

**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia**

**Mestrado em Viticultura e Enologia**

Dissertação

**Estudo comparativo de dois métodos de espumatização,  
método clássico (tradicional) e método de cuba fechada  
(Charmat)**

João Carlos Balreira Seabra Costeira

Orientador(es) | Maria João Cabrita

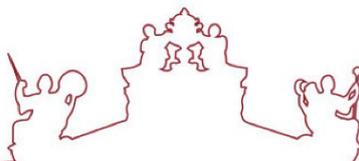
Évora 2021

---

---

---

---



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia**

**Mestrado em Viticultura e Enologia**

Dissertação

**Estudo comparativo de dois métodos de espumatização,  
método clássico (tradicional) e método de cuba fechada  
(Charmat)**

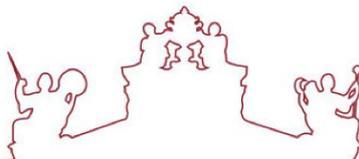
**João Carlos Balreira Seabra Costeira**

Orientador(es) | Maria João Cabrita

Évora 2021



# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | João Manuel Barroso (Universidade de Évora)

Vogais | Cristina Barrocas Dias (Universidade de Évora) (Arguente)  
          | Maria João Cabrita (Universidade de Évora) (Orientador)

Évora 2021



## **ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)**

**O presente trabalho contou com o apoio da empresa Sogrape Vinhos, S.A., da Proenol, S.A., da Comissão Vitivinícola da Região da Bairrada, Universidade Nova de Lisboa da Universidade de Évora, e da Cave Central da Bairrada, onde foram realizados os ensaios e o respetivo estágio durante os meses de Junho de 2020 a Abril de 2021, sob orientação da Professora Doutora Maria João Cabrita e do Engenheiro Pedro Andrade.**

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## **Agradecimentos**

O desenvolvimento desta tese, só foi possível com o contributo de diversas pessoas que, com o seu conhecimento e incentivo, tornaram a sua concretização possível.

Por isso, a todos sem exceção, um agradecimento pela motivação e por acreditarem, sempre, em mim.

Em particular, à minha orientadora Professora Doutora Maria João Cabrita, por todo o apoio e paciência, em todo o meu percurso académico e pela orientação.

À Professora Doutora Sílvia Rocha, à colega Carina Costa, e à Universidade de Aveiro pela colaboração e tempo disponibilizado.

Ao Professor Marco Gomes da Silva, e à Universidade Nova de Lisboa, pela colaboração.

Ao Engenheiro Pedro Andrade e Caves Central da Bairrada, pelo acolhimento, concelhos, disponibilidade e amizade ao longo deste projeto.

Ao Engenheiro Paulo Pior da Sogrape Vinhos S. A., e ao Engenheiro Filipe Centeno da Proenol S. A., pelo fornecimento de recursos necessários e por todo o interesse demonstrado no estudo.

À Comissão Vitivinícola da Bairrada, pelo conhecimento e tempo facultado.

À equipa do laboratório de enologia da Universidade de Évora, pelo trabalho desenvolvido e tempo despendido.

A todos os meus amigos que conheci na Universidade de Évora, partilharam comigo momentos felizes, aprendizagens e lições que levo para a vida.

Um especial agradecimento a toda minha família, aos meus pais pela paciência e apoio incondicional ao longo de todo o meu percurso académico. À minha irmã, pelo carinho e pela ajuda constante. Aos meus amigos, pela motivação e coragem que me deram e continuam a dar.

A Deus, que nunca deixou de me mostrar o caminho certo.

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## **Resumo**

O presente estudo pretende descrever e comparar dois métodos de espumantização: o método Clássico (Tradicional) e o método de Cuba Fechada (Charmat), tendo como referência um vinho de base IPG Bairrada.

A espumantização é uma etapa fundamental no processo de fabrico de vinhos espumantes e, por isso, é importante perceber que a técnica tradicional desta espumantização é feita em garrafa, e as leveduras que são responsáveis pela 2ª fermentação podem ser inoculadas de forma livre, ou encapsuladas. No método de cuba fechada, a espumantização é feita em cuba, e só posteriormente é feito o processo de engarrafamento.

O principal foco deste estudo é avaliar o impacto de dois métodos diferentes de espumantização, aplicados ao mesmo vinho base, nas características químicas e sensoriais dos espumantes.

Para além do exposto, pretende-se também estudar de que forma a utilização de leveduras livres e encapsuladas influenciam as características finais dos vinhos espumantes.

**Palavras chave:** Método de clássico; Método de Cuba fechada; Leveduras livres; Leveduras encapsuladas; Análise sensorial;

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Abstract

### **Comparative study of two sparkling wine methods, classic method (traditional) and closed tank method (Charmat).**

The present study aims to describe and compare two methods of sparkling wine: the Classic (Traditional) method and the Closed Cuba method (Charmat), using as reference a wine based on IPG Bairrada.

Sparkling wine is a fundamental step in the process of making sparkling wines and, therefore, it is important to realize that the traditional technique of this sparkling wine is made in a bottle, and the yeasts that are responsible for the 2<sup>nd</sup> fermentation can be inoculated freely or encapsulated. In the closed vat method, sparkling is done in vat, and only afterwards is the bottling process carried out.

The main focus of this study is to assess the impact of two different methods of sparkling wine, applied to the same base wine on the chemical and sensory characteristics of sparkling wines.

In addition to the above, it is also intended to study how the use of free and encapsulated yeasts influences the final characteristics of sparkling wines.

**Key Words:** Sparkling wine; Classic Method; Closed Cuba Method; Free Yeasts; Encapsulated Yeasts; Sensory Analysis; Chemical physical analysis; Sparkling wine charmat; LSA Classis Sparkling Wine; LSE Classic Sparkling Wine;

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Índice

Agradecimentos.....	V
Resumo.....	VI
Abstract .....	VII
Índice.....	VIII
Lista de Figuras .....	XI
Lista de Tabelas.....	XIII
Lista de Abreviaturas .....	XIV
Unidades.....	XIV
1.....	Enquadramento e Objetivos
.....	1
2.....	Revisão Bibliográfica
.....	2
2.1. A História de Efervescentes no Mundo e em Portugal .....	2
2.2. A região da Bairrada .....	8
2.2.1. Castas principais na elaboração de vinhos espumantes .....	9
2.2.1.1. Fernão Pires.....	9
2.2.1.2. Arinto .....	10
2.2.1.3. Cercial .....	10
2.2.1.4. Bical .....	11
2.2.1.5. Chardonnay .....	11
2.2.1.6. Baga.....	12
2.2.1.7. Pinot Noir .....	12
2.3. Tecnologia dos vinhos Espumantes .....	13
2.3.1. Método Clássico.....	14
2.3.2. Método Charmat.....	18
2.4. Efervescência dos vinhos espumante .....	20
2.5. Leveduras .....	22
2.5.1. Leveduras secas ativas (LSA) .....	22
2.5.2. Leveduras secas encapsuladas (LSE).....	23
2.5.3. Autólise de leveduras .....	25

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

2.6.	Composição Volátil dos Espumantes .....	27
2.7.	Análise Sensorial.....	31
3.	..... Material e Métodos	33
3.1.	Obtenção das amostras .....	33
3.2.	Análise química sumária dos vinhos base e espumantes .....	35
3.2.1.	Teor alcoólico.....	35
3.2.2.	Acidez Total .....	35
3.2.3.	Acidez Volátil .....	35
3.2.4.	pH.....	36
3.2.5.	Açúcares redutores .....	36
3.2.6.	Dióxido de enxofre livre e total.....	36
3.2.7.	Azoto facilmente assimilável (NFA).....	37
3.3.	Outras determinações analíticas efetuadas nos vinhos base.....	37
3.3.1.	Estabilidade proteica .....	37
3.3.2.	Estabilidade tartárica .....	37
3.4.	Outras determinações analíticas efetuadas nos vinhos espumantes .....	38
3.4.1.	Sobrepressão .....	38
3.4.2.	Propriedades da Espuma .....	39
3.4.3.	Análise Sensorial.....	39
3.4.4.	Compostos voláteis .....	40
4.	..... Resultados e Discussão	41
4.1.	Análises físico químicas aos vinhos.....	41
4.1.1.	Vinho de base .....	41
4.1.2.	Vinhos espumantes com 3, 6 e 9 meses de estágio .....	42
4.1.3.	Comparação das análises sumárias aos vinhos espumantes nos períodos respetivos de estágio. ....	43
4.2.	Sobrepressão .....	44
4.3.	Propriedades da espuma.....	45
4.4.	Análise Sensorial.....	47
4.4.1.	Análise dos parâmetros avaliados nos vinhos .....	47
4.4.1.1.	Aspetto .....	47
4.4.1.2.	Aroma.....	48
4.4.1.3.	Sabor .....	49
4.4.1.4.	Aromas principais .....	50

ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)

4.5.	Análise dos compostos voláteis .....	52
4.5.1.	Ésteres .....	57
4.5.2.	Álcoois .....	58
4.5.3.	Cetonas .....	59
4.5.4.	Ácidos Carboxilos .....	60
4.5.5.	Terpenos .....	61
4.5.6.	Aldeídos .....	62
4.6.	Análise estatística.....	63
5.	..... Reflexão e análise crítica	
	.....	65
	Referências .....	67
	Anexos.....	74

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Lista de Figuras

Figura 1- Técnica de Remuage.....	3
Figura 2 - Mapa da Região da Bairrada .....	9
Figura 3 - Libertação de CO <sub>2</sub> numa taça de espumante. ....	20
Figura 4- Afrómetro para cápsulas metálicas.....	38
Figura 5 - Evolução da pressão (bar) com o decorrer da fermentação do vinho espumante clássico com leveduras secas ativas (LSA).....	44
Figura 6 - Altura máxima atingida pela espuma (HM) nos três vinhos espumantes. ....	45
Figura 7 - Altura de estabilidade da espuma (HS) nos três vinhos espumantes.....	46
Figura 8 - Tempo de estabilidade da espuma (TS) dos três vinhos espumantes. ....	46
Figura 9 - Gráfico comparativo dos parâmetros do Aspeto nos vinhos espumantes após 9 meses de estágio .....	48
Figura 10 - Gráfico comparativo dos parâmetros do Aroma nos vinhos espumantes após 9 meses de estágio.....	49
Figura 11 - Gráfico comparativo dos parâmetros do Sabor nos vinhos espumantes após 9 meses de estágio.....	50
Figura 12 - Principais aromas identificados no espumante Clássico LSA (a) e LSE (b) e Charmal (c).....	51
Figura 12 - Representação gráfica da percentagem de Ésteres nos vinhos em análise..	57
Figura 13 - Representação gráfica da percentagem de Álcoois nos vinhos em análise..	58
Figura 14 - Representação gráfica da percentagem de Cetonas nos vinhos em análise..	59
Figura 15 - Representação gráfica da percentagem de Ácidos Carboxilos nos vinhos em análise.....	60
Figura 16 - Representação gráfica da percentagem de Terpenos nos vinhos em análise. .....	61
Figura 17 - Representação gráfica da percentagem do composto Nonanal nos vinhos em análise.....	62

ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)

Figura 18 - Distribuição das amostras e das variáveis no plano definido pelas duas primeiras componentes principais.....64

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tabela do Teor de açúcares expresso em Sacarose e em Glucose+Frutose correspondente a diversos níveis de pressão. (Adaptado: Cardoso, 2019) .....	15
Tabela 2 – Tabela de valores legais de denominação de um tipo de espumante em função do teor de açúcar. (Adaptado: Cardoso, 2019).....	17
Tabela 3 – Tabela de caracterização do tipo de vinho espumante em função do tempo de estágio. (Adaptado: Cardoso, 2019).....	26
Tabela 4 – Nomenclatura das amostras dos vinhos em análise.....	33
Tabela 5 – Tabela de análise sumária do vinho base. ....	41
Tabela 6 – Tabela de análise sumária dos vinhos espumantes após 3 meses de estágio.	42
Tabela 7 – Tabela de análise sumária dos vinhos espumantes após 6 meses de estágio.	42
Tabela 8 – Tabela de análise sumária dos vinhos espumantes após 9 meses de estágio.	43
Tabela 9 – Tabela de identificação dos compostos voláteis encontrados nos vinhos espumantes. ....	52
Tabela 10 – Percentagem do composto volátil nos vinhos. ....	54

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Lista de Abreviaturas

Dap – Fosfato de Diamónio

DO – Denominação de origem

LSA – Leveduras secas ativas

LSE – Leveduras secas encapsuladas/imobilizadas

NFA – Azoto facilmente assimilável

UE – União Europeia

OIV – Organização Internacional do Vinho

LLE - extração líquido-líquido

SDE - extração líquida por destilação simultânea

SPE - extração em fase sólida

SPME - microextração em fase sólida

SBSE - extração sorptiva com barra de agitação

HS-SPME - microextração em fase sólida no espaço de cabeça

SPDE - extração dinâmica em fase sólida

HM - altura máxima atingida pela espuma

HS - altura de estabilidade da espuma

TS – tempo de estabilidade da espuma

## Unidades

atm - atmosfera

EV - Elétron-volt

g – Grama

hL - Hectolitro

L - Litro

mL - mililitros

mm - milímetro

ng – nanograma

µm - micrómetro

vol - Volume

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Capítulo 1

### 1. Enquadramento e Objetivos

Inicia-se o presente trabalho com uma abordagem aos conceitos adjacentes ao tema da elaboração dos vinhos espumantes, direcionando-o, em particular, para os métodos utilizados no processo.

Primeiramente, levar-se-á a cabo uma reflexão sobre os conceitos norteadores do estudo comparativo entre os dois métodos de espumantização que posteriormente relacionarei com a questão que despoletou o estudo: “De que forma os dois métodos de produção e a utilização de leveduras secas ativas (LSA) e leveduras secas imobilizadas (LSE), condicionam as características finais dos vinhos espumantes?”.

Os meus objetivos serão: avaliar as diferenças nas características físico químicas dos vinhos espumantes obtidos com duas técnicas de espumantização diferentes e, paralelamente, comparar a utilização de leveduras, livre e encapsuladas.

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Capítulo 2

### 2. Revisão Bibliográfica

#### 2.1. A História de Efervescentes no Mundo e em Portugal

A produção de vinhos efervescentes nasceu na região de Champagne, em França, no final do século XVII, onde na famosa Abadia de Saint-Pierre d'Hautvillers, o lendário Dom Pérignon (1638-1715) pôs em prática o seu grande talento enológico e desenvolveu a produção de um vinho que viria a salvar a economia de toda a vasta região de Champagne (Cardoso, 2005).

O facto de as garrafas de vinho rebentarem passado algumas semanas do seu engarrafamento, fez com que Dom Pérignon e os seus contemporâneos, através da observação e persistência, chegassem à conclusão que existia uma refermentação no interior da garrafa. A solução encontrada passava por adicionar uma quantidade correta de açúcar ao vinho que iria fermentar dentro da garrafa, produzindo efervescência, sem pressão excessiva, evitando o rebentamento (Cardoso, 2005).

No início do século XIX, Veuve Clicquot (Nicole-Barbe Ponsardin), com objetivo de eliminar a turbidez provocada por partículas em suspensão no vinho espumante, inventou umas pupitres (suportes de madeira) que permitiam colocar as garrafas com gargalo perpendicular ao chão e rodá-las diariamente durante algumas semanas (Cardoso, 2005).

Com esta técnica (Figura 1), conhecida ainda hoje como *remuage*, é possível acumular as partículas suspensas no vinho junto do gargalo da garrafa facilitando assim a sua expulsão aquando da retirada da rolha para adição do licor de expedição e dos ajustes finais, tornando os vinhos espumantes mais limpos e cristalinos.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)



Figura 1- Técnica de *Remuage*

A fermentação em cuba fechada foi concebida ainda no século XIX, após a segunda Grande Guerra. O método conheceu um grande impulso, com base nas ideias de Charmat, um engenheiro Francês, que tinha feito propostas inovadoras em 1919 (Cardoso, 2019).

Os desenvolvimentos científicos do século XX revolucionaram todos os campos do conhecimento, na qual a enologia não foi exceção, logo, o nosso conhecimento do processo de fermentação e dos microrganismos que o conduzem, evoluiu bastante. O licor de tiragem e a segunda fermentação em garrafa foram definidos segundo Cardoso (2005) como etapas vitais na produção de vinhos espumantes.

Neste sentido, os vinhos espumantes devem muito do seu desenvolvimento a avanços técnicos relacionados com a introdução de rolhas de cortiça e a melhorias na fabricação de vidro forte, um pré-requisito para a produção de garrafas capazes de suportar as altas pressões que se criam no interior das garrafas de vinho espumante (Jackson, 2020).

Embora as uvas brancas ou tintas possam ser vinificadas para produzir vinho (s) de base, a maioria dos vinhos espumantes é produzido com uvas brancas. Assim, se as uvas tintas forem usadas, deve-se prestar especial atenção durante a colheita e a

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

prensagem, de modo a evitar a extração de pigmentos de cor (Buxaderas & López-Tamames, 2012).

Atualmente, o vinho cuja produção registou um aumento mais significativo foi o vinho espumante. Nos últimos 10 anos, a produção de vinho espumante aumentou acima de 40%, o que se deve, em parte, à mudança das tendências de consumo, principalmente, de um consumo festivo para um consumo mais regular (OIV, 2017). Ainda que a produção de vinho espumante seja menor do que outros vinhos, em termos de quantidade, o impacto deste produto é muito importante, devido ao seu alto valor acrescido e ao aumento de produção em escala global (Caliari et al, 2014).

Os vinhos espumantes de maior prestígio são os de origem europeia. A tradição histórica, as variedades utilizadas e alta produção definem a qualidade do produto final. O Champanhe destaca-se entre os vinhos espumantes, sendo considerado um símbolo de glamour e qualidade, elaborados com a casta Pinot noir, Pinot Meunier, e Chardonnay.

Em Espanha, a Catalunha é a região que mais se destaca na produção de DO (denominação de origem) espumante Cava. Este espumante de alta qualidade é produzido usando o mesmo método que Champagne, mas tem a particularidade distinta de ser feito tradicionalmente a partir de três castas brancas autóctones: Macabeo, Xarello e Parellada. Juntamente com os fatores climáticos e do solo, da região, os Cavas apresentam características distintivas (Daban, 2005).

No que diz respeito aos vinhos espumantes alemães, a casta Pinot Blanc e Riesling são consideradas as melhores variedades para elaborar um vinho de base para um vinho espumante.

Por sua vez, e durante muito tempo, os vinhos espumantes italianos, conhecidos como *spumante*, foram considerados um parente pobre do champanhe Francês. Atualmente, os vinhos espumantes Prosecco, derivados da variedade Prosecco na região de Veneto e Lambrusco, são os vinhos espumantes de maior volume de expansão comercial (IVV, 2015).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Embora compartilhem o mesmo processo de produção, as maiores diferenças devem-se sobretudo, à variedade de uva, às áreas de produção e ao período de conservação do vinho sobre borras de leveduras durante o envelhecimento.

Em Portugal, as primeiras tentativas de produção terão surgido na região do Douro (1874), mas o que conhecemos documentalmente, é o testemunho dado em pleno congresso Vitícola Nacional, em 1895, pelo Eng.º Agrónomo José Maria Tavares da Silva, primeiro diretor da então chamada Escola Vitivinícola da Bairrada. Tavares da Silva afirmou:

“Comecei a elaboração de espumantes em 1890, ano em que igualmente começou a Real Companhia do Norte”. O início da produção de espumante à escala comercial deu-se no mesmo ano na Bairrada e em Vila Nova de Gaia (Cardoso, 2005).

Em Portugal, a produção de vinhos espumantes está praticamente difundida por todas as regiões vitícolas do território nacional, com especial incidência na região da Bairrada e região de Távora e Varosa.

De acordo com o regulamento da (UE) nº1308/2013 do Parlamento Europeu e do conselho de 17 de Dezembro de 2013, define-se como vinho espumante natural o produto obtido por primeira ou segunda fermentação alcoólica de uvas frescas, mosto de uvas ou de vinho, que liberta quando se procede à abertura do recipiente, dióxido de carbono, proveniente exclusivamente da fermentação, e que apresenta, quando conservado à temperatura de 20°C em recipientes fechados, uma sobrepressão, devida ao dióxido de carbono em solução, igual ou superior a 3 bar, preparado a partir de vinho base cujo título alcoométrico total não seja inferior a 8,5%.

O mesmo regulamento define vinho espumante de qualidade do mesmo modo, com diferença da sobrepressão mínima, que passa a ser 3,5 bar, e do título alcoométrico total do vinho de base não seja inferior a 9% vol. (Cardoso, 2019).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Por conseguinte, como o próprio nome indica, o vinho de base é também a base para a elaboração de um vinho espumante. O regulamento da (UE) nº1308/2013, já citado, define vinho de base, como o mosto o vinho ou a mistura de mostos de uvas e/ou vinhos com diferentes características, destinados à preparação de um tipo determinado de vinho espumante.

Os mostos livres produzidos durante o carregamento da prensa ou mostos extraídos com pressão muito suave, são usados para obter a mais alta qualidade de vinhos de base para a elaboração de vinhos espumantes.

