tem uma função estética muito importante. Para além disso, identifica o produto e contém informação sobre o mesmo que pode condicionar a decisão do consumidor no ato de compra.

Para o transporte das garrafas, e como embalagem secundária, são utilizadas caixas de cartão, com exceção de alguns produtos onde são utilizadas caixas de madeira ou tubos. Nestes casos, a caixa de cartão é utilizada como embalagem terciária.

Na Figura 1.1 está representado um vinho do Porto Grahams's 20 anos. Este produto é vedado com bartop de cortiça colmatada e cápsula de estanho. O rótulo/contra-rótulo refletem a elegância do perfil sensorial do vinho e contém todas as informações legalmente requeridas, que dependem do país a que o produto se destina. Este produto é vendido dentro de um tubo, também representado na imagem.



Figura 1.1 Imagem alusiva a um vinho do Porto Graham's 20 anos, no formato à venda no mercado.

1.2.2. Controlo do enchimento durante a produção

O controlo do enchimento tem como principal objetivo garantir que o volume dentro da garrafa corresponde ao valor nominal indicado no rótulo. Para além de ser legalmente requerido, pretende-se garantir que o cliente não é prejudicado, no caso de a quantidade real estar abaixo da quantidade nominal, nem a empresa, no caso de estar acima, uma vez que pode levar a elevadas perdas financeiras.

O desafio, neste caso, está em harmonizar diversas variáveis: a temperatura do vinho, a tara da garrafa e o nível de enchimento. Como o enchedor é programado pelo nível de enchimento, é importante ter em consideração que, com o aumento da temperatura, o vinho expande. O contrário também acontece com a diminuição da mesma e, por isso, o nível de enchimento, normalmente indicado para 20 °C, pode ter de ser ajustado. Relativamente à tara da garrafa, podem ocorrer variações significativas da mesma, que podem significar diferentes distribuições do vidro e levar, por sua vez, a que o nível de enchimento tenha de ser alterado. É, por isso, essencial ter todas estas variáveis em consideração durante o controlo e realizar ajustes sempre que necessário.

1.2.3. Controlo do produto acabado

O controlo do produto acabado tem como objetivo verificar a qualidade da apresentação do mesmo e, desta forma, antecipar quaisquer anomalias ou desvios face à especificação do produto. Adicionalmente, pretende-se garantir que os materiais afetados às linhas são os corretos e que todas as impressões realizadas durante o enchimento são legíveis.

1.2.4. Outras atividades

Durante o período de estágio, para além das três funções essenciais do QMPA, foi proposta a realização de outras atividades abaixo descritas.

1.2.4.1. Estudo da apresentação do produto em supermercados e garrafeiras

Apesar dos controlos rigorosos efetuados em todas as etapas previamente à expedição dos produtos, estes são realizados por amostragem e, por isso, algumas falhas podem não ser detetadas. Adicionalmente, um mau manuseamento durante a distribuição dos artigos, e ainda na exposição em prateleira, podem conduzir a imperfeições.

Existem defeitos que não colocam a integridade do produto em risco e que necessitam de um olhar atento para serem detetados e, em princípio, não condicionam a escolha do consumidor. Cápsula enrugada, rótulo descentrado, rótulo ligeiramente descolado e sujidade no rótulo/tubo, são exemplos deste tipo de defeitos. Contrariamente, há defeitos que podem colocar a integridade do produto em risco, ou são evidentes, e podem condicionar a escolha do consumidor, por exemplo, rótulos muito sujos, por exemplo com vinho, e cápsulas muito danificadas.

Desta forma, este estudo pretendeu averiguar a conformidade do produto acabado em supermercados e garrafeiras. Face às conclusões são desenvolvidas ações corretivas e de melhoria tanto no processo como no desenvolvimento de novos produtos.

1.2.4.2. Atividades desenvolvidas no âmbito Kaizen

Kaizen deriva das palavras “Kai”, que significa mudar, e “Zen”, que significa melhor. Esta abordagem tem como objetivo a melhoria contínua e é já aplicada diariamente em vários departamentos da empresa, inclusivamente no departamento QMPA. Exemplos da aplicação desta metodologia no departamento é existir um espaço identificado para cada coisa; a exibição de um quadro Kaizen com informação diversa e KPI organizados em gráficos e tabelas; a realização de uma auditoria 5S aos espaços de trabalho e a verificação da limpeza das unidades de engarrafamento, ambas realizadas mensalmente.

1.3. Avaliação e comparação do impacto na rolha de cortiça e no vinho de garrafas deitadas imediatamente e 48h após enchimento

1.3.1. A cortiça

A cortiça é obtida a partir do descortiçamento do tronco e ramos do sobreiro (*Quercus suber* L.). Este é um material celular de células fechadas (não existindo comunicação entre as mesmas), que contêm ar, sendo que a fração de sólido constitui apenas 15% do seu volume. Estas estão organizadas numa estrutura tridimensional onde podem ser distinguidas três direções (Figura 1.2): radial – segundo o raio do tronco; axial – segundo o eixo do tronco; e tangencial – tangente à superfície do tronco (Fortes et al., 2004).

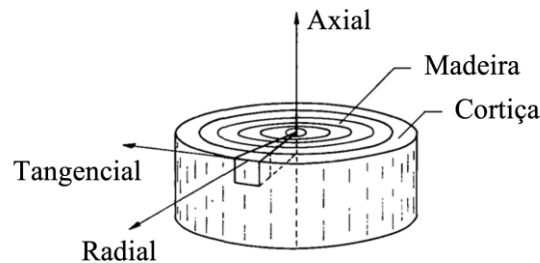


Figura 1.2 Imagem ilustrativa das diferentes direções da cortiça. Adaptado de Fortes (1993).

Para além da sua estrutura, também a composição química confere à cortiça as suas particularidades. A suberina, presente nas paredes das células, é responsável pelas propriedades mecânicas da cortiça e pela sua impermeabilidade, e está associada à lenhina, que garante o suporte de outros componentes estruturais na parede celular (Fortes et al., 2004).

1.3.2. A cortiça como vedante

Um dos produtos da cortiça é a rolha de cortiça natural e é normalmente associada pelo consumidor a vinhos de qualidade superior (Oliveira & Pereira, 2020). No entanto, estas rolhas podem ser diferenciadas com base na sua qualidade, sendo que a classificação é realizada visualmente, tendo como base a porosidade do material e a possível presença de defeitos. Apesar de normalmente ser realizada por operadores experientes, a classificação é subjetiva (Fortes et al., 2004).

Dois defeitos da cortiça que podem afetar a vedação e criar complicações durante o engarrafamento são as zonas de verde e o prego, respetivamente. As primeiras correspondem a zonas com elevado teor de humidade, circundadas por zonas com teor de humidade regular que, durante o processamento da cortiça, sofrem uma redução significativa do seu volume, o que implica alterações na estrutura celular; enquanto o segundo, consiste na inclusão de células com uma densidade e dureza muito superiores à da cortiça. Existem também defeitos que podem inviabilizar totalmente as rolhas. Por exemplo, o ano-seco, que consiste numa descontinuidade nos anéis de crescimento que pode ser causado por exposição do sobreiro a stress hídrico; as galerias formadas por insetos; e, ainda, o marmoreado e a mancha-amarela que podem ser fontes de contaminação e são ambos provocados por um fungo (Fortes et al., 2004).

Ainda assim, a cortiça é utilizada desde há milhares de anos, inicialmente na vedação de ânforas e, posteriormente, de garrafas, e demonstrou ser um material ideal pela combinação de características muito próprias que possui (Gil, 2014; Oliveira & Pereira, 2020). Tem uma elevada compressibilidade, flexibilidade e elasticidade, que permitem a deformação da rolha sem quebrar, mas também uma baixa permeabilidade a líquidos e gases, é quimicamente estável e apresenta uma elevada durabilidade (Oliveira & Pereira, 2020; Pereira, 2015).

Para além da influência das condições de armazenamento na evolução do vinho em garrafa, e sendo o vidro um material inerte, também estas propriedades da rolha de cortiça podem ser determinantes para o seu envelhecimento (Furtado et al., 2021). Adicionalmente, durante este tempo, que pode durar anos ou até décadas, é esperado que o vinho atinja o seu potencial máximo, o que reforça a importância do papel e desempenho da rolha na evolução do mesmo (Karbowski et al., 2019). É, por isso, necessário garantir uma vedação adequada desde o momento em que a rolha é inserida na garrafa.

1.3.3. O arrolhamento e o comportamento de compressão da cortiça

O arrolhamento consiste no processo de inserção da rolha na garrafa durante o engarrafamento. Dada a maior dimensão da rolha em relação ao diâmetro interno do gargalo, é necessário que ocorra a compressão da mesma previamente à sua inserção, o que implica algumas transformações dimensionais do vedante (Oliveira & Pereira, 2020). O comportamento da cortiça, durante este processo, pode ser explicado pela sua curva de compressão, que relaciona a tensão aplicada sobre o material e a deformação a que é sujeito (Figura 1.3).

A curva pode ser dividida em três regiões diferentes, que podem ser distinguidas pelo tipo de deformação que representam. A primeira é provocada por pequenas tensões que causam a flexão das paredes das células. Esta deformação é elástica, ou seja, é reversível, mas apenas até uma deformação de cerca de 7%. A partir deste ponto, as células começam a colapsar e, graficamente, é possível observar uma diminuição do declive da curva. Esta zona denomina-se “patamar” e corresponde à segunda região da curva. Quando a deformação atinge os 70%, ocorre o esmagamento das células, ou seja, as paredes celulares entram em contacto, o que assinala o início da terceira região. Graficamente, corresponde a um aumento acentuado do declive (Anjos et al., 2008; Gibson et al., 1981; Rosa & Fortes, 1988).

Inicialmente, durante o arrolhamento, a rolha é comprimida até ao diâmetro das maxilas do rolhador, o que corresponde, normalmente, a uma deformação até 33% (Sánchez-González & Pérez-Terrazas, 2018). É, depois, inserida na garrafa, há um relaxamento do material associado ao desdobramento das células colapsadas (Rosa & Fortes, 1988), e o seu diâmetro iguala o diâmetro do gargalo, que pode traduzir-se numa deformação de cerca de 23% (Sánchez-González & Pérez-Terrazas, 2018).

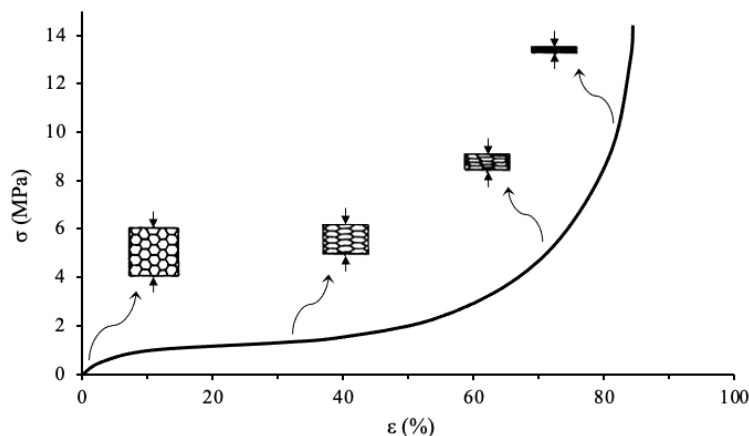


Figura 1.3 Curva de compressão da cortiça e representação esquemática das células, quando submetidas a diferentes níveis de deformação. Adaptado de Gibson et al., (1981).

Apesar destas deformações se encontrarem na segunda região da curva, ou seja, no “patamar”, as consequências para a rolha não são independentes do valor da deformação, uma vez que correspondem a níveis de colapso diferentes (Pereira, 2015). É, por isso, recomendado, que não ocorra uma deformação superior a 33% sobre a rolha, uma vez que pode comprometer a sua

elasticidade, recuperação dimensional e força exercida no vidro e, desta forma, comprometer a vedação (Oliveira & Pereira, 2020; Sánchez-González et al., 2020).

Adicionalmente, um aspeto muito importante a considerar na indústria é a performance de diferentes classes de rolha, uma vez que material de melhor qualidade está associado a um maior custo. Apesar disso, Anjos et al. (2008) concluíram não haver diferenças significativas no comportamento de compressão de cortiça de diferentes qualidades (1ª e 4ª classe), quando submetidas a deformações comumente utilizadas no arrolhamento.

1.3.4. O envelhecimento do vinho

Como mencionado anteriormente, o vinho pode evoluir e atingir o seu clímax anos depois de ser engarrafado (Karbowski et al., 2019). Durante este tempo, o vinho envelhece e os seus aromas mais frescos e frutados são substituídos por aromas característicos deste processo (Jackson, 2020).

Este acontecimento está, por norma, associado a vinhos premium e, para além de despertar a curiosidade do consumidor, revela-se uma experiência, pois permite que este participe ativamente no processo de envelhecimento quer através das condições de armazenamento, quer através da duração do mesmo (Jackson, 2020).

1.3.4.1. A vedação da garrafa

A principal função da rolha é garantir a estanquicidade da garrafa (Rosa et al., 1970) e, para isso, é necessário que as paredes das células da cortiça estabeleçam um bom contacto com o gargalo durante a recuperação dimensional da rolha dentro da garrafa. Como a dimensão do gargalo é inferior à da rolha, esta não consegue recuperar totalmente e exerce uma força sobre o vidro, promovendo a vedação (Fortes et al., 2004; Sánchez-González & Pérez-Terrazas, 2018).

Esta força aumenta ligeiramente nos primeiros 10 minutos e mantém-se praticamente constante durante as 24 horas que seguem o engarrafamento. Um fator que a pode influenciar é a densidade da rolha, sendo que uma maior densidade está associada a uma maior força exercida sobre o gargalo (Sánchez-González & Pérez-Terrazas, 2018).

Para as empresas é essencial garantir que a recuperação da rolha é suficiente para assegurar a vedação da garrafa. Segundo a norma ISO 9727-4:2007 a recuperação dimensional após 5 minutos deve ser superior a 90% e, segundo Chatonnet e Labadie (2003) no estudo de Sánchez-González e Pérez-Terrazas (2018), após 3 minutos a rolha deve recuperar pelo menos 9%. Ainda nesta

investigação, após uma redução de 33% do diâmetro, foi observada uma recuperação dimensional de 92% imediatamente após a compressão, 96% após 15 minutos, de 97% após 1 hora e 98% após 24 horas, em rolhas de cortiça natural de diferentes qualidades. Num outro estudo, Sánchez-González et al. (2020) observaram uma recuperação de 96% do diâmetro após 24 horas, após uma compressão de 33%.

Ainda que se estabeleça um bom contacto entre as superfícies, é possível que ocorra progressão de vinho através da interface se as paredes das células na base da rolha em contacto com o vinho não estiverem em contacto com o vidro. O mesmo pode acontecer se a conicidade do gargalo for elevada (Fortes et al., 2004).

Complementarmente à progressão na interface rolha-gargalo, e consequente absorção de vinho, pode ainda ocorrer difusão do líquido através da rolha. Este mecanismo ocorre nas paredes das células e acontece em resultado do gradiente de concentração que se cria entre os dois topos da rolha (Fortes et al., 2004), o que explica o decrescente teor de humidade (com origem na base da rolha), observado em garrafas à venda no supermercado por Pereira (2007).

No estudo de González-Adrados et al. (2008b), foi observado um aumento da progressão de vinho na interface e da absorção com o tempo. É ainda de notar que a velocidade de progressão de vinho pela interface depende maioritariamente da compressão/grau de aperto da rolha e da sobrepressão do vinho; enquanto a temperatura influencia a velocidade de progressão através da rolha (Fortes et al., 2004).

O tratamento de superfície da rolha é capaz de mitigar tanto a absorção, como a progressão capilar (González-Adrados et al., 2008b).

1.3.4.2. Contacto do O₂ com o vinho durante o armazenamento

A presença moderada de oxigénio pode ser fundamental para uma boa evolução do vinho durante o estágio em garrafa. Este contacto induz algumas reações químicas complexas que podem ter como resultado a formação de novos compostos aromáticos, estabilização da cor do vinho e, até, reduzir a sua adstringência (Strobl, 2018).

Após a vinificação, o vinho entra em contacto com o oxigénio durante o processo de engarrafamento. Durante o enchimento, existe contacto do vinho com o ar, que pode resultar em elevadas concentrações de oxigénio dissolvido no vinho. Para além disso, o ar presente na garrafa, reduzido depois ao headspace, é também uma fonte de contacto com este gás (Dimkou et al., 2011).

Não obstante, é possível controlar os níveis de oxigénio presente neste espaço, por exemplo, aspirando todo o ar da garrafa (criando vácuo) e injetando um gás inerte e, posteriormente, proceder ao enchimento com vinho. Seguidamente, durante o arrolhamento, pode ser injetado, novamente, um gás inerte, ou pode ser criado vácuo previamente à inserção da rolha (Strobl, 2018).

Ainda que se adotem estas medidas, não é possível impedir totalmente o contacto entre o vinho e o oxigénio durante o armazenamento. Lopes et al. (2005, 2007) observaram um elevado ingresso de oxigénio durante o primeiro mês de armazenamento e uma tendência a estabilizar nos meses seguintes. Este acontecimento pode ser explicado por, numa primeira fase, o vinho estar exposto ao oxigénio proveniente do interior das células da cortiça e libertado aquando da compressão da rolha durante o arrolhamento e, numa segunda fase, o oxigénio que ingressa na garrafa provir da atmosfera (Lopes et al., 2007).

Relativamente ao último caso, o oxigénio atmosférico pode entrar na garrafa através da rolha, por difusão, ou através da interface cortiça-vidro. O papel destas vias foi estudado por Lopes et al. (2007), Lagorce-Tachon et al. (2016) e por Karbowiak et al. (2019), apesar das suas conclusões não terem sido unânimes.

No primeiro estudo mencionado, foi demonstrado que a interface cortiça-vidro não tem um papel fundamental no ingresso de oxigénio, enquanto os dois últimos estudos demonstraram o oposto, ou seja, que a interface é a via preferencial de passagem de oxigénio. Um fator que pode ter influenciado esta discrepância nos resultados é as condições experimentais. Por exemplo, o tratamento de superfície da rolha (normalmente à base de parafina e/ou silicone), para além de lubrificar e facilitar a sua inserção e extração da garrafa, atua como uma barreira ao ingresso de oxigénio através da interface cortiça-vidro (Chanut et al., 2021). No estudo de Lopes et al. (2007) as rolhas utilizadas foram previamente revestidas, ao contrário do estudo de Lagorce-Tachon et al. (2016) onde o ensaio foi, também, realizado com as rolhas secas. Já a investigação de Karbowiak et al. (2019) foi realizada utilizando rolhas usadas na vedação de vinhos armazenados há alguns anos, o que pode ter influenciado as propriedades de barreira das rolhas testadas.

Para além disto, também a qualidade da cortiça poderia afetar a transmissão de oxigénio. No entanto, foi observado que, independentemente da classe, nos primeiros dias após o engarrafamento ocorre um ingresso muito elevado de oxigénio até se manter constante. Após um ano, a taxa de ingresso foi verificada como sendo estável (Lopes et al., 2006; Oliveira et al., 2013). Contrariamente, a concentração de oxigénio no vinho diminui ao longo do tempo, tendo sido

observada uma diminuição mais evidente nos primeiros meses de armazenamento, seguido de alterações mais ténues (Dimkou et al., 2011; He et al., 2013; Kojić & Jakobek, 2021).

Foi ainda concluído por Lagorce-Tachon et al. (2016) que a compressão aplicada à rolha durante o arrolhamento não afeta significativamente a difusão de oxigénio através da mesma.

Por fim, um agente externo que pode influenciar a transmissão de oxigénio é a cápsula. Venturi et al. (2017) demonstraram que esta é capaz de proteger o vinho de uma maior deterioração, relacionada com a oxidação.

1.3.4.3. O papel do SO₂ na conservação do vinho

A utilização de dióxido de enxofre (SO₂) é uma prática comum no processo de produção de vinho. Para além de atividade antioxidante, que protege o vinho da oxidação química, tem propriedades antissépticas que inibem o crescimento de microrganismos; tem ação antidiastásica (inibe ou destrói algumas enzimas); e, ainda, protege o aroma do vinho (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

Normalmente é adicionado entre 50 e 200 mg/L de SO₂ (Oliveira et al., 2011) e este pode estar presente em diversas formas que reagem com os produtos da oxidação do vinho (Danilewicz et al., 2008). Aquando da sua quantificação, considera-se SO₂ livre e SO₂ total (Waterhouse et al., 2016).

Tanto a concentração de SO₂ livre como a de SO₂ total tende a diminuir com o tempo de armazenamento, o que coincide com o consumo de oxigénio no mesmo intervalo de tempo (Dimkou et al., 2011; He et al., 2013; Kojić & Jakobek, 2021). Adicionalmente, é de notar uma perda substancial nos primeiros meses de armazenamento, relacionada com o O₂ presente aquando do engarrafamento, o que reforça a importância de controlar os níveis de oxigénio no headspace durante o engarrafamento. Após este período, o consumo de SO₂ está relacionado com a entrada de O₂ através da rolha (Dimkou et al., 2011).

1.3.4.4. A evolução da cor do vinho

A cor é um dos atributos visuais pelo qual o consumidor perceciona a qualidade do vinho, por exemplo, através da sua tonalidade e intensidade (Jackson, 2020). No entanto, esta pode também ser medida objetivamente utilizando um espectrofotómetro e medindo a absorbância a 420 nm (amarelo), 520 nm (vermelho) e 620 nm (azul).

Esta não é uma característica estável e sofre alterações ao longo do tempo de armazenamento. Neste sentido, Kojić & Jakobek (2021) observaram um aumento significativo da intensidade da cor, da tonalidade e de grau de amarelo de vinho tinto com o tempo, e uma diminuição nos tons de vermelho e azul. Já Drinkine et al. (2007) observaram um aumento da tonalidade e de amarelo, uma diminuição da intensidade da cor e de vermelho, e nenhuma alteração relativamente ao azul.

Apesar de nem todos os resultados destes dois estudos terem sido concordantes, o aumento do grau de amarelo com o tempo foi claro. Este acontecimento está, normalmente, relacionado com o grau de oxidação do vinho (Dimkou et al., 2011).

1.3.4.5. A influência das condições de armazenamento

Também as condições ambientais, como temperatura, humidade e exposição à luz, afetam o envelhecimento do vinho em garrafa. Estas, para além de poderem promover a oxidação, podem também ter impacto na permeabilidade da rolha e nas suas propriedades físico-mecânicas (Arapitsas et al., 2014). É, por isso, necessário que haja um controlo das condições ambientais nas instalações de armazenamento.

Os vinhos devem ser armazenados a temperaturas entre os 15 °C e os 20 °C. Desta forma, pretende-se evitar a alteração do perfil aromático, a formação de pigmentos acastanhados, assim como a formação de turbidez. Para além disso, um aumento significativo da temperatura, ou uma rápida oscilação da mesma, pode levar à saída da rolha da garrafa de vidro, pode afetar negativamente a integridade do vedante e, ainda, levar a um aumento da transmissão de O₂. Apesar do controlo da temperatura ser importante para garantir os aromas frutados e frescos e reduzir os efeitos de um envelhecimento prematuro, é necessário ter em consideração que vinhos diferentes podem ter um comportamento distinto, quando expostos à mesma alteração (Scrimgeour et al., 2015).

Um fator que pode originar um aumento da temperatura do vinho é a exposição à luz. Adicionalmente, a luz (ultravioleta ou luz azul) pode levar ao desenvolvimento de alguns sabores e odores secundários, induzidos pela mesma. Embora a composição do vinho tenha influência, a cor da garrafa, a intensidade e a duração da exposição podem ser determinantes. Assim, o vinho deve ser armazenado em locais escuros, sem exposição a luz direta (Jackson, 2020).

Tal como a temperatura e a luz, a humidade é outro fator ambiental que pode afetar o envelhecimento do vinho. Idealmente esta deve rondar os 70%, uma vez que a permeabilidade da cortiça ao oxigénio aumenta com a diminuição deste valor (Arapitsas et al., 2014).

1.3.5. Extração da rolha

Apesar da necessidade em estabelecer um bom contacto entre a rolha e o gargalo, é também necessário que o consumidor consiga remover a rolha da garrafa com relativa facilidade (Oliveira & Pereira, 2020). Esta ação pode ser quantificada através da força de extração que está dependente não só da força que a rolha exerce sobre a garrafa, mas também do atrito entre a cortiça e o vidro (Pereira, 2007). Assim sendo, a força de extração tende a aumentar com o aumento do diâmetro ou da altura da rolha, e a diminuir com a aplicação de tratamento de superfície na mesma. Com o aumento do teor de humidade da rolha, a força de extração diminui. (Fortes et al., 2004; Pereira, 2007).

1.3.6. Contextualização e objetivo do trabalho

Um procedimento muito comum em empresas produtoras de vinho é aguardar algumas horas antes de deitar as garrafas após o engarrafamento (Jackson, 2020). Este é também um método utilizado em artigos científicos, como, por exemplo, nos estudos de Lopes et al. (2005, 2006, 2007), onde as garrafas permaneceram em posição vertical durante 24 horas depois do arrolhamento.

Na SFE, com base na premissa de que para garantir uma boa vedação é necessário que o vedante recupere totalmente e se adapte ao perfil interno do gargalo, são esperadas 48 horas antes de alterar a posição das garrafas. No entanto, este é um processo apenas aplicado a vinhos arrolhados com rolha de cortiça natural, neste caso, vinhos intencionados a envelhecer em garrafa.

Após o engarrafamento (a uma compressão de $\frac{2}{3}$ do diâmetro da rolha), as garrafas são colocadas em posição vertical em contentores. Passadas 48 horas, se o vinho for para garrafeira, o contentor é girado 90°; se for para distribuição, as garrafas são rotuladas e encaixotadas manualmente em posição horizontal (Figura 1.4).

Apesar de no primeiro caso não haver grande transtorno no processo produtivo (desconsiderando o armazenamento dos contentores no armazém durante 48 horas), este procedimento acarreta um elevado custo de tempo e de recursos quando há uma interrupção entre o enchimento e a rotulagem, e gera a necessidade de criar duas OP. Ao eliminar esta quebra na

produção (Figura 1.5) é possível agilizar todo o processo e utilizar menos recursos, uma vez que os trabalhadores que retiram as garrafas da linha de enchimento para os contentores, podem ser mobilizados para o encaixotamento manual.

Este trabalho tem, por isso, como objetivo avaliar o impacto, na rolha de cortiça natural e no vinho, de deitar as garrafas imediatamente após o enchimento e comparar com o método atual, ou seja, esperar 48 horas antes de alterar a posição.

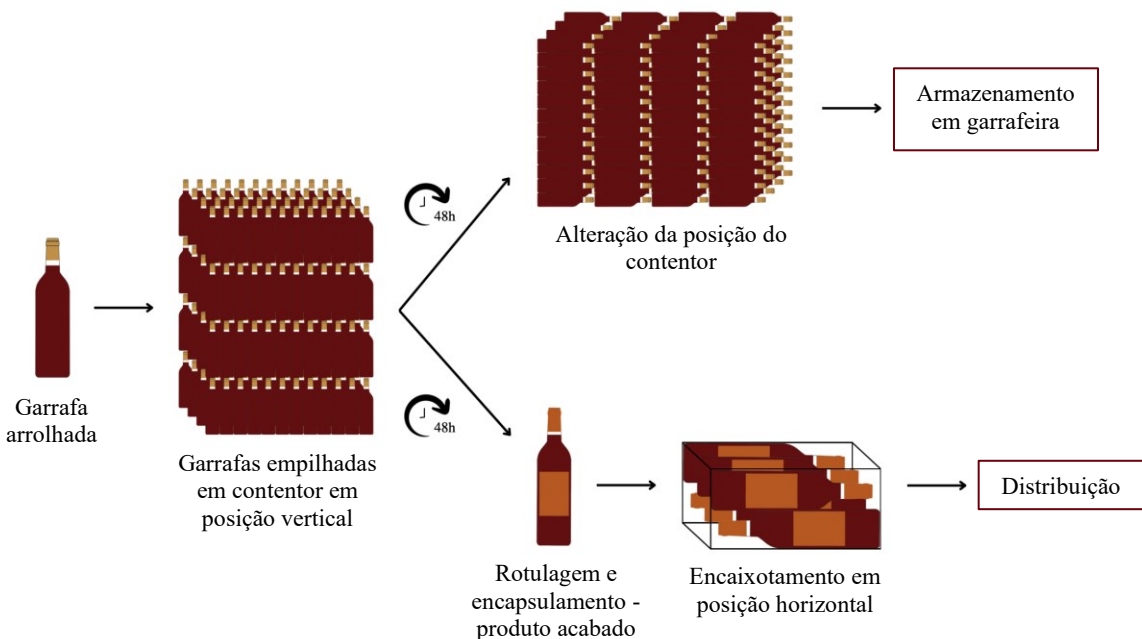


Figura 1.4 Esquematização das etapas de produção atuais da SFE que sucedem o enchimento e o arrolhamento, nos produtos que aguardam 48 horas para alteração da posição após o enchimento.

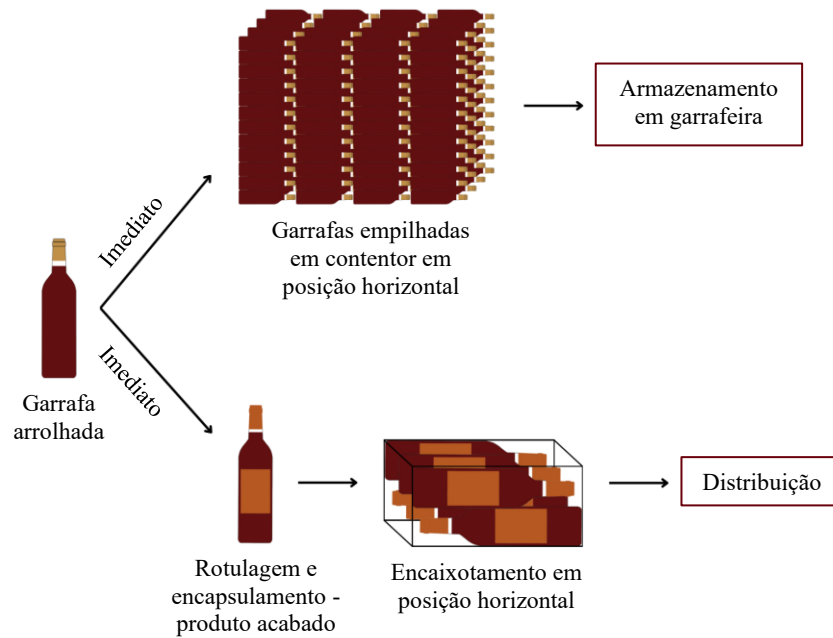


Figura 1.5 Esquematização das etapas de produção da SFE que sucedem o enchimento e arrolhamento, no caso de abolição da prática de aguardar 48 horas para alteração da posição das garrafas após o enchimento.

2. Materiais e Métodos

2.1. Controlo do material de embalagem

Aquando da receção dos materiais é necessário efetuar diferentes testes para se proceder à validação dos mesmos. É sempre necessário verificar a identificação dos materiais e o estado de acondicionamento dos mesmos. A amostragem depende sempre da quantidade de material rececionada. Na Tabela 2.1 estão indicados os parâmetros analisados, e descritos os respetivos métodos de análise, para cada material rececionado.

Tabela 2.1 Descrição dos métodos utilizados para avaliação do material de embalagem rececionado na SFE, para garrafas de vidro, diferentes tipos de vedantes, cápsulas, rótulos e caixas.

Material	Parâmetro	Método
Garrafas de vidro	Perfil interno do gargalo	Na receção de um lote de garrafas de vidro, é seleccionada uma amostra, organizada pelo número do molde, e é determinado o diâmetro a 0° e a 90° a cada 2 mm até à profundidade correspondente ao comprimento da rolha, utilizando o PerfiLab Egitron.
	Ovalidade	Depois de determinados os diâmetros a 0° e a 90°, ao longo do gargalo, a ovalidade é determinada através de $ d_{g_{0^\circ}} - d_{g_{90^\circ}} $ mm.
	Conicidade	Depois de determinados os diâmetros ao longo do gargalo, a conicidade é determinada através de $d_{g_{11}} - d_{g_{10}}$ mm.
	Análise visual	As amostras são analisadas visualmente e são identificados quaisquer defeitos.
Vedante Rolha de cortiça natural	Classificação visual	As rolhas são analisadas visualmente e classificadas por classes. São também identificados e classificados quaisquer defeitos que apresentem.
	Teste de vedação	Dentro de tubos cilíndricos, de material acrílico transparente, são introduzidas rolhas e, passada 1 hora, é introduzida uma solução hidroalcoólica corada a 12% (v/v). Os tubos são colocados num suporte e são submetidos a uma pressão que aumenta a um incremento de 0,5 bar a cada 10 minutos. Neste intervalo de tempo é registado a progressão capilar do simulante nas rolhas.

Tabela 2.1 (continuação)

Material	Parâmetro	Método
Rolha de cortiça natural	Teste de absorção	São cheias garrafas com uma solução hidroalcoólica corada a 12% (v/v) (até ao respetivo nível de enchimento) que são posteriormente arrolhadas, com rolhas previamente pesadas e numeradas. Estas garrafas são mantidas em posição vertical durante 24 horas e, depois, deitadas durante 8 dias. Ao fim deste tempo, o vedante é removido, é medida a progressão de vinho e as rolhas são pesadas novamente. A absorção é calculada através de $\frac{m_{r_2} - m_{r_1}}{m_{r_2}} \times 100$.
	Diâmetro e comprimento	Com o auxílio de um comparador Mitutoyo Digimatic Indicator ou de um paquímetro digital Mitutoyo CD-20AX é efetuada a medição do diâmetro a 0° e a 90° e do comprimento. No primeiro caso, as rolhas são colocadas na base do equipamento e é efetuada a medição; no segundo caso, as medições são realizadas utilizando as maxilas exteriores.
Vedante Rolha de cortiça natural/microgranulada	Ovalidade	Depois de determinados os diâmetros a 0° e a 90°, a ovalidade é determinada através $ d_{r_{0^\circ}} - d_{r_{90^\circ}} $ mm.
	Humidade	Com auxílio do higrómetro Aqua-Boy, são inseridos os seus elétrodos a meio do comprimento da rolha, até cerca de metade do seu diâmetro. O valor indicado no aparelho é registado.
	Massa	As amostras são colocadas numa balança analítica Mettler AE 160 e é determinada a massa.
	Massa volúmica	Depois de determinadas as dimensões e a massa da rolha, a densidade é calculada através de $\frac{4 \times m_{r_1}}{\pi \times d_r^2 \times l_r} \times 10^3$ kg/m ³ .
	Força de extração	É inserido o saca-rolhas no centro da rolha, de uma garrafa previamente arrolhada, e é introduzido até todo o seu comprimento. Utilizando a máquina JAV Mod. TC 2000, o saca-rolhas é fixado e a garrafa desloca-se num movimento descendente até que a rolha seja extraída. É registado o valor máximo de extração.
	Força de introdução	Utilizando a máquina JAV Mod. TC 2000, é fixado um pistão e desloca-se uma garrafa previamente arrolhada na direção do mesmo até que a rolha seja introduzida na garrafa. É registado o valor máximo de introdução.
	Quantificação de 2,4,6-TCA	São colocadas rolhas dentro de frascos, juntamente com solução etanólica, durante 24 horas. Após este tempo, os macerados são transferidos para vials procedendo-se depois a análise cromatográfica.

Tabela 2.1 (continuação)

	Material	Parâmetro	Método
Vedante	Bartop de cortiça natural/colmatado	Classificação visual	Como descrito acima.
		Humidade	Como descrito acima.
		Teste de colagem	As rolhas são colocadas num equipamento com o topo fixado na base do mesmo, e, manualmente, é exercida uma força lateral até que a rolha quebre. É observada a área de adesão da rolha ao topo.
		Quantificação de 2,4,6-TCA	Como descrito acima.
	Bartop sintético	Inspeção visual	Verificação de anomalias.
		Diâmetro e altura	Como descrito acima.
		Massa	Como descrito acima.
		Teste de quebra	Como descrito acima.
	Cápsula screwcap	Inspeção visual	Verificação de anomalias.
		Altura	Como descrito acima.
Cápsulas	Al/Sn/PET	Distribuição nos carolos	Manualmente, procede-se à separação dos carolos e verifica-se se estão suficientemente soltos.
		Altura	Com o auxílio de um paquímetro digital Mitutoyo CD-20AX é efetuada a medição da altura, desde a base até ao topo da cápsula, utilizando as maxilas exteriores.
		Espessura	Através de um micrómetro Mitutoyo, é medida a espessura da cápsula fora da zona de colagem.
	Verificação da qualidade do cunho, relevos, serigrafias, estampagens e cores	Verificação visual de acordo com a ficha técnica.	
	Al/Sn	Uniformidade do anel separador	Verificação visual da existência e conformidade do anel separador.
		Teste destrutivo	A cápsula é amolgada e é verificada a conformidade da tinta.
	Al/PET	Teste de colagem da saia	Com a mão, é exercida força no topo da cápsula até que a saia descole e é validada a adequação da adesividade do topo ao corpo.

Tabela 2.1 (continuação)

	Material	Parâmetro	Método
Rótulos	Papel convencional	Dimensões	Com o auxílio de uma regra milimetrada são verificadas a altura e a largura do rótulo.
		Massa	As amostras são colocadas numa balança analítica Mettler AE 160 e é determinada a massa.
		Gramagem	Depois de obter as dimensões e a massa, a gramagem é calculada através de $\frac{m_{rot}}{b_{rot} \times h_{rot}} \times 10^4$ g/m ² .
		Impermeabilização do papel	O rótulo/contra-rótulo é submetido a um filme de água rápido na superfície anterior do papel.
		Direção de fibra do papel	O rótulo/contra-rótulo é submetido a um filme de água rápido na superfície posterior do papel.
	Papel autoadesivo	Tipo de suporte	Confirmação com a ficha técnica.
		Conformidade do suporte	Manualmente, é aplicada alguma tensão ao suporte de papel.
		Sentido de enrolamento	Confirmação com a ficha técnica.
	Papel convencional/ autoadesivo	Conformidade dos textos	Confirmação com a ficha técnica.
		Verniz (se aplicável)	Confirmação com a ficha técnica.
Leitura do código de barras (no caso dos contra-rótulos)		O equipamento de leitura Axicon 6025-S é encostado ao código de barras e procede-se à leitura.	
Caixas	Cartão/madeira	Verificação da impressão/marcação e textos	Confirmação com a ficha técnica.
		Dimensões	Com o auxílio de uma fita métrica milimetrada são medidas a altura, largura e profundidade.
	Massa	As amostras são colocadas numa balança Mettler Toledo e é determinada a massa.	
	Tubos	Dimensões	Com o auxílio de uma fita métrica milimetrada são medidas a altura, largura e profundidade.
		Encaixe da tampa	A tampa é inserida e removida dos tubos e verifica-se que esta não é removida com demasiada facilidade ou dificuldade.

2.2. Controlo do enchimento durante a produção

A inspeção no controlo do enchimento inicia-se no arranque da OP. No primeiro controlo, o número de garrafas analisadas corresponde ao número de cabeças de arrolhamento da linha (no enchimento de produtos vedados com rolha de embutir ou cápsula screw cap), enquanto nas inspeções seguintes são analisadas cinco garrafas, de hora a hora.

Inicialmente, são pesadas as garrafas vazias e é registada a paleta de onde se retirou, o lote e o molde das mesmas para, no caso de ocorrer algum problema, ser possível fazer a rastreabilidade e se conseguir perceber se algum destes fatores teve influência no mesmo. Depois de identificadas, estas são colocadas na linha e, depois do arrolhamento, são retiradas.

No caso de vinhos que utilizam rolha de embutir, é, inicialmente, medida a pressão interna através de um aferómetro digital Delta Ohm HD 2164.0, em que a agulha é inserida verticalmente na rolha até ao headspace da garrafa. É também determinada a força de extração, como mencionado no ponto 2.1, e a rolha é analisada visualmente. Na Figura 2.1 pode-se observar uma fotografia da medição destes parâmetros.



Figura 2.1 Medição da pressão interna (à esquerda) e da força de extração (à direita) durante o controlo do enchimento de um vinho de consumo.

Quando as garrafas são vedadas com cápsula screw cap, é verificado o estado da serrilha e a fixação da mesma para, de seguida, determinar o torque com o auxílio de um torquímetro Chatillon DFS Ametek e o desnível do vertedor utilizando um paquímetro digital Mitutoyo CD-20AX.

Nos produtos que usam bartop, a rolha é apenas analisada visualmente após a sua extração.

Posteriormente à remoção dos vedantes, em todos os casos, a garrafa é novamente pesada e é medido o nível de enchimento utilizando um paquímetro. Adicionalmente, no início de cada OP, o produto é filtrado e a temperatura e a massa volúmica são medidas com um densímetro Mettler Toledo Densito 30PX. Depois do cálculo da massa volúmica corrigida, é calculado o volume real através da equação (2.1):

$$V = \frac{m_{g_2} - m_{g_1}}{\rho_{corrigida}} \quad (2.1)$$

Na Figura 2.2 estão ilustradas as principais etapas do controlo de volume.