Na produção de Espumantes de qualidade, o vinho de base deve apresentar um teor alcoólico mínimo de 9,0% vol., evitando exceder 11,5%, tendo em conta que, durante a segunda fermentação, o teor alcoólico aumenta cerca de 1,2 – 1,5 % vol. O vinho base deve apresentar-se com prova organolética perfeita, ou seja, com aspeto não oxidado, isento de defeitos de aroma e com sabor fresco (Cardoso, 2019).

Em Portugal, o dióxido de carbono contido num vinho espumante só pode resultar da fermentação alcoólica do vinho de base, a partir do qual o vinho espumante é elaborado. Essa fermentação, a menos que se destine a transformar diretamente uvas, mosto de uvas ou mosto de uvas parcialmente fermentado em vinho espumante, só pode resultar da adição de licor de tiragem e só pode efetuar-se em garrafa ou em cuba fechada (Jornal Oficial da União Europeia, 2009).

Nos métodos de produção de vinhos espumantes destacam-se o método tradicional e o método de cuba fechada. O método contínuo já não é muito utilizado nos dias de hoje. O método clássico ou de fermentação em garrafa (também conhecido como método champanhês) caracteriza-se pela segunda fermentação do vinho ser efetuada em garrafa. O método de cuba fechada (também designado por Charmat) é caracterizado pela segunda fermentação ser executada em recipientes apropriados de grandes dimensões, equipados com meios de aquecimento e arrefecimento, com o objetivo de controlar de forma eficaz, a fermentação e estabilizar pelo frio o produto final.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

A duração do processo de elaboração dos vinhos espumantes de qualidade com denominação de origem protegida, inclui o envelhecimento na empresa de produção, calculado a partir do início da fermentação.

Na preparação dos vinhos espumantes de qualidade com direito à DO «Bairrada», o método tecnológico a utilizar é o de fermentação tradicional em garrafa, com observação do disposto na legislação em vigor (Diário da República Eletrónico, Portaria nº212/2014).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 2.2. A região da Bairrada

A região da Bairrada (Figura 2) situa-se entre Águeda e Coimbra, delimitada a Norte pelo rio Vouga, a Sul pelo rio Mondego, a Leste pelas serras do Caramulo e Buçaco e a Oeste pelo oceano Atlântico.

É uma região de orografia maioritariamente plana, com vinhas que raramente ultrapassam os 120 metros de altitude, que, devido à sua área plana e a proximidade do oceano. Além disso, goza de um clima temperado por uma fortíssima influência atlântica, com chuvas abundantes e temperaturas médias comedidas (IVV, 2020).

No que diz respeito aos solos, os mesmos dividem-se em terrenos argilosos e calcários e as faixas arenosas, evidenciando estilos diversos, consoante a predominância de cada elemento. A região encontra-se dividida em milhares de pequenas parcelas.

No passado, a região da Bairrada foi uma das primeiras regiões nacionais a criar e a explorar os vinhos espumantes, sendo hoje em dia a região com maior produção a nível nacional.

A Bairrada é ainda um palco privilegiado das transformações que têm ocorrido em Portugal, com dois estilos de vinhos. O estilo clássico desenvolvido principalmente na casta Baga, e um estilo moderno de novos vinhos bairradinos, assentes numa multiplicidade de castas de origem nacional e internacional. Como defende Rosa (2002) quando alega:

“Bairrada, numa equação química, é vinho mais água transpirados de argila. Se o sangue faz o corpo do Homem, a água faz o corpo do sangue, no corpo ou na barrica”.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)



Figura 2 - Mapa da Região da Bairrada

### 2.2.1. Castas principais na elaboração de vinhos espumantes

A grande variedade de castas existentes em Portugal permite a elaboração de um vinho de base de combinação de várias castas, com o objetivo de melhorar a qualidade, o perfil aromático e o perfil gustativo do vinho espumante final.

A Baga é a principal casta da região da Bairrada, considerada a casta local, que corresponde a pelo menos 50% das uvas plantadas na região.

Na região da Bairrada, as principais castas brancas na elaboração de vinhos espumantes são a Fernão Pires, a Arinto, a Cercial, a Bical e o Chardonnay. A nível de castas tintas, destacam-se: a Baga, a Pinot Noir e a Touriga Nacional.

#### 2.2.1.1. Fernão Pires

Trata-se de uma casta autóctone portuguesa, de maior expansão no ribatejo, com elevado grau alcoólico, baixa acidez e aromas terpénicos intensos.

Na Bairrada é conhecida como Maria Gomes, que é o seu sinónimo oficial do OIV. Também Gaeiro e Molinho são outros sinónimos históricos e religiosos desta casta. A Fernão Pires é considerada a casta-referência para os estados fenológicos das Castas brancas. Apresenta um vigor médio elevado com abrolhamento e maturação precoce,

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

deve ser vindimada antes da sobre maturação, de forma a não perder acidez e frescura. O cacho é médio, curto e cónico alado, com bagos arredondados de tamanho médio. Com grande sensibilidade à seca, esta casta requer solos profundos bem drenados, de areia tipo pliocénica ou Podzol e solos de aluvião. O carácter mais marcante é, sem dúvida, a natureza e a intensidade de aromas. Enquanto nas zonas litorais o vinho se apresenta fresco e frutado, no interior pode-se manifestar com aroma pesado e enjoativo (Böhm, 2010).

### 2.2.1.2. Arinto

O Arinto é uma casta autóctone portuguesa, de excelente qualidade, com elevada acidez, espalhada por todo o país. Pedernã é o seu sinónimo oficial do OIV. Também é conhecido como Pedernão, Arinto de Bucelas, Arintho, Val de Arintho e Chapeludo são outros sinónimos históricos e religiosos que podemos encontrar. É uma casta com abrolhamento tardio e maturação, duas semanas após a Fernão Pires, com vigor muito elevado, de produtividade muito baixa no material tradicional.

Caracteriza-se por possuir cachos grandes muito compactos, multi-alados e bagos pequenos, elípticos-curtos. É sensível ao vento, antes da floração, e a solos sem retenção de água. O míldio, oídio e a escoliose são as principais doenças que podem afetar a planta. Os solos calcários e ácidos, fundos e húmidos, mas bem drenados, não compactados, com exposição ao Norte são os mais favoráveis para obter qualidade. Concebe-se como uma excelente casta, considerada casta piloto nacional, do ponto vista enológico, uma das castas brancas portuguesas de maior valor (Böhm, 2010).

### 2.2.1.3. Cercial

Esta casta autóctone portuguesa, teve origem na Bairrada, onde apresenta a sua maior expansão. A Cerceal Branco ou Sercial (Madeira e Bucelas) são os sinónimos oficiais do OIV que podemos encontrar. É uma casta com boa acidez e enorme capacidade aromática. Possui um abrolhamento precoce, e uma maturação de época média de 7 dias, após a Fernão Pires.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Quanto ao seu porte, apresenta vigor médio, com cacho cónico-alado de bago arredondado médio, muito sensível à Botritis, e ao Oídio. É uma casta que gosta de solos argilo-calcários, que não possuam barros pesados.

Em suma, os vinhos caracterizam-se por um bom equilíbrio entre o teor alcoólico e a acidez, originando vinhos frescos e aromáticos (Böhm 2010).

### **2.2.1.4. Bical**

Casta autóctone portuguesa, de expansão dispersa pelas beiras, de média acidez, grau provável elevado, com aromas muito frutados. Conhecida pelos seus sinónimos históricos e religiosos, Borrado das Moscas, Arinto de Alcobaça ou Pintado dos Pardais.

A Bical tem um vigor forte, de abrolhamento precoce, e maturação precoce, em simultâneo com a Fernão Pires. Apresenta cacho cónico médio, com bago elíptico-curto pequeno. É sensível a solos muito alcalinos ou encharcados e muito sensível ao Oídio e ao Míldio. Não tem grandes exigências climáticas (Böhm 2010).

Os vinhos têm aromas a frutos exóticos, com sabor um pouco mais ácido que os de Maria Gomes e mais volumosos (Cardoso, 2005).

### **2.2.1.5. Chardonnay**

É uma casta estrangeira, de origem francesa com maior expansão na região da Borgonha.

A Chardonnay é uma casta de vigor médio com abrolhamento 1 semana antes da Fernão pires e maturação de 1 a 2 semanas antes da Fernão Pires.

Assim, apresenta um cacho pequeno, pouco compacto e bago de tamanho médio esféricos. Os vinhos de aroma frutado complexo, com sabor macio, muito harmonioso e longo (Cardoso 2005).

Adapta-se a diferentes climas e solos, daí a sua elevada distribuição pelo mundo.

É uma das castas-mães na produção do champagne e vinhos espumantes (CVR Távora, 2020).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 2.2.1.6. Baga

Casta autóctone portuguesa, de maior expansão em mais de metade da região vitícola da Bairrada com acidez relativamente elevada e aromas muito frutados. Bagrina é o seu sinónimo oficial (OIV), Paga Dívida, Poerinho, Carrasquenho, Baga de Louro, são outros sinónimos históricos e religiosos que podemos encontrar.

A Baga é uma casta de vigor médio forte, com abrolhamento de época médio e maturação tardia, de cacho pequeno e alado, muito compacto, com bago médio arredondado.

Apresenta pouca sensibilidade ao míldio e ao oídio, embora seja muito sensível à podridão de cachos. Adapta-se a todos os tipos de solos, mas recomenda-se terrenos de média fertilidade e humidade, bem drenados, com limitada disponibilidade hídrica. São favoráveis as zonas argilo-calcárias jurássicas, contudo, dão-se mal com pH baixo.

Esta casta levanta muita polémica devido á sua capacidade produtiva, que em condições adequadas fornece dos melhores vinhos do país (Böhm 2010).

Os seus taninos são muito ricos e presentes, dando aos seus vinhos uma longevidade elevada. Detém especial interesse na tecnologia de vinho espumante na Bairrada.

### 2.2.1.7. Pinot Noir

Casta estrangeira de origem francesa, com grande complexidade no mundo do vinho. É uma casta com cachos pequenos, cilíndricos e compactos, de bagos pequenos ligeiramente ovoides. Apresenta um abrolhamento 1 semana antes da Fernão Pires e maturação na mesma data. Os vinhos de Pinot Noir são pouco corados, com aroma muito perfumado e sabor macio e persistente (Cardoso, 2005).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 2.3. Tecnologia dos vinhos Espumantes

Nos últimos 20 anos, deu-se um rápido crescimento no conhecimento da química e bioquímica dos vinhos espumantes, que originaram melhorias consideráveis nesta tecnologia, em particular na qualidade destes vinhos (Pozo-Bayón, et al, 2009).

As propriedades organoléticas dos vinhos espumantes são conferidas pelo clima, características do solo da região, variedade das castas, e pelo tipo de leveduras usadas na elaboração do vinho (Porrás-Agüera et al, 2020).

Independentemente do tipo de uva branca ou tinta utilizada, o processo tecnológico de elaboração de vinhos espumantes brancos e rosados abrange duas etapas claramente definidas. A primeira etapa segue as mesmas práticas de vinificação típicas para vinhos de mesa brancos ou rosados (Buxaderas & López-Tamames, 2012).

A segunda etapa baseia-se na 2ª fermentação do vinho de base.

Na 2ª fermentação é adicionado ao vinho de base o licor de tiragem, produto adicionado ao vinho de base para provocar a segunda fermentação, composto principalmente por sacarose, e mostos de uvas ou vinho para produzir a pressão desejada de CO<sub>2</sub> (Lerma et al, 2018). As leveduras a adicionar devem ser selecionadas, de forma a evitar problemas fermentativos.

Dependendo da tecnologia de produção, podem ser classificados em vinhos espumantes produzidos em garrafa (método Clássico) ou vinhos espumantes em tanques hermeticamente fechados (método Charmat).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 2.3.1. Método Clássico

Os vinhos espumantes são produzidos pela 2ª fermentação de um vinho de base, seguido de um envelhecimento prolongado em contato com as borras. O método clássico ou tradicional (também conhecido método champanhês) é caracterizado pela segunda fermentação do vinho a ser realizada em garrafa.

Na fermentação secundária, a pressão endógena de CO<sub>2</sub> que é produzido pelas células de levedura é acumulada dentro da garrafa, originando nestes vinhos a espuma e a efervescência típicas (Porras-Agüera, et al 2020).

A produção de vinhos espumantes pelo método clássico inclui várias etapas específicas. Assim, antes do vinho de base ser introduzido na garrafa, é adicionada uma solução de licor de tiragem, leveduras selecionadas, e alguns adjuvantes, na proporção correta de forma a realizar a 2ª fermentação sem problemas e produzir a pressão de CO<sub>2</sub> desejada.

Segundo o Regulamento (CE) nº 606/2009, 10 de Junho de 2009, define-se licor de tiragem como o produto adicionado ao vinho de base para provocar a segunda fermentação. Este só pode conter mosto de uvas, mosto de uvas parcialmente fermentado, mosto de uvas concentrado, mosto de uvas concentrado retificado, ou sacarose e vinho.

Na prática corrente, a preparação do licor de tiragem é feita sob a forma de xarope de sacarose dissolvida no próprio vinho de base, em que cada 4g de açúcar por litro vai originar 1 bar de pressão, no caso do vinho de base apresentar-se com 10% de álcool. Para obter no final da 2ª fermentação uma sobrepressão de 6 bar (situação muito usual), o vinho de base deverá conter 24g de açúcar por litro. Simultaneamente à adição do licor de tiragem, são adicionadas as leveduras ativas.

Na tabela 1, indica-se o teor de açúcares correspondente a diversos níveis de pressão.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Tabela 1 – Tabela do Teor de açúcares expresso em Sacarose e em Glucose+Frutose correspondente a diversos níveis de pressão. (Adaptado: Cardoso, 2019)

<b>Pressão (bar)</b>		<b>Açúcares</b>	<b>Açúcares</b>
a 10°C	a 20°C	<b>Sacarose</b>	<b>Glucose+Frutose</b>
		<b>g/L</b>	<b>g/L</b>
4,0	5,4	16,0	17,0
4,5	6,1	18,0	19,1
5,0	6,8	20,0	21,2
5,5	7,5	22,0	23,3
6,0	8,2	24,0	25,4
6,5	8,8	26,0	27,6

As leveduras devem ser selecionadas para resistirem a condições do meio adversas, como a presença de álcool, pobreza de oxigénio e o teor elevado de CO<sub>2</sub>, pois só assim poderão levar a bom termo a segunda fermentação alcoólica.

Os adjuvantes mais usados são bentonite, caulino, silicatos de alumínio hidratados, ou alginatos, conhecidos como adjuvantes de *remuage*, que facilitam a separação do depósito formado durante a fermentação. A incorporação deve ser efetuada em último lugar, depois da adição do licor de tiragem e das leveduras.

A mistura de vinho de base com o licor de tiragem, juntamente com as leveduras, assim como os adjuvantes, deve ser perfeitamente homogénea, com constante agitação durante o enchimento das garrafas (Cardoso, 2019).

Posteriormente ao processo de enchimento e capsulagem, as garrafas devem ser colocadas em pilha ou em contentor na posição horizontal. A posição horizontal da garrafa assegura uma grande superfície de contacto entre as leveduras e o vinho, permitindo assim, uma maior eficácia fermentativa em comparação com outras posições possíveis da garrafa.

A área de armazenamento da garrafa deve ser protegida da luz, sem correntes de ar, com flutuações mínimas de temperatura, entre 12°C e 15°C.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

A taxa de fermentação secundária depende das leveduras e da temperatura, no entanto, uma fermentação secundária a 15°C demora cerca de 30 dias, e a 20°C cerca de 15 dias. As temperaturas inferiores a 10°C ou superiores a 20°C podem provocar problemas fermentativos.

Durante este período, ocorre a 2ª fermentação, através da qual o CO<sub>2</sub> é formado e estabilizado. O envelhecimento em contato com as borras de leveduras começa e o vinho espumante amadurece contribuindo assim, para o desenvolvimento dos aromas que caracterizam este produto (Torresi, et al 2011). Uma vez que o vinho base foi engarrafado com adição de açúcar e inoculado com leveduras, o enólogo não pode intervir mais no progresso da fermentação ou envelhecimento. O vinho espumante chegará ao consumidor na mesma garrafa onde ocorreu a 2ª fermentação (Buxaderas, et al 2012).

O procedimento de *remuage* é uma operação na qual se separa a borra de fermentação do vinho e se encaminha para o gargalo, junto do obturador. Na *remuage* manual, as garrafas são colocadas em pupitres de madeira, numa posição quase horizontal, sendo remexidas diariamente e progressivamente inclinadas até 60° a 75° com rotação 1/8 de volta, para a esquerda ou para a direita, à exceção dos primeiros 7 dias. A partir dos 15 dias, passa-se a rotações de 1/4 de volta por mais 15 dias.

Nos últimos anos, tem tido grande a difusão dos sistemas de *remuage* mecânica em contentores, que clarificam simultaneamente cerca de 500 garrafas por contentor, funcionando automaticamente 24 horas por dia, que por sua vez, encurtam o período de *remuage* para cerca de 1 semana (Cardoso, 2019).

O passo final consiste na eliminação de borras da garrafa, operação conhecida como *dégorgement*. O gargalo da garrafa de vinho espumante é imerso num banho congelante que aprisiona as borras no interior do gelo formado. De seguida, a garrafa é descapsulada mecanicamente levando sempre à perda de CO<sub>2</sub> e de uma pequena quantidade de vinho. Este é o momento em que se atestam as garrafas e se realizam as últimas adições ao vinho espumante antes de ser comercializado, como é caso do licor de expedição e do SO<sub>2</sub>.

A dosagem do licor de expedição determina a doçura final do vinho, bem como uma consistência no estilo do produtor (tabela 2). O licor de expedição é usado para equilibrar o vinho e também pode fornecer ao vinho um sabor único (Kemp, et al, 2017).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Segundo o Regulamento (CE) 606/2009, de 10 de julho, define-se “licor de expedição” como o produto adicionado aos vinhos espumantes para lhes conferir características gustativas especiais, só podendo conter sacarose, mosto de uvas, mosto de uvas parcialmente fermentado, mosto de uvas concentrado, mosto de uvas concentrado retificado, vinho, ou uma mistura destes produtos, eventualmente adicionados de destilado de vinho.

Os vinhos espumantes são classificados pelo Regulamento (CE) 607/2009, da Comissão, de 14 de Julho, em diferentes tipos de espumantes consoante o seu teor de açúcar de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de valores legais de denominação de um tipo de espumante em função do teor de açúcar. (Adaptado: Cardoso, 2019)

<b>Tipo de Espumante</b>	<b>Teor de açúcar</b>
Extra bruto	Compreendido entre 0 a 6g/L
Bruto	Inferior a 12g/L
Extra Seco	Compreendido entre 12 a 17 g/L
Seco	Compreendido entre 17 a 32g/L
Meio Seco	Compreendido entre 32 a 50g/L
Doce	Superior a 50 g/L

O *Jetting* é uma operação que acontece após a descapsulagem e consiste na introdução de um pequeno volume (20ul) de uma solução diluída de bissulfito de potássio (100ml/L), provocando a formação de espuma que preenche o espaço-cabeça, expulsando o ar nele contido. O rolhamento é efetuado de imediato, antes que a espuma desça no gargalo da garrafa. Com esta técnica, conseguem-se teores de oxigénio dissolvido inferiores a 0.5mg/L e uma maior uniformidade de características entre as garrafas. A rolhagem definitiva da garrafa é concluída com a colocação do muselet.

A operação final consiste em homogeneizar o conteúdo da garrafa, misturando o espumante com o licor de expedição, operação de agitação designada *Poignetage*. Antes

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

de serem comercializadas, as garrafas devem permanecer alguns meses em armazém (2 a 6 meses), para estabilização das características sensoriais do espumante (Cardoso, 2019).

### 2.3.2. Método Charmat

No método Charmat, a 2ª fermentação ocorre num depósito especial (isobárico) denominado autoclave, que deve suportar pressões até 13 atm a 20 ° C, para reter todo o gás carbónico gerado. Este método foi criado como uma alternativa à fermentação em garrafa, de modo a simplificar a separação das borras quando o envelhecimento estiver completo. As autoclaves possuem agitadores e sistemas de controlo da temperatura, que permitem que a fermentação ocorra mais rapidamente que na garrafa. A pressão e a temperatura podem ser reguladas, a agitação é possível e não há necessidade de *remuage* (Buxaderas et al, 2012).

A fermentação em autoclaves teve um grande desenvolvimento em Itália, nomeadamente, na produção dos espumantes Asti e Prosecco.

Atualmente, no método Charmat para a produção de *Asti Spumante* não há adição de licor de tiragem, mas sim uma refermentação do açúcar residual das próprias uvas. Assim, o processo inicia-se com uma prensagem suave da uva inteira da casta Moscatel branco, clarifica-se o mosto, conservando-o a 0°C. Com o aumento da temperatura, dá-se início à fermentação alcoólica.

No final da 1ª fermentação, recorre-se a uma centrifugação para separação parcial das leveduras. Depois repete-se o ciclo de fermentação em autoclave, a 12°-18°C, até se atingir 6/7% de teor alcoólico, e uma pressão de 4,5-5,0 bar (Cardoso, 2019).