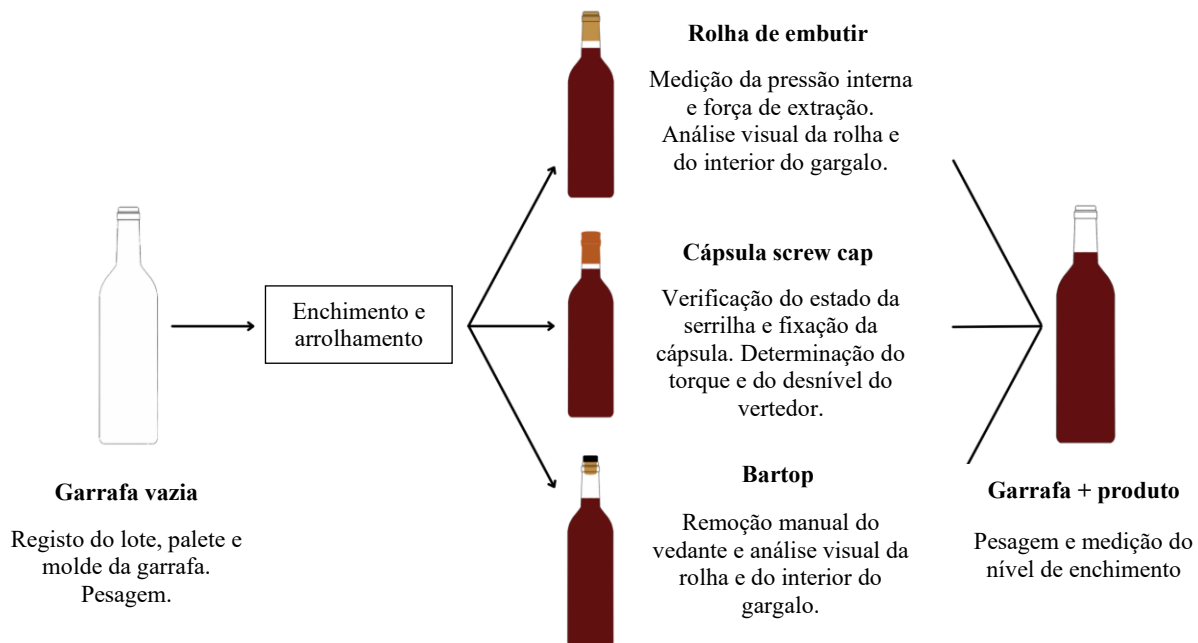


Figura 2.2 Representação esquemática do processo do controlo do enchimento para produtos que usam rolha de embutir, cápsula screw cap e bartop.

2.3. Controlo do produto acabado

A inspeção no controlo do produto acabado começa no início de cada OP. Inicialmente, são verificados todos os materiais afetados à linha, por exemplo, a garrafa, rótulo, rolha e cápsula utilizados, de forma a garantir que são os materiais indicados na especificação do produto produzido e é registada a rastreabilidade dos lotes afetados à OP. De hora em hora, são analisadas visualmente 12 garrafas, com exceção da primeira inspeção onde são analisadas 20, para se

confirmar que o produto está conforme as especificações. Durante este processo, para além da conformidade geral do produto é verificado o posicionamento dos rótulos e é realizada a leitura do código de barras marcado em linha de uma caixa e é verificada a legibilidade do lote.

2.4. Estudo da apresentação do produto em supermercados e garrafeiras

Para o estudo foram selecionados 13 estabelecimentos, entre os quais 10 supermercados e 3 garrafeiras, na Área Metropolitana do Porto, e foram analisadas 814 amostras, selecionadas aleatoriamente. Em cada inspeção as amostras foram analisadas visualmente e os defeitos identificados, classificados e fotografados. Foram considerados defeitos menores os defeitos que não colocam a integridade do produto em risco, necessitam de um olhar atento para serem detetados e, em princípio, não condicionam a escolha do consumidor. Por outro lado, foram considerados defeitos graves os que podem colocar a integridade do produto em risco, são evidentes e podem condicionar a escolha do consumidor.

2.5. Atividades desenvolvidas no âmbito Kaizen

Apesar da metodologia Kaizen fazer parte do quotidiano do QMPA, foi proposta a realização de uma apresentação à equipa do departamento (Figura 2.3) com o objetivo de reforçar alguns conceitos relacionados com o tema. Foram abordados os 10 princípios básicos do Kaizen; as ferramentas “value stream mapping” e diagrama de esparguete; o conceito de 5S e gestão visual; os sistemas SMED (Single-Minute Exchange of Die) e JIT (Just-in-Time), associado ao kanban; e ainda, “standard work”, ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) e kaizen diário.



Figura 2.3 Apresentação de alguns conceitos relativos à metodologia Kaizen à equipa do departamento QMPA.

2.6. Avaliação e comparação do impacto na rolha de cortiça e no vinho de garrafas deitadas imediatamente e 48h após enchimento

Com o objetivo de estudar o impacto do tempo que precede o momento em que as garrafas são deitadas na rolha de cortiça e no vinho, foram criadas duas OP nas quais se mantiveram as condições de engarrafamento, com exceção do momento de alteração da posição das garrafas. Na primeira, as garrafas foram deitadas imediatamente após chegarem ao final da linha de enchimento, cerca de 5 minutos após o enchimento (OP5’); enquanto na segunda foram deitadas 48 horas após o enchimento (OP48h).

2.6.1. Vinho

Foi selecionado para o estudo um vinho tinto resultante da combinação de três castas: Touriga Franca, Tinta Roriz e Tinta Barroca.

2.6.2. Engarrafamento

Para o engarrafamento, a garrafa utilizada foi a bordalesa standard (750 ml) e, previamente, foi traçado o perfil interno do gargalo a uma amostra de 100 garrafas, como descrito no ponto 2.1. O resultado dos parâmetros médios desta análise está presente no Anexo I – Perfil interno do gargalo, enquanto na Figura 2.4 está representado o desenho do perfil utilizando valores médios de diâmetro.

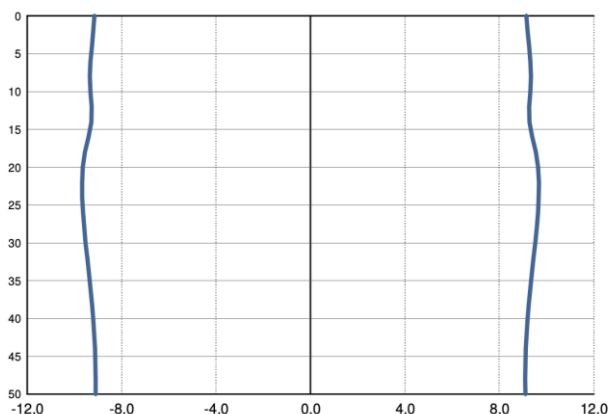


Figura 2.4 Desenho do perfil interno do gargalo. Diâmetro médio (mm) por profundidade (mm).

Para a vedação das garrafas, foram seleccionadas rolhas de cortiça natural, classificadas como sendo de qualidade superior, com 45 mm de comprimento e 24 mm de diâmetro, sujeitas a um tratamento de superfície à base de parafina e silicone. Todas as rolhas foram numeradas e caracterizadas pela Amorim Cork em relação ao comprimento, diâmetro a 0° e a 90°, ovalidade, humidade, massa e massa volúmica (Anexo II – Caracterização das rolhas de cortiça).

Sendo este um projeto a 5 anos, foram engarrafadas no total 256 garrafas, em janeiro de 2021, seguindo os procedimentos habitualmente utilizados pela SFE, inclusive o controlo de enchimento a 6 garrafas por OP (Anexo III – Controlo do enchimento), realizado como descrito no ponto 2.2, e a análise química à vasilha de enchimento (Anexo IV – Análise química ao vinho realizada antes do enchimento).

O processo de enchimento da SFE tem em conta o controlo dos níveis de oxigénio na garrafa e no vinho. Na Figura 2.5 estão indicadas as etapas que ocorrem durante o enchimento e o arrolhamento que permitem minimizar o contacto do vinho com o oxigénio durante o engarrafamento e posterior armazenamento. De modo a verificar que o equipamento não teve qualquer interferência nos níveis de oxigénio foi efetuada uma inspeção pela Amorim Cork. Foram analisados os níveis de oxigénio dissolvido e no headspace a 36 garrafas por OP (igual número aos bicos de enchimento da linha) para avaliar o impacto do bico de enchimento nos níveis de oxigénio dissolvido e o impacto da cabeça de arrolhamento nos níveis de oxigénio no headspace.

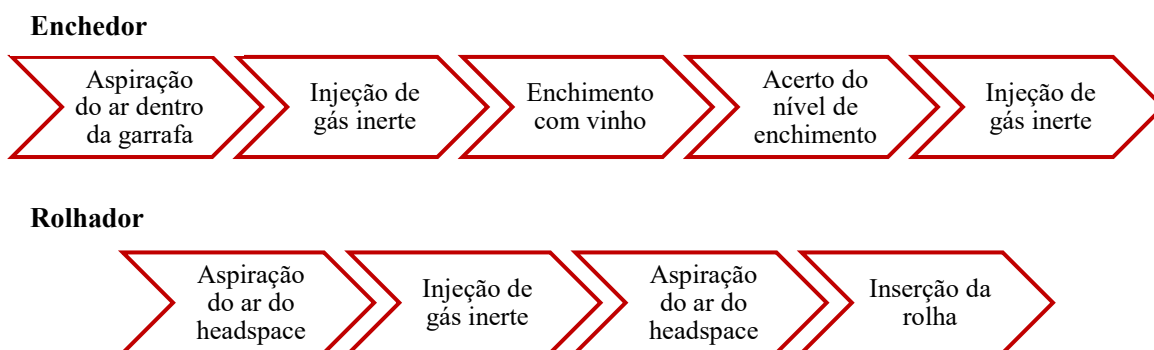


Figura 2.5 Estratégias de controlo dos níveis de oxigénio na garrafa e no vinho, aplicadas durante o enchimento e o arrolhamento.

2.6.3. Armazenamento

Todas as garrafas foram armazenadas na garrafeira 8 inferior, não climatizada, que demonstrou, através da monitorização da temperatura e humidade, capacidade em manter estes parâmetros dentro dos valores de referência estipulados pela empresa: $17\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ e $65\% \pm 15\%$, respetivamente. A temperatura e amplitude médias da garrafeira durante o período de armazenamento das amostras encontram-se na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 Condições climáticas da garrafeira 8 inferior durante os 14 e 22 meses de armazenamento das amostras.

	Temperatura	Humidade
14 meses	$18,8\text{ °C} \pm 0,4\text{ °C}$	$71,3\% \pm 1,9\%$
22 meses	$20,0\text{ °C} \pm 0,4\text{ °C}$	$75,2\% \pm 1,9\%$

2.6.4. Amostragem

A amostragem ocorreu em dois momentos distintos – aos 14 meses, onde foram recolhidas 12 amostras para cada OP, e aos 22 meses, onde foram recolhidas 10 por OP. Todas as garrafas foram identificadas de 1-12 e 1-10, no caso da OP5', e de 13-22 e 13-20, no caso da OP48h.

Na Figura 2.6 está representado de forma esquemática os ensaios a que cada amostra foi submetida.

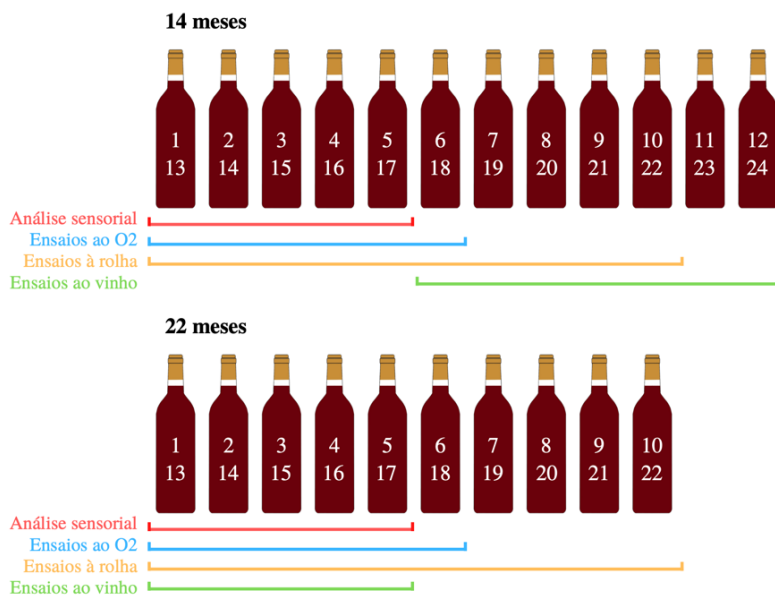


Figura 2.6 Representação esquemática da amostragem realizada aos 14 e aos 22 meses.

As amostras climatizaram durante 24 horas no laboratório onde se procedeu às análises físico-mecânicas da rolha e às análises ao oxigénio.

2.6.5. Ensaio físico-mecânico à rolha

Os ensaios físico-mecânicos à rolha foram realizados sequencialmente. Foram analisados:

- a pressão interna, com o auxílio de um aferómetro digital Delta Ohm HD 2164.0;
- a força de extração da rolha, utilizando a máquina JAV Mod. TC 2000;
- o diâmetro a 0° e a 90° nos dois topos, com um paquímetro;
- anomalias através da análise visual da rolha;
- a progressão capilar medindo o maior pico, com o auxílio de uma régua milimetrada;
- a humidade com um higrómetro eletrónico Aqua-Boy;
- a massa através de uma balança analítica Mettler AE 160.

Posteriormente foi calculada a percentagem de absorção de vinho pela rolha, seguindo a conduta da empresa, através da equação 2.2:

$$Absorção = \frac{m_{r_2} - m_{r_1}}{m_{r_2}} \times 100 \quad (2.2)$$

Adicionalmente, foi determinada a recuperação dimensional da rolha, de acordo com o procedimento seguido pela empresa, através da medição do diâmetro a 0° e a 90° nos dois topos, com o auxílio de um paquímetro, 1 hora após o desarmamento, através da equação 2.3:

$$Recuperação\ dimensional = \frac{d_{r_{1h}}}{d_r} \times 100 \quad (2.3)$$

A recuperação dimensional foi também avaliada após a rolha permanecer na garrafa apenas 5 minutos e 48 horas. No entanto, o ensaio foi realizado com rolhas de um lote diferente, apesar de provirem do mesmo fornecedor, serem do mesmo calibre e qualidade e terem sido sujeitas ao mesmo tratamento de superfície.

2.6.6. Ensaio ao vinho

Os ensaios ao vinho foram realizados por entidades externas ao QMPA.

A determinação do oxigénio dissolvido e no headspace foi realizada pela Amorim Cork através de quimioluminescência, utilizando o equipamento PreSens Fibox 4 trace (com sensores PsT 6).

Os restantes ensaios foram realizados pelo laboratório de enologia da SFE. Foi determinado:

- o etanol, por destilação direta e, depois, densimetria eletrónica;
- o pH através de potenciometria;
- a acidez total, por titulação potenciométrica;
- a acidez volátil por destilação por retrogradação e titulação ácido-base;
- SO₂ através de titulação iodométrica;
- a absorvância a 420 nm, 520 nm e 620 nm por espectrofotometria UV-VIS.

A intensidade e tonalidade da cor foram calculadas através das equações 2.4 e 2.5, respetivamente.

$$\text{Intensidade} = A_{420} + A_{520} + A_{620} \quad (2.4)$$

$$\text{Tonalidade} = A_{420}/A_{520} \quad (2.5)$$

2.6.7. Análise sensorial ao vinho

A análise sensorial ao vinho foi realizada na sala de provas da SFE, de acordo com o procedimento habitualmente utilizado pela empresa, tendo sido realizada uma prova cega. Nos dois períodos de avaliação, foram a prova 5 amostras de cada modalidade, identificadas aleatoriamente. Aos 14 meses foram avaliadas por quatro provadores experientes, e aos 22 meses foram avaliadas por dois.

Entre os atributos avaliados estão a intensidade aromática, qualidade aromática, acidez, oxidação, redução, amargor, tanicidade e a presença/ausência de defeitos. Cada parâmetro foi avaliado numa escala de intensidade de 0 (nenhuma intensidade) a 5 (muita intensidade). Foram utilizados copos de prova e as amostras encontravam-se a temperatura ambiente. A ficha de prova encontra-se no Anexo V – Ficha de prova utilizada para análise sensorial.

2.6.8. Contabilização do tempo que uma garrafa demora desde a rolhadora até ao local de mobilização para contentores e encaixotamento manual

Para todas as linhas de engarrafamento de vinhos com rolha de embutir, foi determinado o tempo que uma garrafa demora desde a rolhadora até ao local onde é feita a mobilização das garrafas para contentores e onde é realizado o encaixotamento manual. Este procedimento foi realizado nas linhas L27, L23 e L20 – representadas na Figura 3.19.

Primeiramente, as garrafas foram identificadas e o tempo foi contabilizado a partir da rolhadora, com o auxílio de um cronómetro e cada ensaio foi realizado em triplicado.

3. Resultados e Discussão

3.1. Controle do material de embalagem

Depois de avaliado o material, o resultado da análise pode originar diferentes decisões de utilização e, por isso, é de extrema relevância garantir a representatividade da amostra. Se o lote cumprir todos os requisitos legais e de qualidade, e estiver de acordo com as especificações, é dado como aprovado. Contrariamente, se durante o controle forem encontradas anomalias consideradas graves ou que ultrapassem o número máximo admissível de defeitos, o lote é dado como não conforme. Por outro lado, se estas anomalias forem passíveis de ser identificadas, o lote pode ser dado como parcialmente rejeitado ou pode ser sugerido ao fornecedor o retrabalho do material. Para além destas decisões, um material pode também ser aceite sob condição, no caso de uma anomalia menor, que não tenha impacto na aptidão ao uso do mesmo, e correção futura por parte do fornecedor.

Com isto, a tomada de decisão varia com a taxa de incidência e a severidade da anomalia. Por exemplo, um lote onde foram detetadas pequenas irregularidades visuais pode ser aceite e ser feita apenas uma advertência ao fornecedor, ou até ser aceite sob condição. Enquanto um lote onde foram detetadas anomalias que possam resultar em problemas na linha durante a produção, ou que possam interferir com a qualidade dos produtos pode ser rejeitado ou parcialmente rejeitado.

3.2. Controle do enchimento durante a produção

Dependendo do resultado da inspeção pode ser necessário agir se a média do volume de produto dentro da garrafa estiver muito acima ou abaixo do limite de tolerância, sendo que este valor tem de ser superior ou igual ao valor nominal da capacidade da garrafa, o que está de acordo com o critério legal.

Para além disso, durante o controlo de volume, e aquando da remoção do vedante, são realizados diversos ensaios relacionados com o desempenho deste. Nos vinhos vedados com rolha de embutir, a pressão interna deve ser inferior a 0 bar e, assim, diminuir a probabilidade de ocorrer progressão capilar na rolha, sendo que esta variação na pressão decorre do vácuo criado pelo enchedor. A força de extração, outro parâmetro analisado, deve estar com valores entre 20 e 40 daN, que indicam que é possível o consumidor extrair a rolha com facilidade.

A análise visual do estado da serrilha na cápsula screw cap tem especial importância para o consumidor, dado ser a única garantia que este tem de que a garrafa não foi aberta, assim como o torque. Através deste teste, é possível determinar a força necessária para destacar o topo do vedante e o valor de aceitação tem de ser menor ou igual a 4,50 Nm, para a garrafa de 70cl.

3.3. Controlo do produto acabado

Após cada inspeção todos os defeitos detetados são classificados, registados e imediatamente corrigidos. Depois desta correção, é necessário realizar uma nova inspeção para validação da eficácia da ação de mitigação realizada.

3.4. Estudo da apresentação do produto em supermercados e garrafeiras

As amostras analisadas mostraram uma baixa incidência de defeitos.

Ainda assim, a grande maioria correspondeu a defeitos menores como, por exemplo, sujidade nos rótulos, rótulos ligeiramente danificados, pó e caixas amolgadas, ou seja, defeitos provavelmente causados por um manuseamento deficiente durante a cadeia de distribuição ou durante a exposição em prateleira. No entanto, também foram detetados rótulos descolados e cápsulas enrugadas, anomalias menores, provavelmente, não detetadas durante a produção.

Os defeitos considerados graves foram pontuais. Consistiram num lacre e num bartop partido, possivelmente devido a um embate, e em duas cápsulas cortadas, possivelmente com uma ferramenta de corte aquando da abertura da caixa.

De uma forma geral, as garrafeiras e os supermercados de maior dimensão mostraram um maior cuidado na apresentação dos produtos, em comparação com supermercados de menor dimensão.

3.5. Atividades desenvolvidas no âmbito Kaizen

Após a aquisição de conhecimento teórico sobre algumas das ferramentas Kaizen, foi possível participar em algumas atividades relacionadas com o mesmo, como por exemplo, reuniões de Kaizen diário, onde eram transmitidos os objetivos do dia e possíveis dificuldades ou irregularidades do dia anterior; auditoria 5S, realizada mensalmente; melhoria dos gráficos KPI; e

melhoria de gestão visual associada aos 5S nos laboratórios. Foi também realizada a revisão de documentos relativos ao sistema de gestão de qualidade como, por exemplo, a revisão e melhoria da checklist de limpeza e da checklist BRC.

3.6. Avaliação e comparação do impacto na rolha de cortiça e no vinho de garrafas deitadas imediatamente e 48h após enchimento

Neste estudo, foi avaliado o impacto de deitar as garrafas imediatamente após o enchimento e foi comparado com a prática atual que consiste em deitar as garrafas 48 horas após o mesmo. Foram avaliados diferentes parâmetros relacionados com a performance da rolha e com a evolução do vinho em garrafa e, de forma a garantir a validade e fiabilidade dos resultados, foram efetuados alguns controlos antes, durante e depois do engarrafamento.

Anteriormente ao engarrafamento, foi estudada a conformidade das garrafas, através da análise ao perfil interno do gargalo, e a conformidade das rolhas, através da caracterização das mesmas. Os resultados destas análises estão presentes nos Anexo I – Perfil interno do gargalo e Anexo II – Caracterização das rolhas de cortiça. Não foram observadas quaisquer irregularidades que pudessem interferir com o presente estudo. Foi, também, realizada a análise química do vinho, ainda na vasilha de enchimento, onde não foram também observadas anomalias (Anexo IV – Análise química ao vinho realizada).

Durante o engarrafamento, foi realizado o controlo do enchimento, como procedimento habitual da empresa, às duas OP. Os resultados da inspeção estão de acordo com os critérios estipulados pela SFE e mostraram-se idênticos para ambas as OP (Anexo III – Controlo do enchimento). Para além disto, foi também efetuada uma auditoria aos procedimentos que controlam os níveis de oxigénio no vinho e na garrafa, realizada pela Amorim Cork, que mostrou não haver interferência da cabeça de arrolamento nos níveis de oxigénio no headspace, nem do bico de enchimento nos níveis de oxigénio dissolvido (dados não apresentados).

Também as condições de armazenamento, durante os 22 meses, se mantiveram dentro dos limites estipulados pela empresa (Tabela 2.2).

Estando todos estes fatores conforme as especificações, pode-se assumir que os resultados não foram enviesados por anomalias no material, no vinho, nas condições de enchimento ou de armazenamento.

Apesar de este ser um projeto a 5 anos, este estudo contempla apenas dois momentos de avaliação aos 14 e aos 22 meses. Nestas ocasiões foram analisados diversos parâmetros relacionados com a performance da rolha tais como força de extração, absorção de vinho, humidade, progressão capilar na interface, pressão interna e recuperação dimensional da rolha após a sua extração. De igual forma, foram realizadas análises químicas ao vinho onde foram quantificados etanol, pH, acidez total e volátil, O₂ dissolvido e no headspace, SO₂ livre e total, absorvância a 420 nm, 520 nm e 620 nm e a intensidade e tonalidade da cor. Os dados relativos às análises à rolha e ao vinho encontram-se no Apêndice I – Dados relativos aos ensaios realizados à rolha e ao vinho aos 0, 14 e 22 meses. Foi também realizada análise sensorial ao vinho.

Nesta secção estão apresentados os resultados obtidos, assim como a discussão dos mesmos e das implicações que podem ter para a SFE.

3.6.1. Análise da performance da rolha de cortiça

A performance da rolha é um fator crítico na preservação da qualidade do vinho durante o armazenamento em garrafa e, por isso, é também um fator crítico a considerar quando se equaciona a otimização do procedimento de engarrafamento da empresa. A avaliação de múltiplos parâmetros permitiu compreender melhor qual o impacto na rolha de deitar a garrafa aproximadamente 5 minutos após o enchimento. Nos Apêndice II – Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 14 meses e Apêndice III – Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 22 meses é possível observar imagens das rolhas extraídas nos dois momentos de avaliação.

Um dos parâmetros analisados foi a força de extração, uma vez que avalia a facilidade com que o consumidor consegue remover o vedante. Para ambas as modalidades, registou-se um ligeiro aumento deste valor com o tempo (Figura 3.1), não tendo, provavelmente, impacto significativo na experiência do consumidor. À semelhança destes resultados, também Godden et al., (2001) observaram um aumento da força de extração da rolha de cortiça natural, com o tempo.

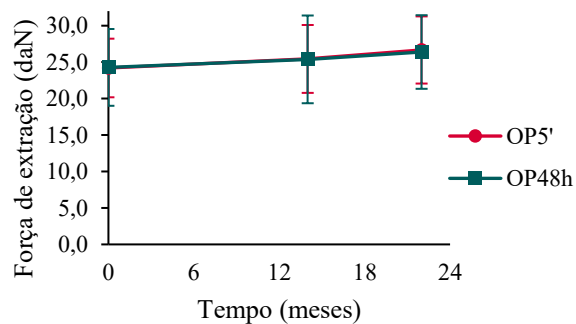


Figura 3.1 Monitorização da força de extração aos 0, 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

Aquando da sua extração é também importante considerar a integridade da rolha. Em todos os momentos de avaliação as rolhas não partiram ou esfarelaram, nem foram observados detritos de cortiça no gargalo ou de vestígios do tratamento de superfície da rolha. Não foi, também, observado vazamento em nenhuma garrafa nem defeitos que pudessem ter sido provocados durante o arrolhamento.

Dois fatores passíveis de influenciar a extração da rolha ao longo do tempo são a absorção de vinho e a humidade da rolha. O aumento destas variáveis poderia originar efeitos antagónicos, sendo que, com a absorção de vinho, a rolha poderia aumentar de volume e dificultar a remoção da mesma. Em contrapartida, com o aumento do teor de humidade é possível que o atrito entre a cortiça e o vidro diminua, assim como a força que a rolha exerce no gargalo (Fortes et al., 2004).

Ainda que não tenha tido um efeito aparente na força de extração, foi observado um aumento gradual da absorção de vinho ao longo do tempo para a OP5', enquanto, para a OP48h, foi registado um aumento aos 14 meses e subsequente diminuição aos 22 meses (Figura 3.2). Como observado por González-Adrados et al. (2008b, 2008a), uma tendência de aumento para ambas as modalidades seria o expectável. A humidade das rolhas seguiu o padrão previsto, tendo havido um aumento com o tempo, para ambas as OP (Figura 3.3).

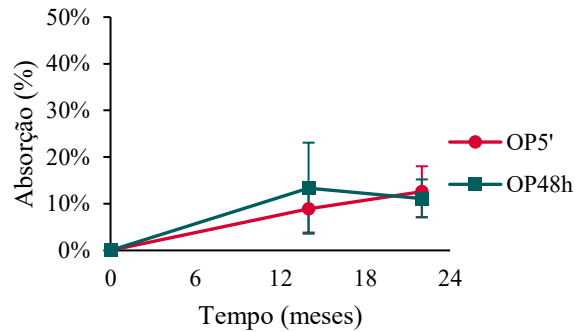


Figura 3.2 Monitorização da absorção de vinho pela rolha aos 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

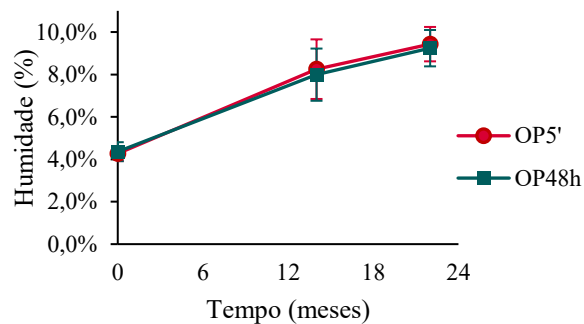


Figura 3.3 Monitorização da humidade da rolha aos 0, 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

Um meio para a absorção de vinho é através da interface cortiça-vidro e, como o vinho em estudo é vinho tinto, foi possível visualizar com relativa facilidade a progressão de líquido na superfície da rolha (Figura 3.4). Foi registado um aumento da progressão capilar de vinho com o tempo, tendo sido este mais acentuado dos 14 aos 22 meses. Aos 22 meses observou-se, também, uma maior disparidade entre as modalidades, tendo-se registado uma maior progressão nas rolhas da OP48h. No entanto, é preciso ter em consideração a elevada variabilidade nos resultados. Na pesquisa de González-Adrados et al. (2008b) ocorreu igualmente um aumento da progressão capilar com o tempo. Contudo, neste estudo foi determinada a média da progressão capilar em torno da rolha, ao invés de se ter registado a altura do maior pico.

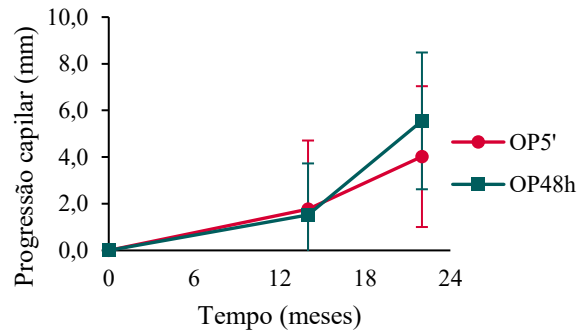


Figura 3.4 Monitorização da progressão capilar na superfície da rolha aos 0, 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

Um fator a que este último parâmetro está associado é à pressão interna da garrafa. Este valor idealmente deve ser próximo ou inferior a zero (abaixo da pressão atmosférica) para mitigar esta ocorrência. Foi observado um aumento aos 14 meses, associados a uma elevada heterogeneidade nos resultados, e posterior diminuição aos 22 meses (Figura 3.5). Apesar disto, os valores mantiveram-se sempre próximos de zero, para ambas as modalidades.

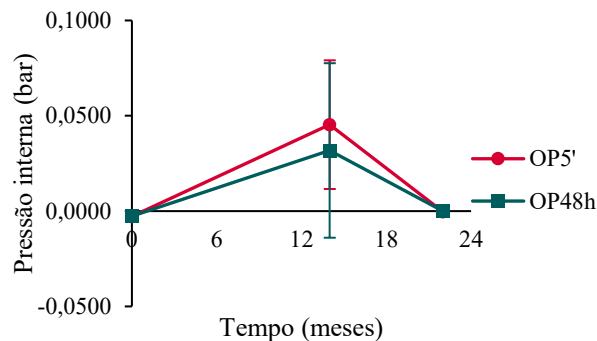


Figura 3.5 Monitorização da pressão interna no interior da garrafa aos 0, 12 e 14 meses, para a OP5' e OP48h.

Finalmente, foi também analisada a recuperação dimensional das rolhas após 1 hora de serem removidas das garrafas (Figura 3.6). Foram apenas observadas discrepâncias entre as modalidades no início, ou seja, as rolhas que estiveram dentro das garrafas aproximadamente 5 minutos tiveram uma recuperação melhor do que as rolhas que estiveram 48 horas. Aos 14 meses, a recuperação dimensional das rolhas diminuiu significativamente, mantendo-se praticamente constante até aos 22 meses. De forma similar, no estudo de Godden et al. (2001) foi também registada uma diminuição da recuperação dimensional das rolhas, apesar desta ter sido determinada após 30 minutos da extração das rolhas e ter sido estudada apenas até aos 12 meses.

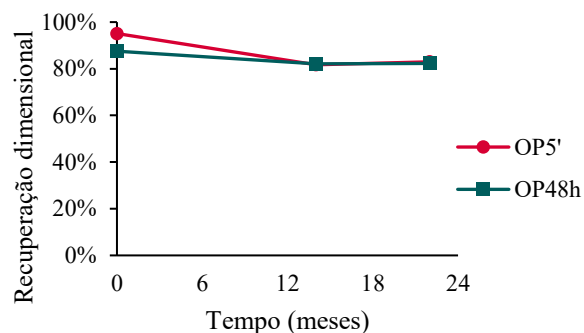


Figura 3.6 Monitorização da recuperação dimensional das rolhas após extração aos 0, 12 e 14 meses, para a OP5' e OP48h.

Na prática, estes resultados refletem que mesmo que o comportamento da rolha varie ao longo do tempo, o impacto do tempo em que a garrafa é deixada de pé, antes de a deitar, não é expressivo. Ou seja, a performance da rolha quando a garrafa é mantida em pé apenas durante o percurso da linha (cerca de 5 minutos) é equiparável à sua performance quando a garrafa permanece 48 horas em pé.

3.6.2. Evolução química do vinho

A avaliação química do vinho é fundamental para perceber a evolução deste ao longo do tempo. Os parâmetros analisados permitiram avaliar qual o impacto que deitar a garrafa cerca de 5 minutos após o engarrafamento pode ter quimicamente no vinho.

A variação do teor de etanol e do pH foi muito ténue, à semelhança do observado por Castellanos et al. (2021), e, também, a acidez total permaneceu relativamente estável durante o período experimental. Apesar deste resultado estar de acordo com o verificado por Kojić & Jakobek (2021), o mesmo estudo não registou alterações nos valores da acidez volátil ao longo de 12 meses, enquanto no presente estudo foi registada uma diminuição deste valor com o tempo. As modalidades estudadas obtiveram resultados concordantes relativamente aos parâmetros analisados acima (Figura 3.7).

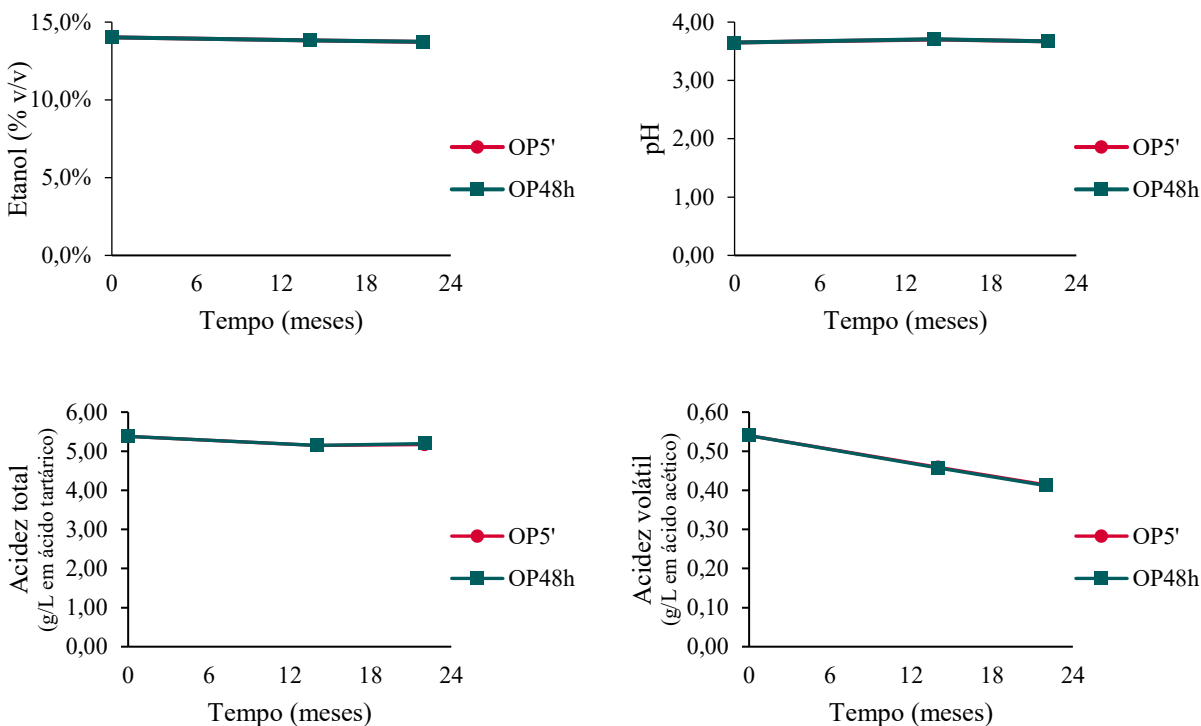


Figura 3.7 Monitorização do etanol, pH, acidez total e acidez volátil aos 0, 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

A análise ao O_2 revelou, inicialmente, algumas divergências entre modalidades (Figura 3.8).

Relativamente ao O_2 dissolvido, foi observada uma maior concentração imediatamente após o engarrafamento, quando comparado com a mesma medição passadas 48 horas. Esta ocorrência foi também observada por Dimkou et al. (2011) e pode ser o resultado do consumo de O_2 pelo vinho durante esse tempo. Aos 14 e aos 22 meses, esta discrepância foi minimizada, tendo-se obtido valores residuais de O_2 dissolvido para ambas as modalidades.

Contrariamente, a concentração de O_2 no headspace teve um comportamento inicial inverso ao referido acima, tendo-se verificado uma maior concentração passadas 48 horas do engarrafamento. Este acontecimento pode ser explicado pela expulsão de ar de dentro da rolha devido à sua compressão, durante esse período (Lopes et al., 2007). Aos 14 meses, o resultado para ambas as modalidades foram semelhantes, registando-se apenas valores residuais de O_2 , tendo havido, posteriormente, um aumento aos 22 meses.

Até aos 14 meses, estes resultados estão de acordo com os de Castellanos et al. (2021) e Dimkou et al. (2011), estudos a 18 e 24 meses, respetivamente. Nestas investigações, após 3 meses,

a concentração de O₂ dissolvido e no headspace eram já muito próximas de zero, não tendo ocorrido nenhum aumento das mesmas durante o resto do período experimental.

No entanto, aos 22 meses, o aumento da concentração de O₂ no headspace e a concentração residual de O₂ dissolvido, podem estar relacionados com o equilíbrio que se gera entre o ingresso, a dissolução e o consumo de O₂ pelo vinho. Segundo Lopes et al. (2007), a libertação de O₂ do interior da rolha ocorre durante os primeiros 12 meses de armazenamento sendo que, só após este tempo, ocorre ingresso de O₂ atmosférico. Isto pode significar que, até aos 14 meses, o consumo de O₂ pelo vinho foi superior à sua dissolução, sendo a rolha a maior parte da origem do ingresso de O₂; aos 22 meses, o aumento da concentração de O₂ no headspace pode ser explicada pelo ingresso de O₂ atmosférico na garrafa ser superior à dissolução deste no vinho, e a concentração residual de O₂ dissolvido pode ser explicada pelo consumo continuar a ser superior à dissolução de O₂ no vinho (Castellanos et al., 2021; Dimkou et al., 2011).

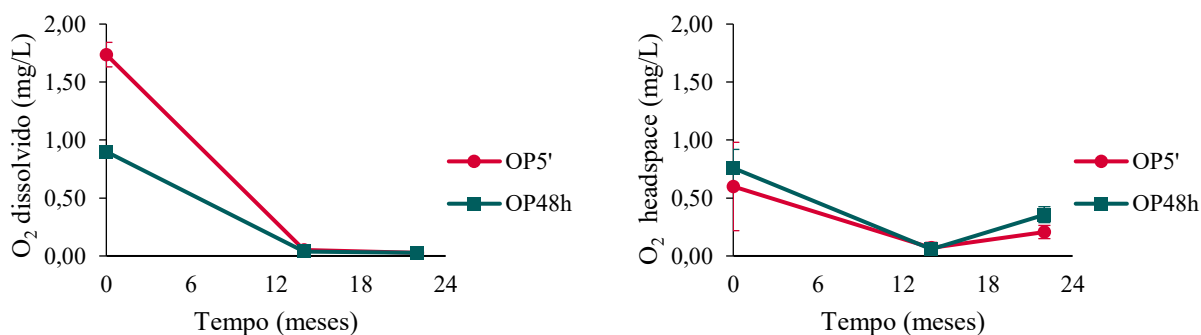


Figura 3.8 Monitorização do oxigénio dissolvido e no headspace aos 0, 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

Associado ao consumo de O₂ está o declínio da concentração de SO₂, uma vez que uma das suas principais funções é reagir com os produtos da oxidação do vinho (Kojić & Jakobek, 2021). De acordo com o esperado, ocorreu uma diminuição da concentração de SO₂ total e de SO₂ livre durante o período de análise, não revelando diferenças entre as modalidades (Figura 3.9). Este resultado é corroborado pelas investigações de Castellanos et al. (2021) e Kojić & Jakobek (2021).

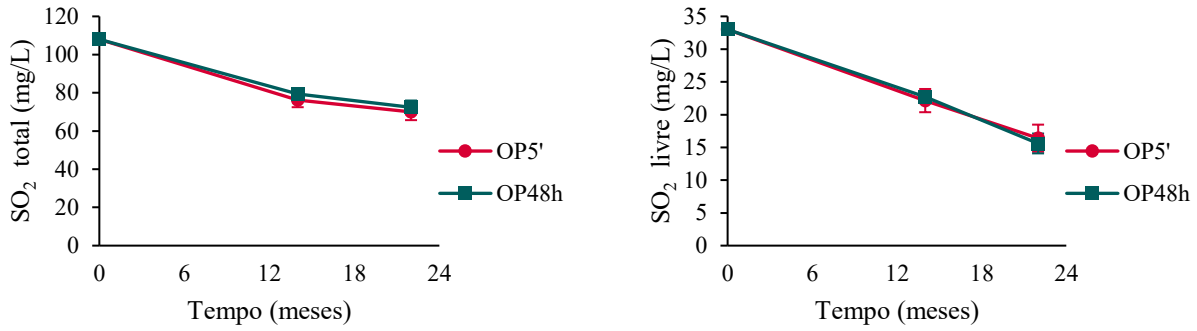


Figura 3.9 Monitorização do SO₂ total e livre aos 0, 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

Também a cor do vinho sofre alterações com o tempo. Uma possível forma de analisar estas transformações é através da medição da absorvância a diferentes comprimentos de onda e do cálculo da intensidade e da tonalidade da cor, a partir das mesmas. O comportamento das absorvâncias foi semelhante para todos os comprimentos de onda medidos e para ambas as modalidades, não tendo sido observado grandes variações aos 14 meses. Aos 22 meses, registou-se um aumento, embora ligeiro, para as medições a 420 nm, a 520 nm e a 620 nm (Figura 3.10).