Em Portugal, o método Charmat utilizado segue o mesmo princípio do método clássico, em que é adicionado a um vinho de base licor de tiragem, leveduras selecionadas e adjuvantes à autoclave onde o vinho vai realizar a 2ª fermentação.

Quando são atingidos os valores pretendidos na autoclave, a temperatura é reduzida para 8°C com o objetivo de interromper a fermentação, deixando aproximadamente 10% de açúcares residuais, com uma posterior refrigeração a -4°C. A diminuição da temperatura faz com que as leveduras precipitem até ao fundo da autoclave.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Existem dois métodos Charmat que podem ser descritos: o curto e o longo. O método curto demora geralmente entre 1 e 3 meses e os vinhos espumantes obtidos possuem um aroma jovem, fresco e frutado. O contato com as borras não é suficiente para produzir um aroma mais evoluído.

O método Charmat longo, produz vinhos espumantes mais semelhantes aos vinhos produzidos com método clássico, onde o contato do vinho com as borras na autoclave é prolongado a 6 meses. Apesar deste longo contato com borras, a diferença aromática ainda é detetável entre os vinhos espumantes produzidos pelo método Charmat e os vinhos produzidos pelo método Clássico (Buxaderas et al, 2012).

Uma vez que o tempo de contacto sobre borras do vinho espumante elaborado pelo método Charmat é reduzido, a autólise de leveduras pode não acontecer. O recurso ao método Paronetto, permite a inativação dos microrganismos com o tratamento térmico, tipicamente, 42°C, durante 72 horas, verificando-se a chamada lise térmica, com a libertação de conteúdo celular, como aminoácidos (Cardoso, 2019). Não deve ser comparada a lise térmica com a autólise que ocorre durante o envelhecimento em garrafa, mas desta forma é possível enriquecer os vinhos espumantes.

Na passagem a limpo do vinho das borras, este é transferindo, sob pressão, e filtrado para outra autoclave onde será estabilizado a frio. Este método também utiliza um licor de expedição para fornecer ao vinho espumante diferentes graus de doçura, adicionados à primeira ou à segunda autoclave.

A contrapressão necessária para a filtração e engarrafamento é facilitada com a utilização do azoto. Antes do engarrafamento isobarométrico o vinho espumante passa por uma filtração estéril (Cardoso, 2019).

Sem dúvida, o método Charmat é mais vantajoso e envolve uma produção mais rápida e técnicas economicamente mais compensatórias, em comparação com o método Clássico.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 2.4. Efervescência dos vinhos espumante

O metabolismo das leveduras durante a 2ª fermentação é responsável pela libertação de  $\text{CO}_2$  (Figura 3) e pela formação dos anéis de espuma dos vinhos espumantes. Segundo Liger-Belair (2003), cerca de 80% do dióxido de carbono num copo recém derramado difunde-se invisível e diretamente da superfície do vinho. Os 20% restantes formam bolhas, centenas por segundo, para começar, e um total de milhões passados alguns minutos.



Figura 3 - Libertação de  $\text{CO}_2$  numa taça de espumante.

O principal aspeto que distingue os vinhos espumantes de vinhos tranquilos é a efervescência, que se deve às bolhas de dióxido carbono que sobem continuamente através do meio líquido.

Segundo a lei de Henry, a pressão parcial de um determinado gás acima de uma solução é proporcional à concentração do gás dissolvido na solução, ou seja, o dióxido de carbono dissolvido no vinho e o dióxido de carbono gasoso presente no espaço entre o vinho espumante e a rolha de cortiça, estabelece progressivamente um equilíbrio.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Quando a garrafa é aberta, a parte da pressão de CO<sub>2</sub> no espaço livre cai. A concentração de CO<sub>2</sub> no vinho espumante não está mais em equilíbrio com sua pressão parcial. O vinho entra num estado metaestável, ficando com moléculas de CO<sub>2</sub> em excesso. Para recuperar um novo estado termodinâmico estável, correspondente à pressão parcial, quase todas as moléculas de dióxido de carbono dissolvidas no vinho espumante escapam para o exterior (Liger-Belair, 2005).

A efervescência pode ser definida como uma libertação progressiva de moléculas de CO<sub>2</sub> dissolvidas no vinho, responsáveis pela formação de bolhas, que são produzidas quando uma garrafa de vinho espumante é aberta, em consequência da diferença entre garrafa e a pressão ambiente (Pozo-Bayón et al., 2009).

Em suma, tendo em conta o referido anteriormente, a efervescência é um critério de qualidade essencial, porque as bolhas, para além CO<sub>2</sub> são portadoras de aromas. Quando o vinho espumante é vertido no copo, as bolhas de dióxido de carbono dão origem à perlage (cadeias de gás que sobem através do vinho espumante), formando a espuma. As bolhas formam-se em locais de nucleação, formados por pequenas partículas sólidas localizadas no vinho ou nas paredes de vidro (da taça ou flute). As bolhas de CO<sub>2</sub> aumentam porque a pressão interna é menor em relação ao vinho, até o gás dissolvido terminar (Torresi et al., 2011).

Durante o envelhecimento, há uma redução na espumantibilidade e um aumento na persistência da espuma. Com o avanço da tecnologia, têm sido efetuadas melhorias tecnológicas, nomeadamente o uso de leveduras com capacidade autolítica, para ajudar a obter melhores propriedades da espuma em períodos mais curtos (Torresi et al., 2011).

A qualidade do produto está frequentemente relacionada com o tamanho das bolhas que se formam. As bolhas pequenas sobem lentamente através do líquido e são preferidas às bolhas grandes (Liger-Belair, 2005), já que a efervescência é o primeiro atributo sensorial que os provadores e os consumidores apreciam e isso determina a qualidade final dos vinhos espumantes (Buxadera, 2012). É comum referir-se que existe diferença no tamanho de bolha consoante o método utilizado para a espumantização.

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## 2.5. Leveduras

As leveduras, segundo a definição de Kurtzman e Fell (1998), são fungos em estado vegetativo, que se reproduzem predominantemente por gemulação ou cissiparidade (divisão equatorial), apresentando-se durante o crescimento como microrganismos unicelulares. A sua dimensão média está compreendida entre 1 e 10  $\mu\text{m}$  e podem ser encontradas no solo, nas uvas, nos depósitos de fermentação, nas paredes e em todo o ambiente da adega (Cardoso, 2019).

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é utilizada para a elaboração de vinhos espumantes devido à sua alta capacidade fermentativa e adaptabilidade a um meio fermentativo em mudança (Matallana & Aranda, 2017). A levedura deve ser capaz de fermentar na presença de elevadas concentrações iniciais de etanol entre 9-11%, elevadas pressões de dióxido de carbono, baixo pH, desequilíbrios nutricionais e flocular-se com facilidade quando as células das leveduras morrerem (Buxaderas, 2012).

A capacidade de formar agregados e flocular é um fator importante que facilita a remoção de sedimentos no *degorgement*. As linhagens industriais de leveduras para o vinho espumante diferem na quantidade de polissacarídeos libertados durante a vinificação e são selecionadas pela sua capacidade de autólise, e pela resistência a uma variedade de condições desfavoráveis, presentes ou desenvolvidas, no meio fermentativo, permitindo alcançar a qualidade do produto final (Martínez-García, Rafael., 2019).

Para a produção de espumantes, sobretudo para a 2ª fermentação, podem usar-se leveduras secas ativas (LSA) e leveduras secas encapsuladas (LSE).

### 2.5.1. Leveduras secas ativas (LSA)

O produtor de vinho espumante tem optado cada vez mais pela utilização de leveduras secas ativas (LSA), preferindo as preparações de culturas de leveduras tradicionais, para a obtenção de uma 2ª fermentação mais fácil e adequada aos seus objetivos (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

As LSA são leveduras selecionadas, geralmente, a partir de mostos espontâneos, onde são avaliadas as suas características. Multiplicadas em meios de cultura à base de melaços enriquecidos com macronutrientes, oligoelementos e sais minerais, são submetidas a centrifugação e filtração formando-se uma pasta húmida de 70% de água.

Posteriormente, são secas, e consoante o processo de secagem apresentam-se com aspeto de pequenos filamentos cilíndricos com extremidades arredondadas, ou sob a forma de partículas lisas de forma arredondada.

A re-hidratação das leveduras é uma etapa importante por garantir a viabilidade e a vitalidade, assim como, a capacidade fermentativa e o estado adaptativo das células de levedura à fermentação alcoólica. Depois de re-hidratadas são adicionadas à mistura vinho de base + licor de tiragem, com uma inoculação que deve conduzir a uma população inicial da ordem de  $10^6$  células, capaz de atingir, no mínimo,  $4 \times 10^6$  células vivas, durante a 2ª fermentação (Cardoso, 2019).

### 2.5.2. Leveduras secas encapsuladas (LSE)

A utilização de leveduras secas encapsuladas (LSE) tem vindo a despertar grande interesse por parte de muitas indústrias vinícolas, tendo sido uma descoberta inovadora e importante para o controlo de processos fermentativos.

As LSE consistem na inclusão de células de leveduras em cápsulas com membrana dupla permeável de alginato de cálcio, em que os produtos finais têm aspeto de pequenas esferas desidratadas com cerca de 2mm de diâmetro.

As leveduras são aprisionadas, contactando com o vinho de base através da superfície exterior das esferas, funcionando como uma membrana semipermeável, que se deixa atravessar, entre outros, pelos açúcares e pelos produtos da fermentação (Cardoso, 2019). Esta dupla camada serve como cápsula, impedindo a migração de células para o meio exterior. Este produto é utilizado na 2ª fermentação de espumantes e permite suprimir o processo de clarificação (*remuage*), com conseqüente redução de custos de mão-de-obra e de custos acrescentados ao produto final.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

São um produto seguro para segundas fermentações, permitindo que as leveduras realizem a fermentação sob pressão de CO<sub>2</sub>, estando protegidas da toxicidade do etanol pela dupla camada de alginato (Arroyo-López *et al.*, 2010).

Embora as células das LSE estejam confinadas num espaço envolto pelo suporte externo, durante o envelhecimento há liberação de compostos do seu metabolismo e da autólise através da rede porosa da matriz imobilizadora (López de Lerma *et al.*, 2018).

Os suportes de imobilização adequados para a indústria do vinho devem ter pré-requisitos como pureza de qualidade alimentar, baixo custo, abundância, natureza não degradável e adequação para fermentação a baixa temperatura (Torresi *et al.*, 2011).

Quando uma garrafa que contém LSE é invertida, as “borras” instalam-se rapidamente no gargalo da garrafa e podem ser facilmente removidas (Lerma, 2018).