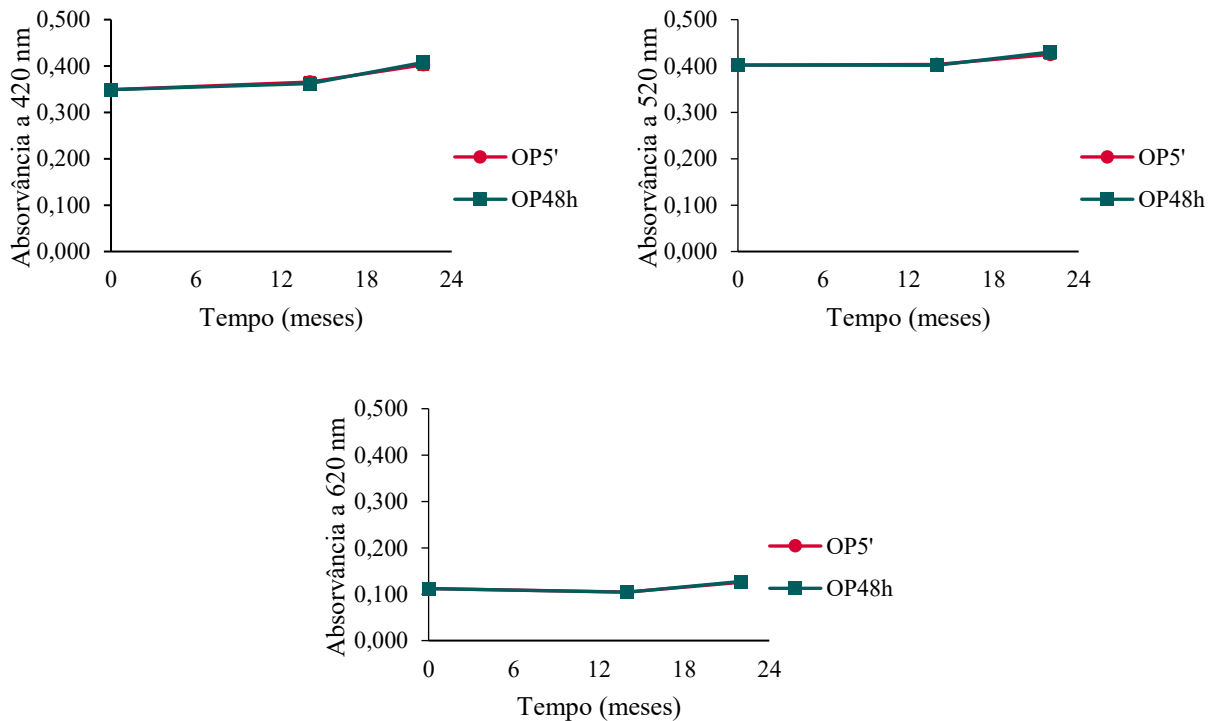


Figura 3.10 Monitorização da absorvância a 420 nm, 520 nm e 620 nm aos 0, 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

Estes resultados refletiram-se tanto na variação da intensidade da cor, como na sua tonalidade (Figura 3.11). O comportamento da intensidade da cor foi semelhante ao das absorvâncias, uma vez que resulta do seu somatório. No caso da tonalidade, esta aumentou ao longo do tempo, o que indica um maior aumento do grau de amarelo em relação ao grau de vermelho.

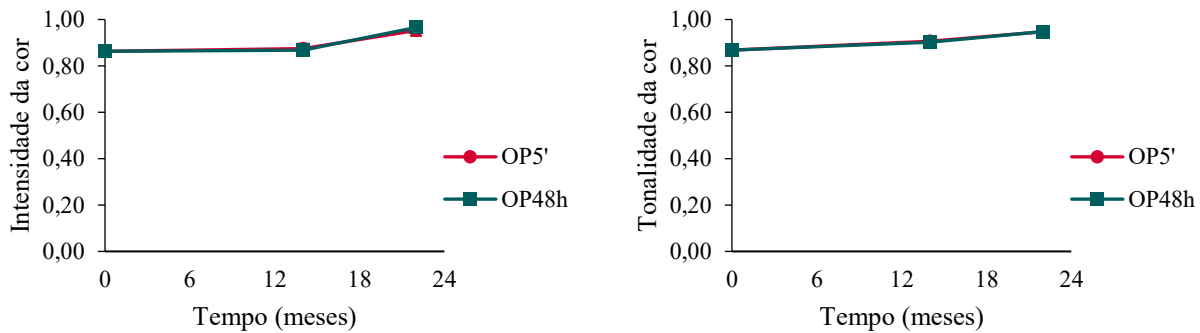


Figura 3.11 Monitorização da intensidade e tonalidade da cor do vinho aos 0, 14 e 22 meses, para a OP5' e OP48h.

Estas alterações podem ser analisadas também em termos de percentagem de cor (Figura 3.12). A pigmentação vermelha, apesar de ter sido predominante durante os 22 meses, decresceu com o tempo, enquanto a percentagem de pigmentação amarela aumentou. A pigmentação azul manteve-se praticamente constante.

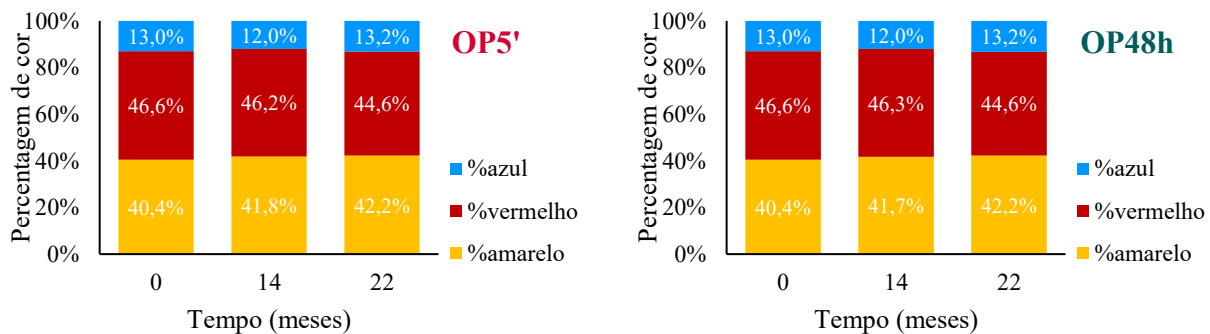


Figura 3.12 Variação da percentagem de tons de azul, vermelho e amarelo no vinho, durante o período da investigação.

Estudos anteriores corroboram estes resultados. Kojić & Jakobek, (2021) observaram um aumento da percentagem de amarelo, da intensidade e da tonalidade da cor e uma diminuição da

percentagem de vermelho; enquanto Drinkine et al. (2007) não observou variações com o tempo da tonalidade de azul.

Estes resultados demonstram uma elevada concordância entre as modalidades. Mesmo que inicialmente tenha havido alguma disparidade relativamente à concentração de O₂, estas dissemelhanças foram harmonizadas com o tempo, tendo o vinho evoluído quimicamente da mesma forma para a OP5' e para a OP48h.

3.6.3. Interação entre a performance da rolha e a evolução química do vinho

Com o objetivo de estudar a possível interação entre as variáveis relativas à performance da rolha e as variáveis relativas à evolução química do vinho, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA). Para isto, considerou-se todas as variáveis analisadas acima referentes ao desempenho da rolha e à evolução do vinho, com exceção das absorvâncias, tendo-se apenas considerado a intensidade e a tonalidade relativamente aos parâmetros relacionados com a cor.

A Figura 3.13 mostra a distribuição das variáveis no espaço que relaciona a componente principal 1 (PC1), que explica 62% da variabilidade, e a componente principal 2 (PC2), que explica 9%. Nela é possível observar 3 aglomerados.

Variáveis relacionadas com a cor do vinho e com a interação física entre o vinho e a rolha estão agrupadas no lado negativo do eixo PC1. A progressão capilar, a absorção e a humidade da rolha estão interligadas pelo facto da primeira contribuir para a absorção de vinho pela rolha que, naturalmente, aumenta a humidade da mesma. Ao mesmo tempo, a intensidade e a tonalidade são ambos fatores que permitem avaliar a cor do vinho, que pode ser afetada pelo valor do pH (Forino et al., 2020).

Do lado positivo do mesmo eixo, estão reunidas variáveis relacionadas com a composição química do vinho capazes de afetar a sua estabilidade e, por isso, a sua evolução. Este conjunto conta com O₂ dissolvido e no headspace, SO₂ total e livre, acidez total e volátil, etanol e, relacionado com as propriedades mecânicas da rolha, recuperação dimensional. Este último parâmetro associado a estas características do vinho reforça a importância da rolha para garantir uma vedação da garrafa adequada, de forma que o vinho não perca qualidade durante o seu armazenamento.

No eixo positivo da PC2 encontram-se variáveis relacionadas com as características intrínsecas da rolha.

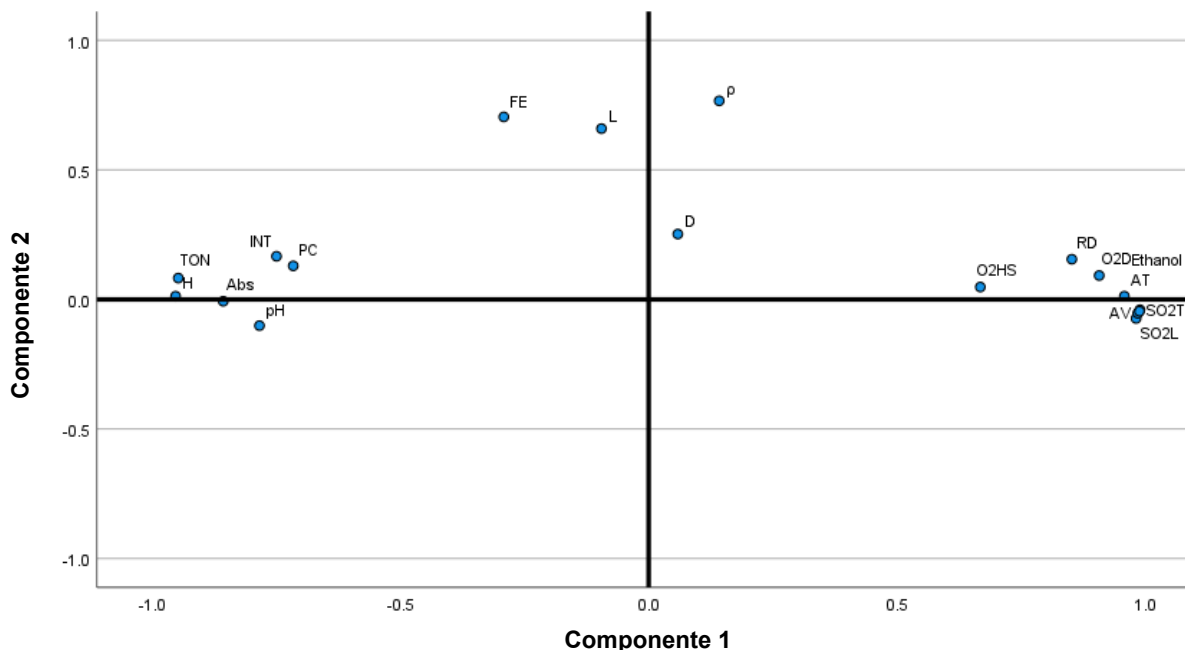


Figura 3.13 Análise de Componentes Principais (PCA) que mostra a relação entre PC1 e PC2, onde as variáveis em estudo estão distribuídas. **TON**- Tonalidade **H**- Humidade **Abs**- Absorção **pH**- pH **INT**- Intensidade **PC**- Progressão capilar **FE**- Força de extração **L**- Comprimento da rolha **D**- Diâmetro da rolha **ρ** - Massa volúmica da rolha **O2HS**- O₂ no headspace **RD**- Recuperação dimensional **O2D**- O₂ dissolvido **Ethanol**- Etanol **AT**- Acidez total **AV**- Acidez volátil **SO2L**- SO₂ livre **SO2T**- SO₂ total

Esta análise foi também realizada em função do tempo de armazenamento e da OP, com o objetivo de analisar a possibilidade de diferenciação dos vinhos a partir do tempo que as garrafas ficaram de pé após o engarrafamento.

Na Figura 3.14, é possível observar que, inequivocamente, os vinhos foram separados pelo momento de análise, deslocando-se no sentido negativo ao longo do eixo PC1. Apesar de no tempo 0 ser possível distinguir as modalidades, aos 14 e aos 22 meses não é possível diferenciar os vinhos através do tempo que permaneceram em pé após o engarrafamento. Este resultado, no momento inicial do estudo, pode dever-se ao facto de algumas variáveis (como força de extração, recuperação dimensional e O₂) terem sido avaliadas 5 minutos e 48 horas após o enchimento, apesar de, para efeitos analíticos, se ter considerado para ambos os casos 0 meses.

Neste gráfico é ainda possível observar uma maior proximidade de resultados aos 14 e aos 22 meses, tendo havido uma maior evolução durante os primeiros 14 meses.

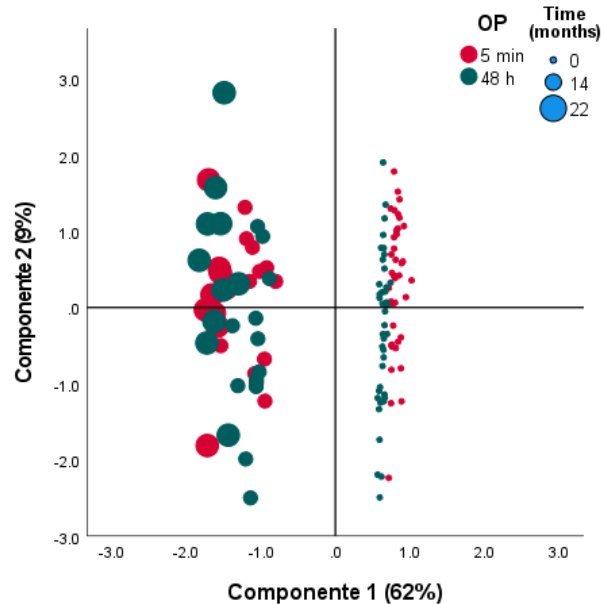


Figura 3.14 Análise de Componentes Principais (PCA) que mostra a relação entre PC1 e PC2, em função do momento de análise e da modalidade.

Estas observações podem ainda ser corroboradas pela Figura 3.15. Ao analisar a relação entre a PC1 e o tempo de armazenamento do vinho, observou-se uma diferença estatisticamente significativa entre as modalidades apenas no início do período da investigação (0 meses). Em contrapartida aos 14 e 22 meses, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as modalidades.

No mesmo gráfico é, ainda, possível notar uma maior distância entre o momento 0 e os restantes momentos de avaliação, reforçando a ideia de que as alterações mais significativas ocorreram durante os primeiros 14 meses.

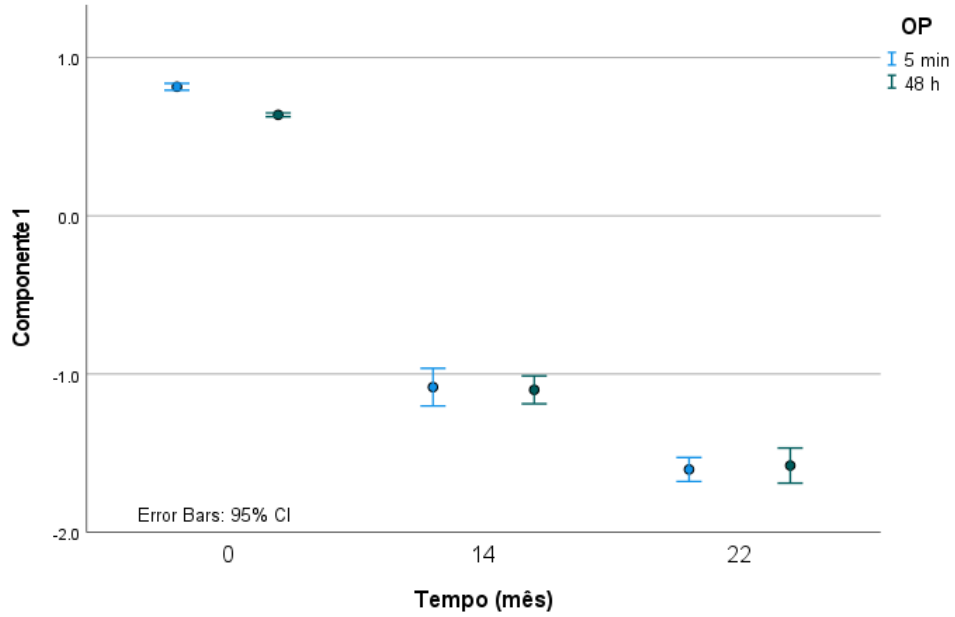


Figura 3.15 Relação entre PC1 e o tempo de armazenamento, em função da modalidade.

A relação entre a PC2 e o tempo de armazenamento foi também analisada (Figura 3.16). Para além de não terem sido observadas diferenças estatisticamente significativas entre modalidades em nenhum dos momentos de avaliação, não foram também registadas quaisquer diferenças ao longo do tempo.

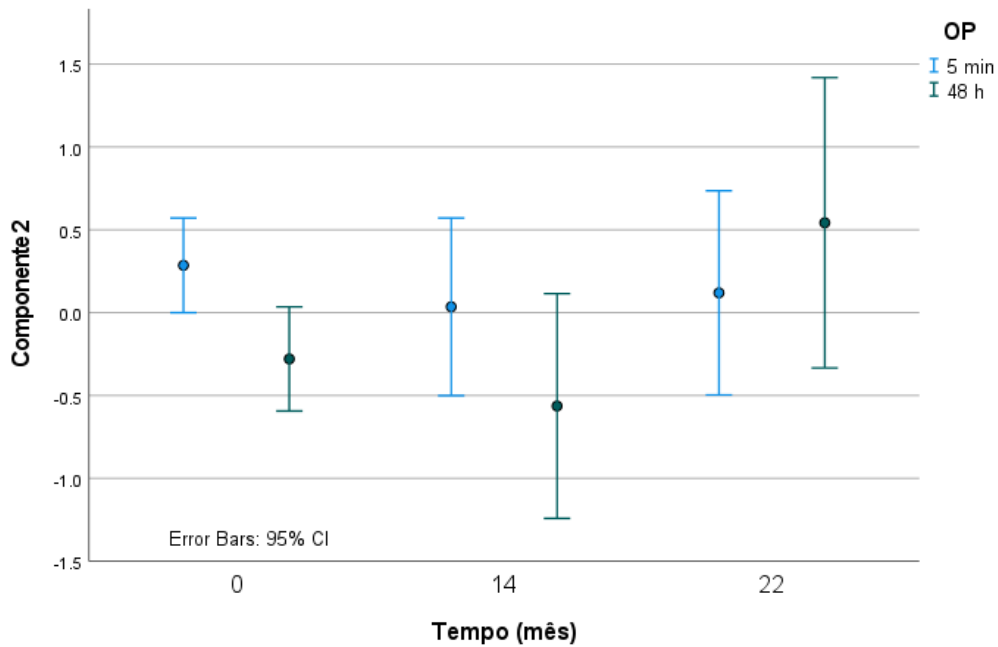


Figura 3.16 Relação entre PC2 e o tempo de armazenamento, em função da modalidade.

3.6.4. Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada aos 14 e aos 22 meses, tendo-se realizado uma prova descritiva como mencionado previamente. Anteriormente ao engarrafamento, não foi efetuada uma prova descritiva como nos outros momentos de avaliação, podendo-se apenas avaliar a evolução do vinho dos 14 até aos 22 meses.

Aos 14 meses (Figura 3.17), foi na qualidade aromática e no amargor que se registaram as maiores diferenças. O vinho relativo à OP48h apresentou uma menor qualidade aromática em relação ao vinho relativo à OP5', tendo apresentado também maior amargor. Os restantes parâmetros mostraram resultados muito semelhantes para ambas as modalidades.

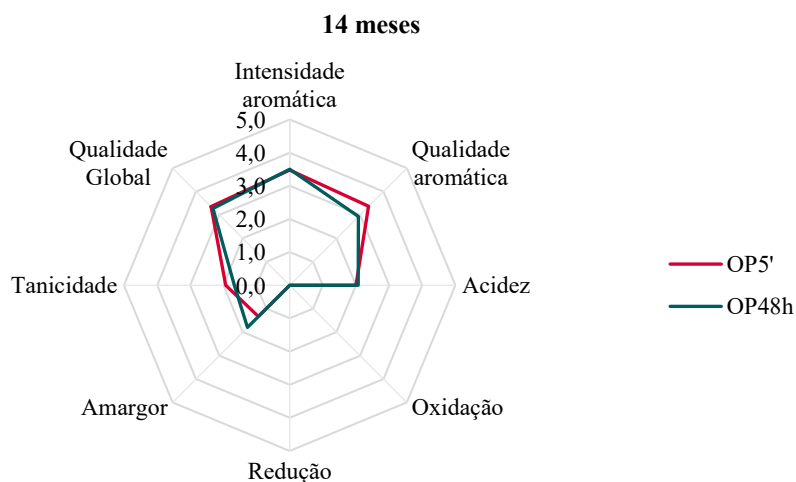


Figura 3.17 Perfil sensorial do vinho analisado aos 14 meses, das amostras relativas à OP5' e OP48h.

Aos 22 meses (Figura 3.18) as diferenças entre modalidades, para todas as características sensoriais avaliadas, foram muito reduzidas. Ainda assim, observou-se uma diminuição da intensidade e qualidade aromática; um aumento da acidez, da redução, do amargor e da tonicidade; e uma ligeira diminuição da qualidade global.

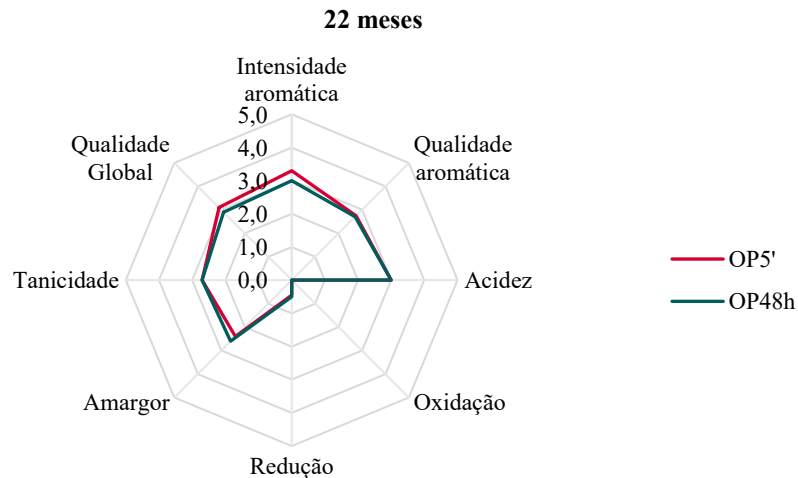


Figura 3.18 Perfil sensorial do vinho analisado aos 22 meses, das amostras relativas à OP5' e OP48h.

3.6.5. Viabilidade da alteração do método de produção da SFE

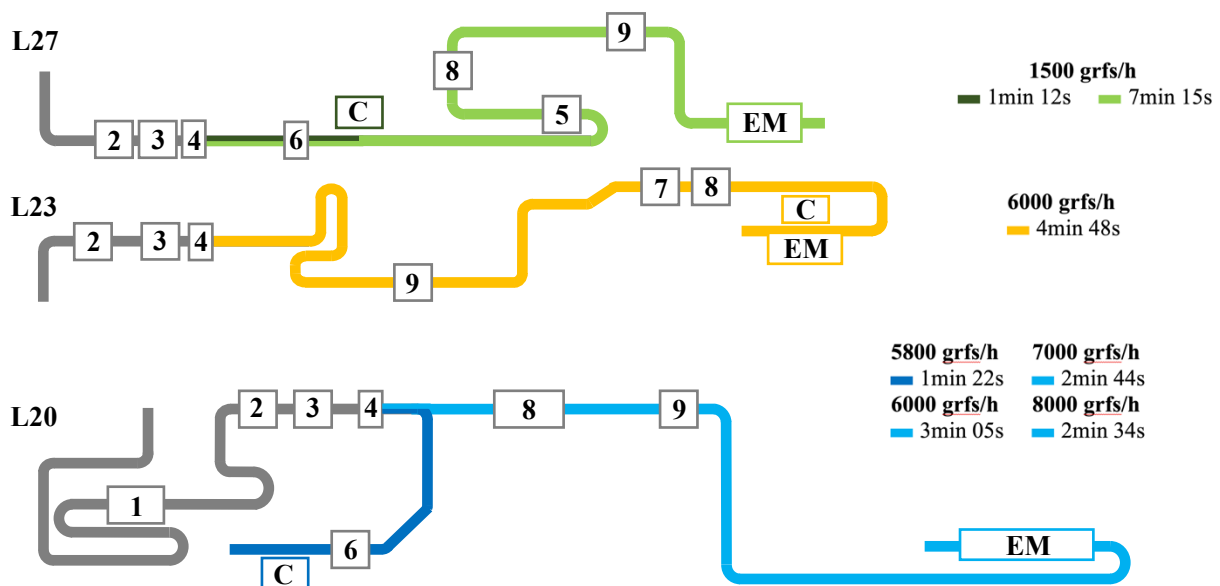
Como já foi previamente mencionado, na SFE, o processo de engarrafamento de vinhos concebidos para envelhecer em garrafa exige uma espera de 48 horas antes de alterar a posição da garrafa, após o enchimento e rolhamento com rolha de cortiça natural. Quando não vão para garrafeira, estes vinhos são transportados deitados, em caixas, como ilustrado na Figura 1.4 e Figura 1.5, o que implica que o encaixotamento tenha de ser manual e não mecanizado.

O engarrafamento destes vinhos pode ser concretizado em três linhas de produção diferentes – L27, L23 e L20 – representadas na Figura 3.19. Estas linhas têm características diferentes e trabalham a diferentes velocidades: – a L27 trabalha a uma velocidade padrão de 1500 grfs/h e faz o enchimento de vinhos do Porto Vintage e vinhos de mesa de elevada qualidade; – a L23 trabalha a velocidades superiores que a L27 e engarrafa todos os estilos de vinho do Porto e de vinhos de mesa; – a L20 é capaz de produzir até 10000 grfs/h e é a linha mais polivalente da SFE.

De forma a perceber a que situações os resultados deste estudo podem ser extrapolados, para estas linhas foi determinado o tempo que demora uma garrafa desde a rolhadora até à zona onde é retirada para contentor, e até à zona onde é feito o encaixotamento manual. Estes tempos estão indicados na Figura 3.19.

Para a L27 os tempos foram determinados apenas para 1500 grfs/h dado ser a velocidade padrão da linha, enquanto para a L23 foi determinado para 6000 grfs/h. Esta foi a velocidade

utilizada para o enchimento da OP5' e OP48h, e é uma velocidade comumente usada para o enchimento de vinhos vedados com rolha de embutir. Na L20, como a capsuladora de estágio é apenas capaz de trabalhar até 6000 grfs/h, o tempo que uma garrafa demora até aos contentores foi determinada a 5800 grfs/h. Ainda para a L20, os tempos até à área do encaixotamento manual foram determinados para várias velocidades e foi traçado um gráfico que relaciona o tempo e a velocidade da linha (Apêndice IV – Gráfico tempo vs velocidade da linha, para a L20). Apesar de terem sido determinadas velocidades até 9500 grfs/h, após um certo ponto torna-se manualmente impraticável mobilizar as garrafas, pelo que algumas velocidades foram utilizadas apenas para traçar o gráfico. Este gráfico permite, assim, escolher a velocidade da linha em função do tempo que uma garrafa demora a percorrer a linha.



Legenda:

1- Inspeccionador de garrafas vazias 2- Enxaguadora 3- Enchedora 4- Rolhadora 5- Seladora 6- Capsuladora estágio 7- Distribuidora de cápsulas 8- Capsuladora 9- Rotuladora C- Contentores EM- Encaixotamento manual

Figura 3.19 Mapa das linhas de enchimento L20, L23 e L27, com identificação do percurso e do tempo que uma garrafa demora desde a rolhadora até à zona da mobilização para contentores e do encaixotamento manual.

Durante este estudo, verificou-se que, ao fim de 4 minutos e 48 segundos (tempo necessário para uma garrafa percorrer o caminho desde a rolhadora até ao local de armazenamento em

contentores ou do encaixotamento manual, da linha L23), a rolha teve uma recuperação suficiente que permitiu que a vedação fosse igualmente eficaz quando a garrafa permanece em pé 48 horas.

Posto isto, pode-se apenas esperar que os resultados obtidos na presente investigação sejam equiparáveis quando se procede ao enchimento na L27 realizando encaixotamento manual, em vinhos arrolhados com rolha de cortiça natural. Para as restantes situações, seria necessário proceder a mais ensaios, com intervalos de tempo menores de forma a perceber qual o tempo crítico para o qual não é viável alterar a posição das garrafas.

4. Conclusão

A Symington Family Estates é um dos maiores produtores de vinho e um dos melhores produtores de vinho português e, por isso, tem como prioridade a garantia de excelência dos seus produtos. Para isso, a equipa QMPA, através do controlo do material, do enchimento e do produto acabado, assegura que todo o processo está de acordo com as especificações. Durante o tempo de estágio, foi possível acompanhar todas as atividades laboratoriais realizadas pela equipa QMPA.

Com o estudo da apresentação do produto em supermercados e garrafeiras, foi possível confirmar a eficácia dos processos, concluindo que a maioria dos defeitos encontrados no mercado são, provavelmente, devido ao mau manuseamento durante a distribuição e durante a exposição dos produtos em prateleira, e não devido a erros durante o engarrafamento. Para além disso, levou também a repensar o design e ao desenvolvimento de novos produtos.

Foi também possível compreender ativamente o conceito de Kaizen e testemunhar a sua praticabilidade nos processos da empresa. Esta demonstrou ser uma ferramenta poderosa e necessária para alcançar a ambição da empresa em melhorar as suas práticas e processos continuamente.

Apesar disto, o objetivo principal do estágio consistiu em avaliar e comparar a performance da rolha e a evolução do vinho em garrafas que foram deitadas cerca de 5 minutos após o enchimento e garrafas que foram deitadas 48 horas após.

Os diversos ensaios realizados demonstraram não haver diferenças estatisticamente significativas entre modalidades durante os 22 meses de análise, tendo as amostras de ambas as OP assumido comportamentos semelhantes tanto no desempenho da rolha, como nas propriedades químicas e sensoriais do vinho.

Ainda assim, são necessários mais estudos que testem tempos menores para a recuperação da rolha, assim como estudos que utilizem outros tipos de rolhas a fim de abranger todas as possíveis situações em que este procedimento pode ser aplicado na SFE.

Em suma, ao fim de 22 meses, não foram encontradas evidências que ditem que deitar a garrafa imediatamente após 5 minutos do enchimento tem consequências negativas para a rolha e para o vinho.

5. Trabalho futuro

Compreender as limitações do estudo é imprescindível para que melhorias futuras possam ser implementadas.

Nesse sentido, é recomendável traçar o perfil interno do gargalo de todas as garrafas utilizadas no estudo para que, no caso de se registar alguma anomalia, se descartar a interferência da garrafa.

Outra sugestão seria medir a pressão interna após 5 minutos e após 48 horas, à semelhança do que foi realizado com a força de extração, para perceber se, durante esse tempo, ocorreu alguma variação da mesma.

Seria também interessante realizar uma prova sensorial descritiva na altura do engarrafamento para se poder analisar a evolução do vinho desde o início e, desta forma, poder também perceber se existe alguma interação entre as suas características sensoriais e químicas e a performance da rolha. Para além disto, a realização de um teste de diferenciação sensorial, como o teste triangular, iria permitir avaliar se as diferenças entre modalidades são de facto perceptíveis a nível sensorial. Para resultados mais robustos, a prova deveria ser realizada por mais provadores.

Para avaliar a viabilidade de alterar o método de produção em situações mais abrangentes, seria interessante realizar o mesmo estudo utilizando outros tipos de rolha, como por exemplo rolha de cortiça microgranulada, e testando diferentes tempos de recuperação da rolha. Por exemplo, iniciar com o estudo do impacto de deitar a garrafa 1 minuto após o enchimento (para se poder estudar a viabilidade do menor tempo, que corresponde ao percurso da linha L27 até ao local da mobilização para contentores) e aumentar com um incremento de 30 segundos. Adicionalmente, associar estes resultados ao comportamento de compressão da cortiça poderia dar uma noção de qual seria a recuperação dimensional da rolha necessária para garantir uma vedação adequada.

Estas melhorias iriam contribuir para a obtenção de resultados que poderiam aplicar-se a um maior número de situações na SFE e aumentar a confiança na tomada de decisão relativamente à alteração do método de engarrafamento utilizado.

6. Apêndices

Apêndice I – Dados relativos aos ensaios realizados à rolha e ao vinho aos 0, 14 e 22 meses

Tabela 6.1 Resultados dos ensaios realizados às rolhas aos 0, 14 e 22 meses relativos à pressão interna, progressão capilar, humidade, absorção e recuperação dimensional, para a OP5'.

Nº amostra	Pressão interna (bar)			Progressão Capilar (mm)			Humidade (%)				Absorção (%)			Recuperação dimensional (%)		
	0	14	22	0	14	22	Tempo (meses)									
							0	14	0	22	0	14	22	0	14	22
1	-0,0036		-0,0001		0,0	4,1	4,4%	8,1%	4,3%	8,5%	10%	14%	96%	82%	83%	
2	-0,0025		-0,0002		0,0	2,8	4,0%	7,0%	4,3%	10,0%	5%	11%	95%	81%	83%	
3	-0,0020		0,0000		1,8	0,0	4,5%	9,6%	4,0%	10,0%	9%	8%	95%	82%	82%	
4	-0,0027		0,0001		2,5	8,6	4,5%	7,2%	4,4%	10,0%	8%	12%	94%	82%	81%	
5	-0,0029		-0,0001	0,0	8,9	2,5	4,7%	7,1%	3,7%	10,0%	0%	7%	11%	94%	82%	84%
6	-0,0029		-0,0001		0,0	2,9	4,3%	10,0%	4,4%	10,0%		5%	13%	81%	85%	
7		0,0817	-0,0005		0,0	0,0	4,6%	6,4%	4,3%	9,4%	6%	8%		82%	83%	
8		0,0000	-0,0005		0,0	7,9	4,8%	7,5%	3,8%	8,0%	7%	8%		82%	82%	
9		0,0504	-0,0008		4,6	4,5	3,3%	10,0%	4,3%	8,4%	23%	26%		82%	83%	
10		0,0493	-0,0008		0,0	6,9	4,4%	9,6%	4,4%	10,0%	10%	15%		82%	82%	
Média	-0,0028	0,0454	-0,0003	0,0	1,8	4,0	4,4%	8,3%	4,2%	9,4%	0%	9%	13%	95%	82%	83%
Desv. Pad.	0,0005	0,0338	0,0003		2,9	3,0	0,4%	1,4%	0,3%	0,8%		5%	5%	1%	1%	1%
Máx	-0,0020	0,0817	0,0001	0,0	8,9	8,6	4,8%	10,0%	4,4%	10,0%	0%	23%	26%	96%	82%	85%
Mín	-0,0036	0,0000	-0,0008	0,0	0,0	0,0	3,3%	6,4%	3,7%	8,0%	0%	5%	8%	94%	81%	81%

Tabela 6.2 Resultados dos ensaios realizados às rolhas aos 0, 14 e 22 meses relativos à pressão interna, progressão capilar, humidade, absorção e recuperação dimensional, para a OP48h.

	Pressão interna (bar)			Progressão Capilar (mm)			Humidade (%)				Absorção (%)			Recuperação dimensional (%)			
	Nº amostra							Tempo (meses)									
		0	14	22	0	14	22	0	14	0	22	0	14	22	0	14	22
OP48h	13	-0,0044	0,0041	-0,0003		2,8	6,2	3,6%	6,3%	4,6%	10,0%		16%	8%	87%	80%	81%
	14	-0,0043	0,0023	0,0000		0,0	1,6	4,5%	10,0%	4,5%	10,0%		7%	8%	87%	83%	84%
	15	-0,0024	0,0030	-0,0001		0,0	6,5	4,9%	7,9%	4,5%	10,0%		6%	13%	88%	86%	82%
	16	-0,0012	0,0001	0,0000		6,4	7,4	4,2%	8,4%	3,6%	8,9%		18%	19%	87%	81%	82%
	17	-0,0010	0,0004	0,0002		3,2	7,1	3,4%	7,7%	4,3%	8,1%		13%	8%	88%	79%	84%
	18	-0,0026	0,0002	0,0001	0,0	0,0	7,9	4,8%	7,4%	4,1%	9,4%	0%	14%	13%		81%	83%
	19		0,0420	0,0003		0,0	9,3	4,3%	7,6%	4,3%	8,9%		6%	17%		83%	82%
	20		0,0730	0,0004		2,8	6,2	4,9%	6,6%	4,3%	7,6%		38%	10%		83%	80%
	21		0,0563	0,0001		0,0	0,0	4,4%	10,0%	4,1%	9,5%		7%	8%		83%	82%
	22		0,1367	0,0001		0,0	3,5	4,4%	8,0%	5,5%	10,0%		8%	8%		82%	83%
	Média	-0,0027	0,0318	0,0001	0,0	1,5	5,6	4,3%	8,0%	4,4%	9,2%	0%	13%	11%	88%	82%	82%
	Desv. Pad.	0,0015	0,0458	0,0002		2,2	2,9	0,5%	1,2%	0,5%	0,9%		10%	4%	1%	2%	1%
Máx	-0,0010	0,1367	0,0004	0,0	6,4	9,3	4,9%	10,0%	5,5%	10,0%	0%	38%	19%	88%	86%	84%	
Mín	-0,0044	0,0001	-0,0003	0,0	0,0	0,0	3,4%	6,3%	3,6%	7,6%	0%	6%	8%	87%	79%	80%	

Tabela 6.3 Resultados dos ensaios realizados às rolhas aos 0, 14 e 22 meses relativos à força de extração, para OP5' e OP48h.

Força de extração (daN)								
N° amostra	Tempo (meses)			N° amostra	Tempo (meses)			
	0	14	22		0	14	22	
1	24,7	23,7	21,9	13	19,0	16,5	23,8	
2	26,3	17,3	26,3	14	20,5	23,4	27,3	
3	19,1	25,9	29,4	15	31,6	24,9	20,8	
4	31,0	28,4	21,0	16	25,0	24,0	32,2	
5	31,4	33,5	34,8	17	26,3	21,7	33,7	
6	25,8	23,3	22,5	18	20,7	24,6	32,2	
7	22,4	22,4	27,8	19	34,8	38,0	26,6	
8	22,9	22,7	26,3	20	23,4	32,5	25,8	
9	29,8	26,3	32,7	21	20,7	21,5	19,1	
10	21,3	30,9	24,0	22	20,8	26,7	22,4	
11	21,1			23	23,0			
12	26,1			24	19,8			
13	29,2			25	18,2			
14	20,8			26	21,0			
15	28,4			27	21,9			
16	23,2			28	18,0			
17	26,4			29	35,9			
18	21,0			30	17,3			
19	33,2			31	23,4			
20	21,1			32	16,7			
21	22,8			33	24,0			
22	20,1			34	19,8			
23	15,8			35	24,4			
24	23,2			36	22,3			
25	19,6			37	14,1			
26	30,7			38	11,7			
27	27,3			39	21,8			
28	23,3			40	29,1			
29	19,8			41	25,0			
30	26,1			42	20,4			
31	24,8			43	14,8			

Tabela 6.3 (continuação)

	32	23,8			44	22,0			
	33	22,5			45	25,3			
	34	21,4			46	17,4			
	35	24,7			47	19,3			
	36	20,1			48	20,3			
OP5'	Média	24,2	25,4	26,7	OP48h	Média	24,3	25,4	26,4
	Desv. Pad.	4,0	4,7	4,6		Desv. Pad.	5,3	6,0	5,0
	Máx	33,2	33,5	34,8		Máx	34,8	38,0	33,7
	Mín	15,8	17,3	21,0		Mín	19,0	16,5	19,1

Tabela 6.4 Resultados dos ensaios realizados ao vinho aos 0, 14 e 22 meses relativos ao etanol, pH, acidez total e volátil e SO₂ livre e total, para a OP5'.

N° amostra	Etanol (%)			pH			Acidez total (g/L em ácido tartárico)			Acidez volátil (g/L em ácido acético)			SO ₂ livre (mg/L)			SO ₂ total (mg/L)		
	Tempo (meses)																	
	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22
1			13,74%			3,67			5,16			0,42			18			71
2			13,72%			3,67			5,16			0,42			17			69
3			13,74%			3,67			5,18			0,41			13			64
4			13,72%			3,67			5,18			0,41			18			76
5			13,72%			3,67			5,19			0,41			16			70
6	14,02%	13,80%		3,65	3,70		5,38	5,13		0,54	0,46		33	23		108		75
7		13,83%			3,70			5,16			0,46			24				76
8		13,80%			3,71			5,15			0,46			23				79
9		13,81%			3,70			5,16			0,45			20				73
10		13,82%			3,70			5,16			0,46			20				73
11		13,81%			3,70			5,13			0,46			21				74
12		13,85%			3,70			5,14			0,46			24				83
Média	14,02%	13,82%	13,73%	3,65	3,70	3,67	5,38	5,15	5,17	0,54	0,46	0,41	33	22	16	108	76	70
Desv. Pad.		0,02%	0,01%		0,00	0,00		0,01	0,01		0,00	0,01		2	2		4	4
Máx	14,02%	13,85%	13,74%	3,65	3,71	3,67	5,38	5,16	5,19	0,54	0,46	0,42	33	24	18	108	83	76
Mín	14,02%	13,80%	13,72%	3,65	3,70	3,67	5,38	5,13	5,16	0,54	0,45	0,41	33	20	13	108	73	64

Tabela 6.5 Resultados dos ensaios realizados ao vinho aos 0, 14 e 22 meses relativos ao etanol, pH, acidez total e volátil e SO₂ livre e total, para a OP48h.