O uso de LSE tem sido visto como um meio para resolver vários problemas práticos nos processos de fabricação baseados em biotecnologia. Na produção tradicional de vinhos espumantes, a remoção de borras é um processo muito trabalhoso e demorado, com um amplo espaço de trabalho. A utilização industrial de leveduras secas encapsuladas na tecnologia do vinho espumante permite reduzir e simplificar os procedimentos de *remuage* e *dégorgement* (Torresi *et al.* 2011).

No entanto, alguns estudos mostraram que vinhos obtidos com a utilização de LSE tiveram um aumento nos iões de cálcio e sódio que podem alterar as suas propriedades organoléticas (Puig-Pujol *et al.*, 2013).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 2.5.3. Autólise de leveduras

A autólise da levedura é um processo natural lento que ocorre durante o envelhecimento dos vinhos espumantes. Caracteriza-se pela hidrólise de biopolímeros intracelulares, por enzimas de levedura ativadas após a morte celular, que resultam na libertação de vários compostos de citoplasma e da parede celular, principalmente compostos de baixo peso molecular (Alexandre e Guilloux-Benatier, 2008).

Assim, durante a autólise as leveduras mortas cedem substâncias ao meio, como aminoácidos, peptídeos, proteínas, polissacarídeos, derivados de ácidos nucleicos e lipídios que têm um efeito positivo na qualidade do vinho espumante (Torresi *et al.*, 2011). É este o motivo por que se deixam as garrafas em pilha durante largos meses, a fim de se tirar partido da autólise das leveduras, num processo conhecido com o envelhecimento sobre as borras.

A baixa temperatura no processo de envelhecimento sobre borras pode levar a uma baixa velocidade de reações enzimáticas, o que explica a lentidão do processo. Os diferentes compostos libertados para o vinho, juntamente com substâncias químicas já existentes no vinho originam alterações bioquímicas, e afetam tanto as características da espuma como a qualidade final dos vinhos espumantes.

A diminuição da espumabilidade pode ser justificado devido à autólise das leveduras. Alguns dos compostos que estabilizam a espuma foram libertados pelas leveduras e por polissacarídeos, embora a sua influência dependa do tipo e do peso molecular de cada um (Pérez-Magariño *et al.*, 2015).

O tempo final de envelhecimento determina o tipo e a quantidade de compostos presentes nos vinhos espumantes, e tem uma duração de pelo menos nove meses, dependendo da legislação do país produtor de vinho (Pérez-Magariño *et al.*, 2015).

Os designativos de qualidade dos espumantes portugueses estabelecidos pela Portaria nº 337/85, de 3 de junho, em função do tempo decorrido entre o engarrafamento e *degorgement* encontram-se na tabela 3.

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)**

Tabela 3 – Tabela de caracterização do tipo de vinho espumante em função do tempo de estágio.  
(Adaptado: Cardoso, 2019)

<b>Tipo de Espumante</b>	<b>Tempo de estágio</b>
Reserva	12 a 24 meses
Extra Reserva	24 36 meses
Grande Reserva	> 36 meses

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 2.6. Composição Volátil dos Espumantes

A composição volátil constitui um fator de grande importância na produção de vinhos espumantes de qualidade, desempenhando um papel marcante na qualidade e no perfil aromático dos vinhos espumantes finais. A variedade da uva, o estado de maturação, o clima, as práticas agrícolas, o solo, o método de produção, o primeiro e segundo processo de fermentação, a escolha de levedura e o período de envelhecimento sobre borras, são alguns dos fatores que influenciam a composição volátil dos vinhos espumantes (Ubeda *et al.*, 2018).

A fração volátil do vinho é extremamente complexa, principalmente, devido à natureza química variada dos compostos presentes, como álcoois, terpenos, ésteres, ácidos carboxílicos, aldeídos, latonas, cetonas e compostos de enxofre e azoto. Ressalva-se que podem ser identificados mais de 1000 compostos voláteis no vinho, com uma ampla gama de características de polaridade, solubilidade e volatilidade, e estes estão presentes em concentrações variáveis (de  $\text{ngL}^{-1}$  a  $\text{gL}^{-1}$ ) (Arcari *et al.*, 2017).

Num vinho espumante, os compostos voláteis podem ter origem primária, secundária ou terciária. Os aromas primários estão presentes nas uvas, sendo o aroma varietal maior ou menor, consoante a casta.

Em continuação, a vindima para os vinhos espumantes é realizada antes da vindima para os vinhos maduros, as uvas poderão não ser colhidas na expressão máxima do seu aroma. A simples prova das uvas permite-nos acompanhar o enriquecimento progressivo em substâncias odoríferas, absolutamente necessárias para os futuros vinhos de base e espumantes (Cardoso, 2005). Os aromas secundários, têm origem na primeira e segunda fermentação e são afetados principalmente pela qualidade do mosto, vinho de base, temperatura de fermentação e leveduras utilizadas.

A concentração de um determinado composto pode depender do tipo de levedura ou da forma de utilização, LSA ou LSE (Lerma *et al.*, 2018).

Por último, os aromas terciários surgem no vinho espumante durante o período de envelhecimento em contato com borras e células de levedura mortas (Torresi *et al.*, 2011).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

O envelhecimento é um dos fatores de grande influência nas características finais de um vinho espumante, principalmente ao nível dos compostos voláteis. Durante este período, as reações enzimáticas e autolíticas proporcionam ao vinho um perfil volátil mais complexo.

No entanto, apenas cerca de 10% destes compostos contribui para o aroma final do vinho. O impacto olfativo de cada composto volátil depende da sua concentração e do seu limiar de percepção pelo nariz humano, que varia consideravelmente para cada composto.

Assim, o cálculo do valor de atividade do odor é importante para o estudo de compostos químicos capazes de estimular uma resposta sensorial pelo sistema olfativo humano (Arcari et al., 2017). A percepção do aroma de um vinho é fortemente influenciada pela forma como as moléculas de aroma são distribuídas entre as fases gasosa e líquida, que é caracterizada pelo coeficiente de partição. A partição da substância volátil entre as fases líquida e gasosa é governada principalmente pela volatilidade e solubilidade do composto do aroma (Rodríguez-Bencomo et al, 2011).

A intensidade de uma sensação olfativa, depende não só da concentração de um composto volátil, como da sua volatilidade. Os compostos voláteis estão presentes nas uvas nas formas livres e glicosiladas. Nas formas livres, os compostos contribuem diretamente para o aroma. As formas glicosiladas são compostos não voláteis sem influencia direta para o aroma da uva, no entanto, podem ser transformados em compostos voláteis livres por hidrólise, aumentando as características aromáticas da uva (Hellín *et al.*, 2010).

Os monoterpenos e norisoprenóides desempenham um papel importante no caráter varietal do vinho, contribuindo para a sua diferenciação. Os monoterpenos apareceram como o principal grupo, especialmente nas variedades brancas, contribuindo para as características varietais do aroma. Os sesquiterpenos representam um importante grupo de compostos químicos em *Vitis vinifera L.* devido às suas propriedades aromáticas e também ao efeito bioativo como atividade antibacteriana, com capacidade de aumentar a permeabilidade bacteriana e suscetibilidade a compostos antimicrobianos exógenos. Já os norisoprenóides em C<sub>13</sub> têm sido descritos como marcadores de envelhecimento de vinhos espumantes.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Em síntese, são contribuintes muito importantes para o aroma do vinho devido aos seus descritores de aroma agradável, apresentando geralmente um baixo limiar de percepção (Coelho et al., 2009).

O método de produção utilizado na elaboração do vinho espumante, neste caso, entre o método Clássico e o método Charmat, leva a características distintas da composição volátil nos vinhos espumantes finais, pela influência que tem no aroma secundário e terciário.

Em geral, o perfil volátil dos vinhos espumantes produzidos pelo método Clássico ou Charmat é composto principalmente por ésteres, álcoois, ácidos, e alguns terpenos, que têm um papel importante no aroma geral (Ubeda et al, 2016). Mas o perfil volátil de um vinho espumante é muito dependente das características do aroma varietal e dos aromas secundários e terciários, que serão influenciados pelo método de espumantização utilizado.

Existem diversas ferramentas analíticas para a extração de compostos do vinho, com base na solubilidade dos compostos em solventes orgânicos (extração líquido-líquido - LLE, extração líquida por destilação simultânea - SDE), na volatilidade (técnicas de headspace dinâmico e estático) a capacidade de adsorção de fases poliméricas (extração em fase sólida - SPE: microextração em fase sólida - SPME; extração sorptiva com barra de agitação - SBSE). Outros métodos são baseados na combinação de algumas dessas propriedades (microextração em fase sólida no espaço de cabeça - HS-SPME; extração dinâmica em fase sólida – SPDE).

Hoje em dia, as abordagens sem solvente, como SPME e, mais recentemente, extração sorptiva com barra de agitação (SBSE), mostraram-se alternativas ecologicamente corretas devido à sua facilidade de uso, alta seletividade, alta sensibilidade e reprodutibilidade, e menos demoradas, relativamente a técnicas de extração de solvente (Coelho *et al.*, 2009).

Na análise de vinhos, a técnica de HS-SPME acoplada a GC/MS tem sido amplamente utilizada para a determinação de compostos voláteis. Pode ser aplicado a um único composto, uma classe de compostos, ou à caracterização do perfil volátil das amostras e vinhos e/ou espumantes.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

A alta seletividade aliada à rapidez, simplicidade, possibilidade de automatização do processo de extração, ausência de solventes, utilização de pequenos volumes de amostra e adequada sensibilidade são os principais motivos do sucesso desta técnica de preparação de amostras para posterior análise de compostos voláteis no vinho (Arcari et al., 2017).

A extração líquido-líquido (LLE) seguida de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC/MS) é também um método analítico muito usado. No entanto, LLE, enquanto técnica de preparação de amostra, é uma técnica demorada e trabalhosa, envolvendo procedimentos de várias etapas. Atualmente, esta técnica continua a ser utilizada, porém, com uma grande redução de volume dos solventes orgânicos utilizados, o que sempre foi uma crítica apontada a esta metodologia.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 2.7. Análise Sensorial

A análise sensorial permite fornecer muita informação sobre o aroma do vinho. O aroma é considerado um dos atributos de qualidade mais decisivos nos vinhos e um fator chave no impacto das preferências dos consumidores e na experiência de degustação (Ruiz-Moreno *et al.* 2017).

Neste mesmo sentido, o aroma de um vinho espumante é muito complexo, resultante de uma longa sequência de fatores biológicos, processos bioquímicos e tecnológicos, produzindo centenas de compostos em concentrações que variam de  $\text{ng L}^{-1}$  a  $\text{mg L}^{-1}$  (Ubeda, et al, 2018). O que na prática se vai traduzir por sensações olfativas e gustativas diferentes.

O perfil do vinho de base não permite a previsão das propriedades sensoriais dos espumantes após 9 meses de envelhecimento sobre borras (Alexandre & Guilloux-Benatier, 2008).

Um dos objetivos desta análise pode ser o de estabelecer um perfil organoléptico dos vinhos espumantes obtidos com diferentes métodos de produção e inoculação, de forma a identificar diferenças entre os produtos (Lerma et al, 2018).

Assim, o perfil sensorial do vinho espumante é mais complexo do que o do vinho de base, podendo apresentar notas tostadas, lácticas, doces e de levedura, descritas muitas vezes pelos participantes de um painel. Durante a segunda fermentação e subsequente envelhecimento em contato com borras, alguns compostos como acetatos e os ésteres etílicos diminuem em quantidade, enquanto outros, como norisoprenoides, acetais, diacetilo e furanos, aparecem ou aumentam ao longo do tempo. Todas estas diferenças na composição volátil são responsáveis pelas alterações observadas no perfil sensorial do vinho espumante em relação ao vinho de base que lhe deu origem (Torrens *et al.*, 2010).

A análise sensorial é a técnica por excelência para a avaliação da qualidade e intensidade aromática de um vinho espumante. Os vinhos espumantes são avaliados por um painel de

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

providores treinados com vasta experiência na avaliação sensorial de espumantes e o objetivo da análise é sensorial e diverso, depende do tipo de prova realizada.

A prova sensorial permite decompor o que é complexo nos elementos que o compõem, com a indispensável utilização dos nossos cinco sentidos. O reconhecimento passa primeiramente por uma sensação, que nos leva a uma percepção, e só depois à identificação.

As provas devem ser realizadas com condições específicas. Os provedores têm de estar em boas condições de saúde, sem fadiga, em silêncio e sentados no seu lugar. O horário de prova deve ser às 10/11 horas ou às 18 horas, e o número de produtos não deve ser exagerado, seguindo uma ordem de prova (branco, rosado, tinto). O local de prova (sala de prova) tem que se encontrar a 20°C de temperatura e a 60% de humidade, com lugares determinados para cada provedor sem contato visual entre ambos. A sala deve ser arejada (10xvolume/hora), sem aromas que influenciem os provedores.

Podem ser feitos vários tipos de testes de análise sensorial, como por exemplo, provas discriminativas (de diferença, de comparação, triangular, duo-trio, dois em cinco, ordenação), provas descritivas (análise descritiva quantitativa, CATA-check-all-that-apply), e provas afetivas.

Os testes de análise sensorial discriminativos são os mais usuais. Estabelecem uma diferença qualitativa ou quantitativa entre as amostras: o aspeto, o aroma e o sabor são as características mais avaliadas (Almeida, 2008).

Dado que se trata de vinhos espumantes, a análise também versa fazer-se uma avaliação da espuma e da bolha.

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Capítulo 3

### 3. Material e Métodos

Com o objetivo de verificar qual a influencia de dois tipos de espumantização, método Charmat e método Clássico, e qual a influencia da utilização de leveduras secas encapsuladas (LSE) e leveduras secas ativas (LSA) nas características dos vinhos espumantes, foi levado a cabo um ensaio de espumantização sobre um vinho base rosé.

#### 3.1. Obtenção das amostras

A experiência foi realizada com um vinho de base rosé das castas Baga e Syrah, que foi espumantizado pelo método Charmat e pelo método clássico, com dois tipos de leveduras *saccharomyces cerevisiae*. Foram elaborados três vinhos espumantes distintos: um vinho espumante Charmat com LSA, um vinho espumante Clássico com LSA e um vinho espumante Clássico com LSE. Foram recolhidas amostras com 3, 6 e 9 meses de estágio. Na tabela 4 encontra-se um resumo da nomenclatura das amostras.

Tabela 4 – Nomenclatura das amostras dos vinhos em análise.

Letra	Vinho
A -	Vinho de Base
B -	Espumante Clássico LSE 3 meses de estágio
C -	Espumante Charmat LSA 3 meses de estágio
D -	Espumante Clássico LSA 3 meses de estágio
E -	Espumante Clássico LSA 6 meses de estágio
F -	Espumante Clássico LSE 6 meses de estágio
G -	Espumante Charmat LSA 6 meses de estágio
H -	Espumante Clássico LSA 9 meses de estágio
I -	Espumante Clássico LSE 9 meses de estágio
J -	Espumante Charmat LSA 9 meses de estágio

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Neste estudo, as leveduras secas ativas usadas foram as QA23, selecionadas na região dos vinhos verdes em Portugal.

A QA23 é uma levedura que oferece segurança fermentativa aliada a baixa exigência em azoto assimilável e oxigénio (Proenol, 2020).

As leveduras secas encapsuladas (LSE) utilizadas, foram as esferas ProElif®, fornecidas pela empresa Proenol, que é a única empresa a nível mundial a produzir as leveduras secas encapsuladas (LSE) de inoculação direta para a elaboração de vinhos efervescentes (Proenol, 2020).

A preparação das leveduras secas ativas foi realizada de acordo com os protocolos de espumantização fornecido pela empresa Proenol (Anexo I, II).

Numa primeira fase, adicionou-se 1,6kg de Goferm Protect e 2 kg de leveduras QA23 a 20L de água a 37°C num recipiente, durante 15min, para a sua re-hidratação. Posteriormente a esta suspensão de leveduras, adicionaram-se 10L de licor (500g/L de açúcar), 20L de água a 25°C e 100g de fosfato de amónio, com o objetivo das leveduras se aclimatarem ao meio alcoólico.

Por fim, preparou-se o inóculo noutra recipiente onde se adicionou 40L de licor, 690L de vinho e as leveduras preparadas anteriormente. Este recipiente foi mantido a temperatura controlada de 20°C até que a densidade fosse igual a 1000, processo que demorou 5 dias.

Numa autoclave de 15000L em constante agitação, adicionou-se previamente ao vinho base, DAP (100mg/L) e tiamina (0,3mg/L) e o licor de tiragem (18g/L de açúcar). Desta mistura retiraram-se 200L para os ensaios pelo método clássico.

Assim, a esta autoclave foi adicionado o inoculado previamente preparado para a obtenção do vinho espumante pelo método Charmat LSA.

Para a obtenção dos vinhos espumantes pelo método tradicional foram engarrafadas 100 garrafas com leveduras secas ativas (LSA), e 100 garrafas com leveduras secas encapsuladas (LSE). No caso das LSA a cada garrafa ainda foi adicionado um adjuvante de remuagem (CLARIFIANT XL (80ml/hl).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

O vinho espumante elaborado pelo método Charmat LSA foi engarrafado 60 dias depois do início do ensaio. Foram recolhidas amostras para análise aos 3, 6 e 9 meses de estágio em garrafa.

Os vinhos espumantes elaborados pelo método Clássico permaneceram em estágio durante 9 meses. Foram recolhidas amostras aos 3, 6 e 9 meses de estágio em garrafa.

### **3.2. Análise química sumária dos vinhos base e espumantes**

Aos vinhos espumantes em estudo foram efetuadas análises físico-químicas gerais, de sobrepressão, propriedades da espuma, análise de compostos voláteis e análise sensorial.

#### **3.2.1. Teor alcoólico**

O teor alcoólico é definido como sendo o número de volumes de álcool puro, a uma temperatura de 20°C, contidos em 100 volumes de produto considerado, a esta temperatura (Cardoso, 2011).

O método de determinação do teor alcoólico por ebulliometria baseia-se no pressuposto de que o vinho tem uma temperatura de ebulição (78,3°C), inferior à da água (100°C) que está relacionada com o seu teor em álcool.

#### **3.2.2. Acidez Total**

Entende-se por acidez total de um vinho a acidez titulável a pH =7, excluindo-se o ácido carbónico. O princípio do método consiste na neutralização dos ácidos por solução alcalina, utilizando o azul de bromotimol, como indicador (OIV, 2018).

#### **3.2.3. Acidez Volátil**

Entende-se por acidez volátil do vinho a parte dos ácidos gordos da série acética que nela se encontram, quer no estado livre, quer na forma de sais. É constituída, essencialmente, pelo ácido acético e um dos seus derivados, o acetato de etilo, e por pequenas quantidades de ácido propiónico, de ácido butírico e dos seus ésteres.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Esta análise consiste na separação dos ácidos voláteis presentes no vinho por arrastamento numa corrente de vapor seguida de retificação, condensação e titulação (OIV, 2018).

A determinação da acidez volátil é importante por constituir uma fonte de informação sobre o estado sanitário do vinho e da gravidade das alterações que este sofre.

### 3.2.4. pH

Este parâmetro é analisado através de um potenciómetro que indica diretamente o valor de pH do vinho.

### 3.2.5. Açúcares redutores

Entende-se por açúcares redutores o conjunto de açúcares com funções cetónicas e aldeídicas que lhes confere poder redutor sobre uma solução cupro-alcalina.

O princípio do método consiste em clarificar o vinho, oxidação por uma solução cupro-alcalina em excesso e titulação por iodometria dos iões cúpricos não reduzidos (OIV, 2018).

Mediante esta análise, podemos verificar se o espumante analisado se encontra nos valores legais da denominação do tipo de espumante em função do seu teor de açúcares (ver Tabela 2, pag. 17).

### 3.2.6. Dióxido de enxofre livre e total

O dióxido de enxofre livre é definido como o dióxido de enxofre presente no vinho, na forma  $\text{HSO}_3^-$ , ião sulfito  $\text{SO}_3^{2-}$  e  $\text{SO}_2$  molecular, cujo equilíbrio depende do pH e da temperatura. O dióxido de enxofre total é definido como a soma de todas as diferentes formas de dióxido de enxofre presentes no vinho na forma livre ou combinada com constituintes do vinho.

O princípio do método para conhecer o dióxido de enxofre livre é uma titulação iodométrica direta em meio ácido. O dióxido de enxofre combinado é subsequentemente determinado por titulação iodométrica após hidrólise alcalina. Quando adicionado ao dióxido de enxofre livre, obtemos o dióxido de enxofre total (OIV, 2018).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 3.2.7. Azoto facilmente assimilável (NFA)

Resulta do somatório do azoto amoniacal com os aminoácidos na forma livre (exceto a prolina). Sempre que o valor NFA for inferior a 150 mg/L, deve ser adicionado fosfato de amónio que permite o arranque do processo fermentativo por parte das leveduras. O azoto amoniacal e os aminoácidos são substâncias utilizadas pelas leveduras para a biossíntese de proteínas celulares e a carência destas substâncias afeta o crescimento das leveduras e indiretamente o processo fermentativo.

Na elaboração do vinho espumante, quando são adicionadas as leveduras ao vinho de base para a ocorrência da 2ª fermentação, o fosfato de amónio deve ser doseado no licor de tiragem para que não existam problemas com as leveduras na 2ª fermentação.