N° amostra	Etanol (%)			pH			Acidez total (g/L em ácido tartárico)			Acidez volátil (g/L em ácido acético)			SO ₂ livre (mg/L)			SO ₂ total (mg/L)		
	Tempo (meses)																	
	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22
13			13,73%			3,67			5,20			0,41			16			73
14			13,74%			3,67			5,20			0,41			18			77
15			13,72%			3,67			5,19			0,42			15			73
16			13,75%			3,67			5,20			0,41			15			67
17			13,74%			3,67			5,19			0,41			14			72
18			13,84%			3,71			5,16			0,46			23			78
19	14,02%		13,81%	3,65		3,70			5,16	0,54		0,46		33			108	78
20			13,83%			3,71			5,15			0,45			24			81
21			13,85%			3,71			5,16			0,45			23			79
22			13,81%			3,71			5,12			0,46			22			75
23			13,82%			3,70			5,14			0,46			22			82
24			13,84%			3,71			5,15			0,46			23			83
Média	14,02%	13,83%	13,74%	3,65	3,71	3,67	5,38	5,15	5,20	0,54	0,46	0,41	33	23	16	108	79	72
Desv. Pad.		0,02%	0,01%		0,00	0,00		0,01	0,01		0,00	0,00		1	2		3	4
Máx	14,02%	13,85%	13,75%	3,65	3,71	3,67	5,38	5,16	5,20	0,54	0,46	0,42	33	24	18	108	83	77
Mín	14,02%	13,81%	13,72%	3,65	3,70	3,67	5,38	5,12	5,19	0,54	0,45	0,41	33	22	14	108	75	67

Tabela 6.6 Resultados dos ensaios realizados ao vinho aos 0, 14 e 22 meses relativos à absorvância a 420 nm, 520 nm, 620 nm, intensidade e tonalidade, para a OP5'.

Nº amostra	Absorvância a 420 nm			Absorvância a 520 nm			Absorvância a 620 nm			Intensidade			Tonalidade		
	Tempo (meses)														
	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22
1			0,391			0,418			0,122			0,931			0,935
2			0,402			0,423			0,126			0,951			0,950
3			0,420			0,440			0,131			0,991			0,955
4			0,398			0,417			0,124			0,939			0,954
5			0,401			0,426			0,125			0,952			0,941
6		0,349	0,360		0,402	0,400		0,112	0,104		0,863	0,864		0,868	0,900
7		0,349	0,359		0,402	0,397		0,112	0,104		0,863	0,860		0,868	0,904
8			0,354			0,394			0,102			0,850			0,898
9			0,380			0,415			0,107			0,902			0,916
10			0,376			0,413			0,107			0,896			0,910
11			0,375			0,410			0,106			0,891			0,915
12			0,356			0,397			0,103			0,856			0,897
Média	0,349	0,366	0,402	0,402	0,404	0,425	0,112	0,105	0,126	0,863	0,874	0,953	0,868	0,906	0,947
Desv. Pad.		0,011	0,011		0,009	0,009		0,002	0,003		0,021	0,023		0,008	0,009
Máx	0,349	0,380	0,420	0,402	0,415	0,440	0,112	0,107	0,131	0,863	0,902	0,991	0,868	0,916	0,955
Mín	0,349	0,354	0,391	0,402	0,394	0,417	0,112	0,102	0,122	0,863	0,850	0,931	0,868	0,897	0,935

Tabela 6.7 Resultados dos ensaios realizados ao vinho aos 0, 14 e 22 meses relativos à absorvância a 420 nm, 520 nm, 620 nm, intensidade e tonalidade, para a OP48h.

	Absorvância a 420 nm			Absorvância a 520 nm			Absorvância a 620 nm			Intensidade			Tonalidade			
	Tempo (meses)															
	Nº amostra	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22	0	14	22
OP48h	13			0,404			0,425			0,127			0,956			0,951
	14			0,392			0,420			0,127			0,939			0,933
	15			0,412			0,432			0,128			0,972			0,954
	16			0,418			0,438			0,130			0,986			0,954
	17			0,413			0,436			0,126			0,975			0,947
	18		0,349	0,363		0,401		0,112	0,105		0,863	0,869		0,868	0,905	
	19		0,349	0,364	0,402	0,403		0,112	0,105		0,863	0,872		0,868	0,903	
	20			0,356		0,397			0,103			0,856			0,897	
	21			0,361		0,401			0,104			0,866			0,900	
	22			0,368		0,407			0,105			0,880			0,904	
	23			0,366		0,404			0,105			0,875			0,906	
	24			0,357		0,398			0,103			0,858			0,897	
	Média	0,349	0,362	0,408	0,402	0,402	0,430	0,112	0,104	0,128	0,863	0,868	0,966	0,868	0,902	0,948
	Desv. Pad.		0,004	0,010		0,003	0,008		0,001	0,002		0,009	0,018		0,004	0,009
Máx	0,349	0,368	0,418	0,402	0,407	0,438	0,112	0,105	0,130	0,863	0,880	0,986	0,868	0,906	0,954	
Mín	0,349	0,356	0,392	0,402	0,397	0,420	0,112	0,103	0,126	0,863	0,856	0,939	0,868	0,897	0,933	

Tabela 6.8 Resultados dos ensaios realizados ao vinho aos 0, 14 e 22 meses relativos ao O₂ dissolvido e no headspace, para a OP5' e OP48h.

	OP5'						OP48h							
	Nº amostra	O ₂ dissolvido (mg/L)			O ₂ headspace (mg/L)			Nº amostra	O ₂ dissolvido (mg/L)			O ₂ headspace (mg/L)		
		0	14	22	0	14	22		0	14	22	0	14	22
	1	2,02	0,04	0,03	1,45	0,07	0,17	13	0,91	0,04	0,03	0,88	0,05	0,42
	2	1,95	0,04	0,03	1,24	0,09	0,25	14	0,92	0,04	0,03	0,51	0,03	0,38
	3	1,99	0,05	0,03	0,96	0,06	0,15	15	0,94	0,04	0,03	0,51	0,04	0,26
	4	1,77	0,05	0,03	1,13	0,15	0,30	16	0,90	0,05	0,03	0,63	0,06	0,29
	5	1,70	0,09	0,03	1,06	0,04	0,17	17	0,84	0,03	0,03	0,73	0,10	0,42
	6	1,78	0,04	0,03	1,12	0,01	0,20	18	0,86	0,03	0,03	0,83	0,07	0,37
	7	1,63			1,12			19	0,88			0,98		
	8	1,69						20	0,91			0,88		
	9	1,75			1,21			21	0,91			0,85		
	10	1,67			0,80			22	0,93			0,78		
	11	1,72			1,10			23	0,85			1,00		
	12	1,68			0,87			24	0,95			0,90		
	13	1,70			0,32			25	0,99			0,75		
	14	1,68			0,35			26	0,96			0,54		
	15	1,69			1,02			27	0,95			0,85		
	16	1,62			0,40			28	0,94			0,61		
	17	1,71			0,31			29	1,07			0,63		
	18	1,78			0,17			30	1,18			0,59		
	19	1,65			0,37			31	0,94			0,78		
	20	1,68			0,31			32	0,92			0,52		
	21	1,73			0,65			33	0,91			1,07		
	22	1,64			0,24			34	1,02			0,90		
	23	1,66			0,25			35	1,03			0,90		
	24	1,57			0,35			36	0,94			1,08		
	25	1,78			0,33			37	0,93			0,59		
	26	1,82			0,22			38	1,07			0,50		
	27	1,60			0,34			39	0,97			0,55		
	28	1,59			0,42			40	1,00			0,58		
	29	1,66			0,30			41	0,98			0,62		
	30	1,81			0,30			42	1,03			0,59		
	31	1,81			0,48			43	1,00			0,39		

Tabela 6.8 (continuação)

32	1,86			0,44			44	0,93			0,44		
33	1,74			0,46			45	1,06			0,32		
34	1,76			0,27			46	0,99			0,62		
35	1,87			0,31			47	1,00			0,57		
36	1,75			0,32			48	0,97			0,47		
Média	1,74	0,05	0,03	0,60	0,07	0,21	Média	0,90	0,04	0,03	0,76	0,06	0,36
Desv. Pad.	0,11	0,02	0,00	0,38	0,05	0,06	Desv. Pad.	0,03	0,01	0,00	0,16	0,02	0,07
Máx	2,02	0,09	0,03	1,45	0,15	0,30	Máx	0,94	0,05	0,03	0,98	0,10	0,42
Mín	1,57	0,04	0,03	0,17	0,01	0,15	Mín	0,84	0,03	0,03	0,51	0,03	0,26

Apêndice II – Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 14 meses

Tabela 6.9 Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 14 meses, relativas à OP5’.

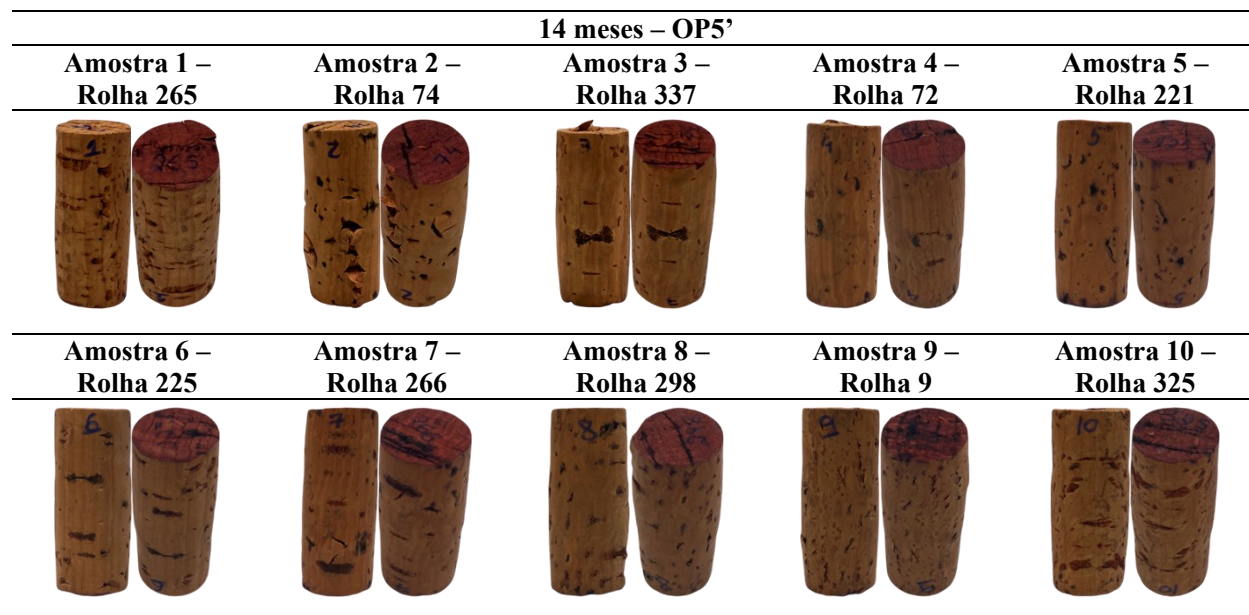
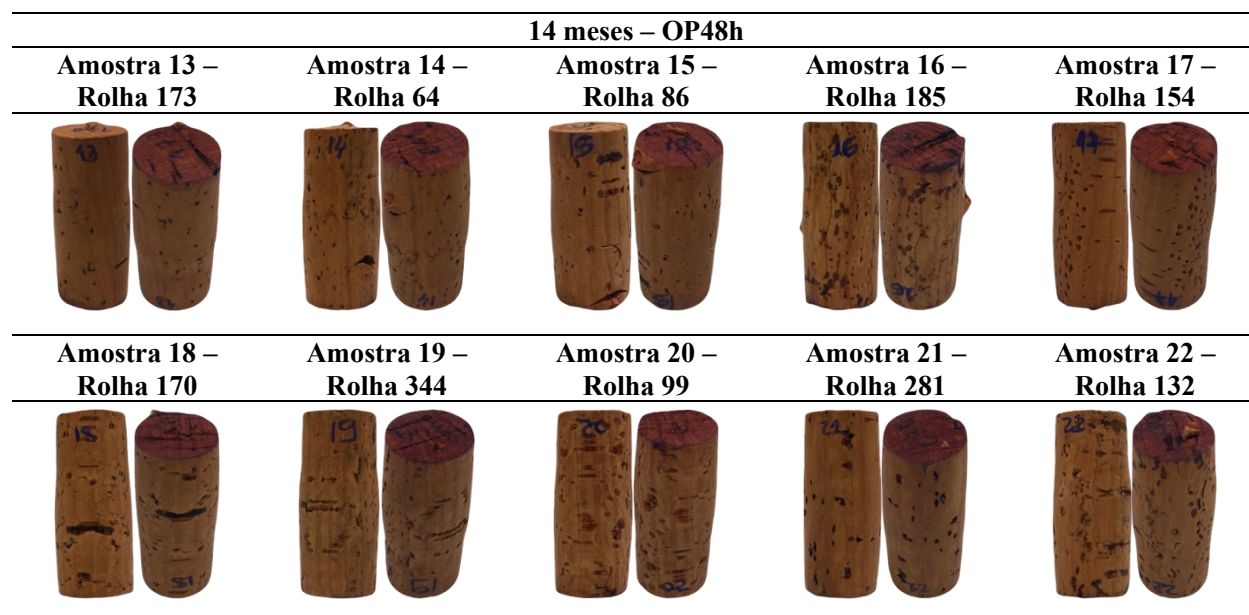


Tabela 6.10 Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 14 meses, relativas à OP48h.



Apêndice III – Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 22 meses

Tabela 6.11 Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 22 meses, relativas à OP5’.

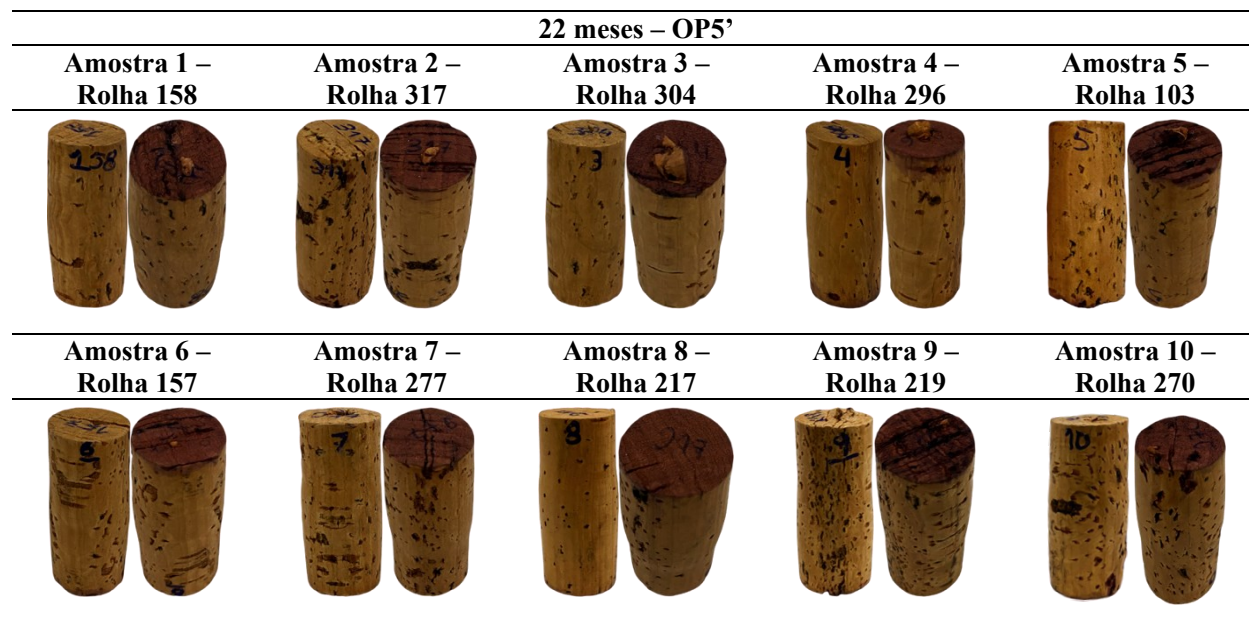
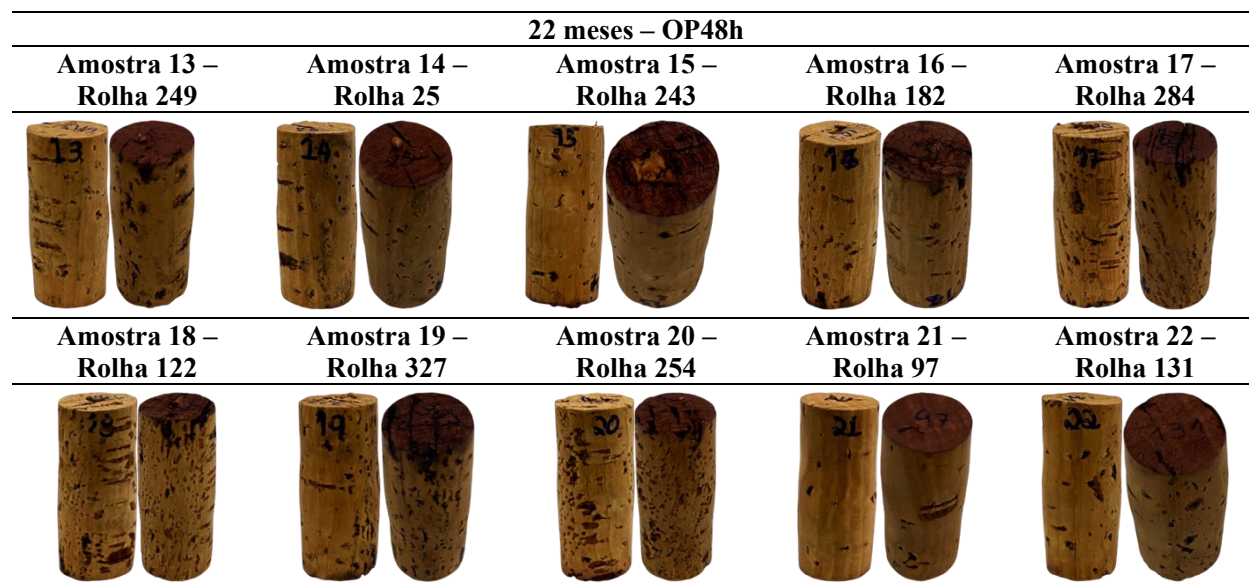


Tabela 6.12 Fotos das rolhas extraídas e analisadas aos 22 meses, relativas à OP48h.



Apêndice IV – Gráfico tempo vs velocidade da linha, para a L20

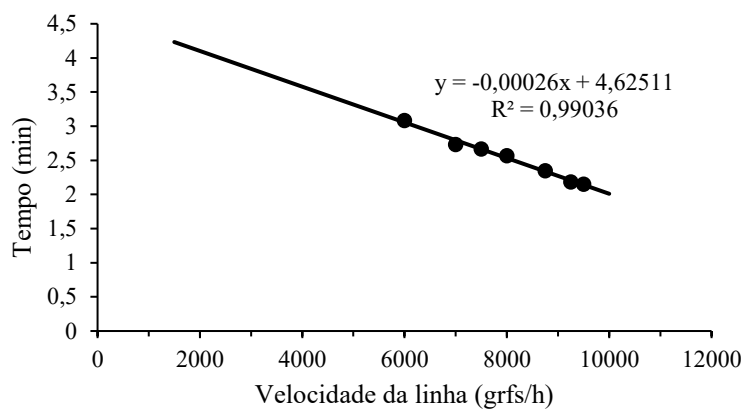


Figura 6.1 Gráfico que relaciona o tempo que uma garrafa demora até ao local do encaixotamento manual com a velocidade da linha, para a L20.

7. Anexos

Anexo I – Perfil interno do gargalo

Valores Estatísticos (mm)					
Profundidade	Mínimo	Máximo	Média	D. Padrão	Conicidade
0,0	17,76	18,48	18,30	0,09	0,00
2,0	17,79	18,62	18,39	0,10	0,09
4,0	17,95	18,80	18,51	0,13	0,21
6,0	18,13	18,97	18,64	0,14	0,34
8,0	18,21	19,04	18,68	0,15	0,38
10,0	18,11	18,98	18,62	0,17	0,32
12,0	17,95	19,06	18,53	0,21	0,23
14,0	17,88	19,30	18,56	0,27	0,26
16,0	18,03	19,74	18,79	0,34	0,49
18,0	18,28	20,03	19,10	0,39	0,80
20,0	18,52	20,21	19,28	0,42	0,98
22,0	18,57	20,32	19,34	0,43	1,04
24,0	18,46	20,29	19,33	0,43	1,03
26,0	18,37	20,15	19,27	0,42	0,97
28,0	18,28	20,00	19,16	0,41	0,86
30,0	18,19	19,94	19,04	0,39	0,74
32,0	18,10	19,83	18,90	0,37	0,60
34,0	18,02	19,69	18,76	0,35	0,46
36,0	17,93	19,56	18,62	0,33	0,33
38,0	17,84	19,44	18,50	0,32	0,21
40,0	17,76	19,35	18,40	0,32	0,10
42,0	17,69	19,27	18,31	0,32	0,02
44,0	17,65	19,22	18,25	0,32	-0,05
46,0	17,62	19,19	18,21	0,34	-0,09
48,0	17,56	19,19	18,19	0,36	-0,10
50,0	17,42	19,20	18,20	0,38	-0,09

Figura 7.1 Diâmetros mínimos, máximos e médios registados ao longo da profundidade do gargalo e valores de conicidade do mesmo.

Perfil do Gargalo - Valores Médios e Max-Min para o ensaio

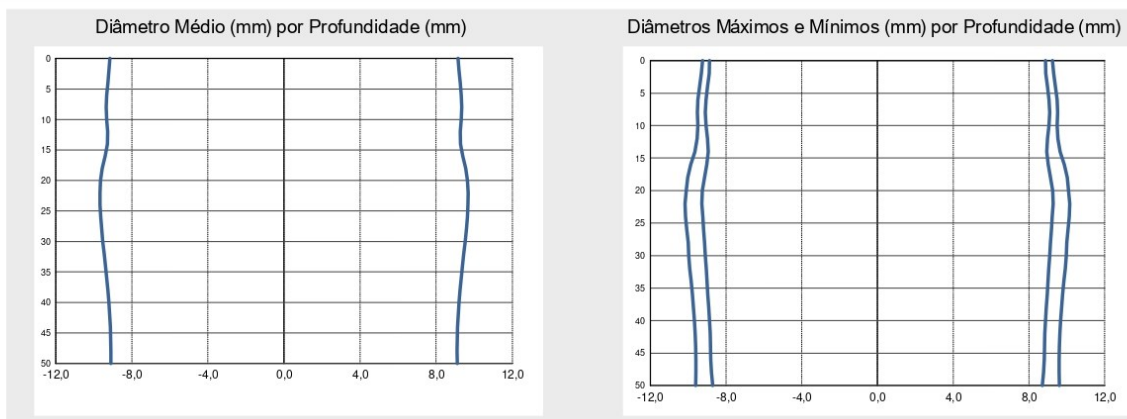


Figura 7.2 Desenho do perfil interno do gargalo, utilizando valores de diâmetro médios, máximos e mínimos.

Desenho de Pormenor - Valores Médios e Max-Min para o ensaio

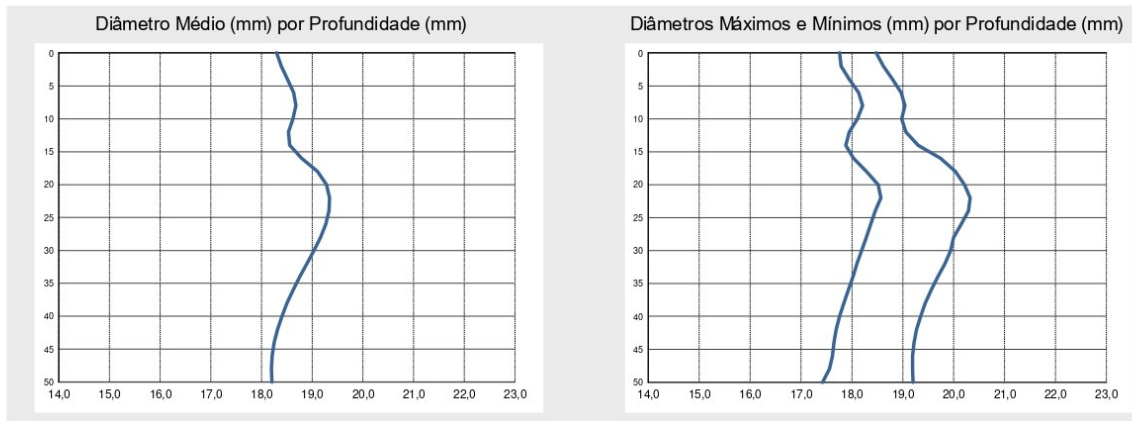


Figura 7.3 Desenho de pormenor do perfil interno do gargalo, utilizando valores de diâmetro médios, máximos e mínimos.

Anexo II – Caracterização das rolhas de cortiça

Tabela 7.1 Caracterização inicial, realizada pela Amorim Cork, das rolhas extraídas e analisadas aos 14 meses.

	Nº amostra	Nº rolha	Comprimento (± 0,7 mm)	Diâmetro a 0° (± 0,5 mm)	Diâmetro a 90° (± 0,5 mm)	Diâmetro médio (± 0,5 mm)	Ovalidade (≤ 0,5 mm)	Humidade (4% - 9%)	Massa (g)	Massa volúmica (kg/m³)
14 meses	1	265	44,96	23,88	23,94	23,91	0,06	4,4%	3,13	155,05
	2	74	45,06	24,18	24,18	24,18	0,00	4,0%	2,93	141,60
	3	337	45,12	23,88	23,93	23,90	0,05	4,5%	4,45	219,84
	4	72	45,05	24,11	24,11	24,11	0,00	4,5%	3,76	182,81
	5	221	45,20	23,96	24,12	24,04	0,16	4,7%	3,71	180,83
	6	225	44,97	24,06	23,97	24,02	0,09	4,3%	3,22	158,01
	7	266	45,19	24,15	23,95	24,05	0,20	4,6%	4,04	196,80
	8	298	45,02	24,08	24,08	24,08	0,00	4,8%	3,34	162,91
	9	9	44,85	24,04	24,04	24,04	0,00	3,3%	3,35	164,56
	10	325	45,12	24,00	23,88	23,94	0,12	4,4%	4,03	198,43
	13	173	44,76	24,02	24,02	24,02	0,00	3,6%	2,56	126,22
	14	64	44,93	23,85	23,85	23,85	0,00	4,5%	3,39	168,89
	15	86	45,14	24,12	24,12	24,12	0,00	4,9%	3,83	185,69
	16	185	44,84	24,09	24,09	24,09	0,00	4,2%	3,07	150,21
	17	154	44,70	24,01	24,01	24,01	0,00	3,4%	2,79	137,85
	18	170	44,95	23,91	23,91	23,91	0,00	4,8%	3,10	153,60
	19	344	44,91	23,93	24,25	24,09	0,32	4,3%	3,78	184,67
	20	99	45,10	23,99	23,99	23,99	0,00	4,9%	2,75	134,90
	21	281	44,98	24,17	23,84	24,01	0,33	4,4%	3,39	166,46
	22	132	45,17	24,26	24,26	24,26	0,00	4,4%	4,26	204,03

Tabela 7.2 Caracterização inicial, realizada pela Amorim Cork, das rolhas extraídas e analisadas aos 22 meses.

	Nº amostra	Nº rolha	Comprimento (± 0,7 mm)	Diâmetro a 0° (± 0,5 mm)	Diâmetro a 90° (± 0,5 mm)	Diâmetro médio (± 0,5 mm)	Ovalidade (≤ 0,5 mm)	Humidade (4% - 9%)	Massa (g)	Massa volúmica (kg/m³)	
22 meses	1	158	45,13	24,18	24,17	24,18	0,01	4,3%	3,48	167,92	
	2	317	44,99	24,22	24,19	24,20	0,03	4,3%	3,55	171,55	
	3	304	44,95	24,13	24,24	24,18	0,11	4,0%	3,01	145,83	
	4	296	44,60	23,88	23,94	23,91	0,06	4,4%	2,72	135,83	
	OP5'	5	103	44,81	23,98	23,98	23,98	0,00	3,7%	3,46	170,97
	6	157	45,13	23,77	23,77	23,77	0,00	4,4%	3,21	160,28	
	7	277	45,05	24,11	24,15	24,13	0,04	4,3%	3,21	155,81	
	8	217	44,90	24,05	24,04	24,04	0,01	3,8%	3,19	156,53	
	9	219	45,15	24,21	24,18	24,20	0,03	4,3%	3,87	186,35	
	10	270	45,01	24,16	24,26	24,21	0,10	4,4%	3,06	147,68	
	13	249	45,22	23,85	23,97	23,91	0,12	4,6%	2,70	132,98	
	14	25	45,02	24,09	24,09	24,09	0,00	4,5%	3,37	164,23	
	15	243	44,99	23,91	24,25	24,08	0,34	4,5%	3,02	147,40	
	16	182	44,78	24,12	24,12	24,12	0,00	3,6%	3,54	173,01	
	OP48h	17	284	45,13	23,89	23,96	23,92	0,07	4,3%	5,13	252,95
	18	122	44,84	24,12	24,12	24,12	0,00	4,1%	4,46	217,68	
	19	327	45,04	24,23	23,88	24,06	0,35	4,3%	4,03	196,80	
	20	254	45,13	24,21	24,01	24,11	0,20	4,3%	3,95	191,71	
	21	97	44,64	24,13	24,13	24,13	0,00	4,1%	2,85	139,61	
	22	131	45,21	24,03	24,03	24,03	0,00	5,5%	3,21	156,56	

Anexo III – Controlo do enchimento da OP5' e da OP48h

Tabela 7.3 Controlo do enchimento realizado durante o engarrafamento da OP5' e da OP48h.

	OP5'	OP48h
Grau alcoólico (%)	14	14
Temperatura Vinho (°C)	13	13
Densidade medida (g/mL)	0,9953	0,9953
Densidade corrigida (g/mL)	0,9937	0,9937
Tara (g)	510,1	510,4
	510,9	510,2
	511,5	511,1
	513,1	511,1
	513,2	512,9
	507,7	507,6
Peso Bruto (g)	1258,6	1255,2
	1254,1	1254,1
	1257,0	1255,2
	1257,2	1258,7
	1258,3	1260,0
	1255,1	1251,8
Nível Enchimento (mm)	66,51	67,30
	67,01	65,51
	63,86	64,07
	64,13	63,10
	64,42	63,14
	64,14	64,88
Capacidade (mL)	753,28	749,55
	747,94	748,65
	750,26	748,85
	748,85	752,37
	749,85	751,87
	752,17	748,95
Molde 1	14	6
Molde 2	22	22
Molde 3	3	23
Molde 4	2	18
Molde 5	29	2
Molde 6	8	6
Bico 1	1	19
Bico 2	2	20
Bico 3	3	21
Bico 4	4	22
Bico 5	5	23
Bico 6	6	24

Tabela 7.3 (continuação)

	22,9	24,1
	24,7	21,6
Força Extração (daN)	29,5	20,2
	23,7	24,3
	31,3	27,2
	21,6	23,7
	-0,0036	-0,0044
	-0,0025	-0,0043
Pressão Interna (bar)	-0,0020	-0,0024
	-0,0027	-0,0012
	-0,0029	-0,0010
	-0,0029	-0,0026
	88	115
	39	1
Numeração rolha	138	149
	342	91
	276	347
	252	57

Anexo IV – Análise química ao vinho realizada antes do enchimento

Tabela 7.4 Análise química ao vinho na vasilha de enchimento, efetuada previamente ao engarrafamento.

Álcool (% v/v)	14,02%
pH	3,65
SO₂ livre (mg/L)	33
SO₂ total (mg/L)	108
Acidez volátil (g/L em ácido acético)	0,54
Acidez total (g/L em ácido tartárico)	5,38
Absorvância a 420 nm	0,349
Absorvância a 520 nm	0,402
Absorvância a 620 nm	0,112
Intensidade	0,863
Tonalidade	0,868
Turbidez (NTU)	0,40
Estabilidade tartárica	Estável

Anexo V – Ficha de prova utilizada para análise sensorial

PROVA DESCRITIVA										
NOME:										
DATA:										
COPOS:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intensidade aromática:	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□	0 1 2 3 4 5 □□□□□
Qualidade aromática:	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
Acidez:	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
Oxidação:	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
Redução	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
Amargor:	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
Tanicidade:	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
Defeitos?	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
Pontuação de 0 a 5:	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
0 = nenhuma intensidade 5 = muita intensidade										

Figura 7.4 Ficha de prova utilizada para análise sensorial do vinho em estudo, aos 14 e aos 22 meses.

Bibliografia

- Anjos, O., Pereira, H., & Rosa, M. E. (2008). Effect of quality, porosity and density on the compression properties of cork. *Holz Als Roh - Und Werkstoff*, 66(4), 295–301. <https://doi.org/10.1007/s00107-008-0248-2>
- Arapitsas, P., Speri, G., Angeli, A., Perenzoni, D., & Mattivi, F. (2014). The influence of storage on the “chemical age” of red wines. *Metabolomics*, 10(5), 816–832. <https://doi.org/10.1007/s11306-014-0638-x>
- Castellanos, E. R., Jofre, V. P., Fanzone, M. L., Assof, M. V., Catania, A. A., Diaz-Sambueza, A. M., Heredia, F. J., & Mercado, L. A. (2021). Effect of different closure types and storage temperatures on the color and sensory characteristics development of Argentinian Torrontes Riojano white wines aged in bottles. *Food Control*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108343>
- Chanut, J., Bellat, J.-P., Gougeon, R. D., & Karbowski, T. (2021). Controlled diffusion by thin layer coating: The intricate case of the glass-stopper interface. *Food Control*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107446>
- Chatonnet, P., & Labadie, D. (2003). Contrôle de la conformité des bouchons: objectifs et paramètres à l’usage des professionnels: Des clés pour choisir ses bouchons. *Revue Française d’oenologie*, 198, 20–29.
- Danilewicz, J. C., Seccombe, J. T., & Whelan, J. (2008). Mechanism of interaction of polyphenols, oxygen, and sulfur dioxide in model wine and wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59(2), 128–136.
- Dimkou, E., Ugliano, M., Dieval, J. B., Vidal, S., Aagaard, O., Rauhut, D., & Jung, R. (2011). Impact of headspace oxygen and closure on sulfur dioxide, color, and hydrogen sulfide levels in a Riesling wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(3), 261–269. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.11006>
- Drinkine, J., Lopes, P., Kennedy, J. A., Teissedre, P.-L., & Saucier, C. (2007). Ethylidene-bridged flavan-3-ols in red wine and correlation with wine age. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6292–6299. <https://doi.org/10.1021/jf070038w>
- Forino, M., Picariello, L., Rinaldi, A., Moio, L., & Gambuti, A. (2020). How must pH affects the level of red wine phenols. *LWT*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109546>

- Fortes, M. A., Rosa, M. E., & Pereira, H. (2004). *A cortiça*. IST Press Lisboa.
- Furtado, I., Lopes, P., Oliveira, A. S., Amaro, F., Bastos, M. L., Cabral, M., de Pinho, P. G., & Pinto, J. (2021). The impact of different closures on the flavor composition of wines during bottle aging. *Foods*, *10*(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092070>
- Gibson, L. J., Easterling, K. E., & Ashby, M. F. (1981). The structure and mechanics of cork. *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences*, *377*(1769), 99–117.
- Gil, L. (2014). Cork: a strategic material. *Frontiers in Chemistry*, *2*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fchem.2014.00016>
- Godden, P., Francis, L., Field, J., Gishen, M., Coulter, A., Valente, P., Høj, P., & Robinson, E. (2001). Wine bottle closures: Physical characteristics and effect on composition and sensory properties of a Semillon wine I. Performance up to 20 months post-bottling. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *7*(2), 64–105.
- González-Adrados, J. R., González-Hernández, F., García De Ceca, J. L., Cáceres-Esteban, M. J., & García-Vallejo, M. C. (2008a). Cork-wine interaction studies: Liquid absorption and non-volatile compound migration. *Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin*, *42*(3), 163–168. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.3.815>
- González-Adrados, J. R., González-Hernández, F., García De Ceca, J. L., Cáceres-Esteban, M. J., & García-Vallejo, M. C. (2008b). Wine absorption by cork stoppers. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *6*(4), 645–649. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008064-356>
- He, J., Zhou, Q., Peck, J., Soles, R., & Qian, M. C. (2013). The effect of wine closures on volatile sulfur and other compounds during post-bottle ageing. *Flavour and Fragrance Journal*, *28*(2), 118–128. <https://doi.org/10.1002/ffj.3137>
- International Organization for Standardization. (2007). *Cylindrical cork stoppers — Physical tests — Part 4: Determination of dimensional recovery after compression (ISO Standard No.9727-4:2007)*.
- Jackson, R. S. (2020). *Wine Science: Principles and Applications Ed. 5*. Elsevier Science.
- Karbowiak, T., Crouvisier-Urien, K., Lagorce, A., Ballester, J., Geoffroy, A., Roullier-Gall, C., Chanut, J., Gougeon, R. D., Schmitt-Kopplin, P., & Bellat, J.-P. (2019). Wine aging: a bottleneck story. *Npj Science of Food*, *3*(1). <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0045-9>

- Kojić, N., & Jakobek, L. (2021). The impact of different packaging and storage time on physicochemical properties and color of red wines. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(6), 1–10. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.3036>
- Lagorce-Tachon, A., Karbowski, T., Paulin, C., Simon, J.-M., Gougeon, R. D., & Bellat, J.-P. (2016). About the Role of the Bottleneck/Cork Interface on Oxygen Transfer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(35), 6672–6675. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02465>
- Lopes, P., Saucier, C., & Glories, Y. (2005). Nondestructive Colorimetric Method To Determine the Oxygen Diffusion Rate through Closures Used in Winemaking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(18), 6967–6973. <https://doi.org/10.1021/jf0404849>
- Lopes, P., Saucier, C., Teissedre, P.-L., & Glories, Y. (2006). Impact of storage position on oxygen ingress through different closures into wine bottles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(18), 6741–6746. <https://doi.org/10.1021/jf0614239>
- Lopes, P., Saucier, C., Teissedre, P.-L., & Glories, Y. (2007). Main routes of oxygen ingress through different closures into wine bottles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5167–5170. <https://doi.org/10.1021/jf0706023>
- Oliveira, C. M., Ferreira, A. C. S., De Freitas, V., & Silva, A. M. S. (2011). Oxidation mechanisms occurring in wines. *Food Research International*, 44(5), 1115–1126. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.050>
- Oliveira, V., Lopes, P., Cabral, M., & Pereira, H. (2013). Kinetics of Oxygen Ingress into Wine Bottles Closed with Natural Cork Stoppers of Different Qualities. *American Journal of Enology and Viticulture*, 64. <https://doi.org/10.5344/ajev.2013.13009>
- Oliveira, V., & Pereira, H. (2020). Cork and Cork Stoppers: Quality and Performance. In F. Cosme, F. M. Nunes, & L. Filipe-Ribeiro (Eds.), *Chemistry and Biochemistry of Winemaking, Wine Stabilization and Aging* (p. Ch. 10). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.92561>
- Pereira, H. (2007). Cork: Biology, Production and Uses. In *Cork: Biology, Production and Uses*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52967-1.X5000-6>
- Pereira, H. (2015). The rationale behind cork properties: A review of structure and chemistry. *BioResources*, 10(3), 1–23. <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.Pereira>

- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Doneche, B., & Lonvaud, A. (2006). *Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications* (2nd ed., Vol. 1). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470010363>
- Rosa, M. E., Colago, R., & Fortes, M. F. V. and M. A. (1970). The Contact Mechanics Of Cellular Materials: Sealing Power Of Cork Stoppers. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 24. <https://doi.org/10.2495/CON990351>
- Rosa, M. E., & Fortes, M. A. (1988). Rate effects on the compression and recovery of dimensions of cork. *Journal of Materials Science*, 23(3), 879–885. <https://doi.org/10.1007/BF01153983>
- Sánchez-González, M., González-Hernández, F., & Prades, C. (2020). Optimum cork stopper diameter for a proper wine sealing performance when modifying bottleneck diameter: a first approach. *Forest Systems*, 29(1), eSC02. <https://doi.org/10.5424/%x>
- Sánchez-González, M., & Pérez-Terrazas, D. (2018). Assessing the percentage of cork that a stopper should have from a mechanical perspective. *Food Packaging and Shelf Life*, 18, 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.10.009>
- Scrimgeour, N., Nordestgaard, S., Lloyd, N. D. R., & Wilkes, E. N. (2015). Exploring the effect of elevated storage temperature on wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21, 713–722. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12196>
- Strobl, M. (2018). Red Wine Bottling and Packaging. In *Red Wine Technology* (pp. 323–339). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00022-0>
- Venturi, F., Sanmartin, C., Taglieri, I., Xiaoguo, Y., Quartacci, M. F., Sgherri, C., Andrich, G., & Zinnai, A. (2017). A kinetic approach to describe the time evolution of red wine as a function of packaging conditions adopted: Influence of closure and storage position. *Food Packaging and Shelf Life*, 13, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.07.001>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). *Understanding wine chemistry*. John Wiley & Sons.