### 3.3. Outras determinações analíticas efetuadas nos vinhos base

#### 3.3.1. Estabilidade proteica

Segundo Blouin et al (1970), as proteínas de um vinho precipitam na presença de um excesso de taninos ou devido à ação do calor. Em conjunto, estes dois fatores permitem uma rápida quantificação das proteínas presentes nos vinhos, desde que se evite as precipitações férricas pela adição de ácido ascórbico.

A estabilidade proteica do vinho base foi analisada pelo Bentoteste, que é um teste rápido que usa uma solução ácida para desnaturar as proteínas.

#### 3.3.2. Estabilidade tartárica

Um vinho encontra-se instável tartaricamente, quando há formação de cristais, normalmente tartaratos de potássico. Concluída a fermentação, aumenta a instabilidade tartárica dos vinhos por causa da elevação do teor alcoólico, sendo por isso muito importante efetuar a estabilização tartárica dos vinhos base. Uma forma de o fazer é recorrer à utilização de ácido metatartárico que é introduzido através do licor de

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

expedição. A estabilidade tartárica do vinho base foi analisada pelo método de mini-contato com recurso a um equipamento Checkstab.

### 3.4. Outras determinações analíticas efetuadas nos vinhos espumantes

#### 3.4.1. Sobrepressão

A sobrepressão ou pressão relativa correspondem ao valor da pressão absoluta existente no interior de uma garrafa, deduzido do valor da pressão atmosférica de 760 mmHg (1 atm). Após a estabilização térmica e agitação da garrafa, a sobrepressão é medida por meio de um aparelho, que mede a sobrepressão em garrafas de vinhos espumantes e semi-espumantes, denominado afrómetro. Este deve estar devidamente calibrado, dando-nos a indicação em bar, da pressão existente no interior da garrafa. O valor obtido é corrigido para a temperatura da 20°C, utilizando um fator de correção da pressão em função da temperatura (Anexo V).

O afrómetro (Figura 4) pode apresentar-se em diferentes formas dependendo da rolha do frasco, (cápsula metálica, coroa, rolha plástica ou rolha de cortiça).

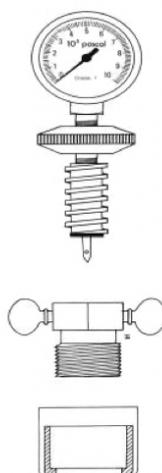


Figura 4- Afrómetro para cápsulas metálicas.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 3.4.2. Propriedades da Espuma

A capacidade de formação de espuma e a estabilidade da espuma foram avaliadas usando uma adaptação do método Mosalux e Bikerman, que se encontra descrito em Coelho, et al, 2011. A capacidade de espuma foi avaliada como o aumento em altura, de 10mL de amostra, colocados numa coluna de vidro, após a injeção de CO<sub>2</sub>. Dois parâmetros foram medidos para avaliar o volume de espuma: 1) HM (altura máxima atingida pela espuma após a injeção de CO<sub>2</sub> através da coluna de vidro, expressa em cm) que representa a capacidade da amostra de formar espuma; 2) HS (altura de estabilidade da espuma durante a injeção de CO<sub>2</sub>, expressa em cm) representa a capacidade da amostra de produzir um anel de espuma persistente e estável.

O tempo de estabilidade da espuma (TS) foi avaliado como o tempo decorrido para o colapso da bolha até que o líquido apareça, após a interrupção do CO<sub>2</sub>, e é expresso em segundos (s). As medições de HM, HS e TS foram efetuadas com cinco réplicas de 4 garrafas de cada um dos espumantes em estudo.

### 3.4.3. Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada com um painel de provadores constituído por 10 profissionais. Os parâmetros avaliados foram o aspeto, o aroma e o sabor.

Em forma de introdução, relativamente ao aspeto, foi avaliada a limpidez, a cor, o cordão de espuma, a bolha/persistência. A caracterização olfativa baseou-se na intensidade, na qualidade, na complexidade e na identificação de aromas. O sabor foi avaliado pela intensidade, qualidade, complexidade, estrutura/equilíbrio/corpo, e pela qualidade da mousse.

A prova foi apoiada com uma roda de aromas fornecida a cada provador (o Anexo IV inclui a ficha de prova no Anexo III).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 3.4.4. Compostos voláteis

A técnica escolhida para a análise dos compostos voláteis foi a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC/MS). Para introdução da amostra no sistema cromatográfico, optou-se por uma micro extração em fase sólida no espaço de cabeça (HS-SPME), com uma fibra DVB/Carb/PDMS, espessura de filme de 50/30  $\mu\text{m}$  (df), fornecida pela Supelco, (Bellefonte, PA, EUA). A fibra foi condicionada seguindo as recomendações do fabricante, e foram sendo executados periodicamente brancos de fibra para garantir a ausência de contaminantes e/ou efeito de memória. Para o HS-SPME, 0,4 g de cloreto de sódio foram adicionados a 4,0 ml de amostra num frasco de 22 ml e selado com um septo de borracha revestido de teflon com tampa de rosca magnética. O frasco foi equilibrado por 10 min a 40 °C e, em seguida, a fibra foi exposta por 30 min à mesma temperatura. A dessorção térmica dos analitos foi realizada a 260 °C por 3 min em modo splitless pelo mesmo período de tempo. Todas as amostras foram analisadas em duplicado, num cromatógrafo Bruker Scion SQ 456 GCMS, com um amostrador automático CTC-CombiPal, e um sistema de aquisição de dados (MSWS 8.2 Bruker). A separação cromatográfica decorreu numa coluna capilar SupelcoWaxTM 10 PLUS (60 m x 0.25 mm i.d., 1.0  $\mu\text{m}$  df), fornecida pela Supelco Analytical (Supelco, Bellefonte, PA). As condições cromatográficas encontram-se descritas em Pereira et al, (2021).

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Capítulo 4

### 4. Resultados e Discussão

#### 4.1. Análises físico químicas aos vinhos

##### 4.1.1. Vinho de base

Na tabela 5 apresentam-se os resultados obtidos para as análises físico-químicas efetuadas ao vinho de base.

Tabela 5 – Tabela de análise sumária do vinho base.

Determinações analíticas	Vinho de Base
Teor Alcoólico (%)	11,25
Acidez volátil (g/L ác. Acético)	0,45
Acidez total (g/L ác. Tartárico)	4,49
pH	3,26
SO <sub>2</sub> livre (mg/L)	10
SO <sub>2</sub> total (mg/L)	85
Açucares redutores (g/L)	0,54
NFA (mg/L)	81,49

A análise sumária do vinho base apresentada demonstrou que os valores analíticos encontram-se todos dentro dos limites legais estabelecidos pelo instituto da Vinha e do Vinho (Anexo VI).

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)**

**4.1.2. Vinhos espumantes com 3, 6 e 9 meses de estágio**

Nas tabelas 6, 7 e 8 apresentam-se as análises físico-químicas efetuadas aos vinhos espumantes após 3, 6 e 9 meses de estágio em garrafa.

Tabela 6 – Tabela de análise sumária dos vinhos espumantes após 3 meses de estágio.

<b>Determinações analíticas</b>	<b>Charmat LSA</b>	<b>Clássico LSA</b>	<b>Clássico LSE</b>
Teor Alcoólico (%)	11,9	12	12,1
Acidez volátil (g/L ác. Acético)	0,36	0,36	0,36
Acidez total (g/L ác. Tartárico)	5,63	4,51	4,53
pH	3,38	3,55	3,46
SO <sub>2</sub> livre (mg/L)	35	12	13
SO <sub>2</sub> total (mg/L)	159	85	83
Açúcares redutores (g/L)	9,7	1,1	2,7

Tabela 7 – Tabela de análise sumária dos vinhos espumantes após 6 meses de estágio.

<b>Determinações analíticas</b>	<b>Charmat LSA</b>	<b>Clássico LSA</b>	<b>Clássico LSE</b>
Teor Alcoólico (%)	11,9	12	12,1
Acidez volátil (g/L ác. Acético)	0,36	0,45	0,48
Acidez total (g/L ác. Tartárico)	5,68	4,49	4,49
pH	3,31	3,56	3,53
SO <sub>2</sub> livre (mg/L)	36	12	13
SO <sub>2</sub> total (mg/L)	181	99	96
Açúcares redutores (g/L)	9,7	0,9	2,0

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Tabela 8 – Tabela de análise sumária dos vinhos espumantes após 9 meses de estágio.

<b>Determinações analíticas</b>	<b>Charmat LSA</b>	<b>Clássico LSA</b>	<b>Clássico LSE</b>
Teor Alcoólico (%)	11,9	12	12,1
Acidez volátil (g/L ác. Acético)	0,36	0,48	0,51
Acidez total (g/L ác. Tartárico)	5,61	4,43	4,41
pH	3,34	3,53	3,53
SO <sub>2</sub> livre (mg/L)	34	12	11
SO <sub>2</sub> total (mg/L)	158	87	85
Açúcares redutores (g/L)	9,7	0,9	2,0

### 4.1.3. Comparação das análises sumárias aos vinhos espumantes nos períodos respetivos de estágio.

Da análise dos resultados verifica-se que o teor alcoólico dos vinhos espumantes subiu ligeiramente, como resultado do processo de espumantização, sendo os vinhos Clássicos LSE os que apresentaram teor alcoólico mais elevado.

Ao longo do estágio em garrafa a acidez volátil subiu ligeiramente, sendo os Clássicos LSE os que apresentaram o valor mais elevado ao fim de 9 meses de estágio em garrafa. Já para a acidez total foram os espumantes obtidos pelo método Charmat LSA os que apresentaram o valor mais elevado.

As maiores diferenças entre os espumantes verificam-se para os teores em SO<sub>2</sub> e açúcares redutores, uma vez que os espumantes obtidos pelo método Charmat LSA apresentam valores mais elevados.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 4.2. Sobrepressão

Os valores da pressão relativa determinados foram apenas indicadores durante a fermentação dos vinhos espumantes.

O controlo da pressão relativa no interior das garrafas (método Clássico) e no interior da autoclave (método Charmat) permite saber quando é que a fermentação termina ou se existe uma paragem da fermentação. O valor médio de pressão relativa no método Clássico foi entre 5,5-6 bar, e no método Charmat 4,5-5 bar.

Na figura 5 está apresentada a curva da evolução da pressão (bar) com o decorrer da fermentação do vinho espumante clássico com leveduras secas ativas (LSA).

No método Charmat a pressão relativa é sempre mais fácil de controlar por se tratar de um único depósito onde apenas é realizada a fermentação, enquanto no método Clássico a fermentação realiza-se na garrafa que vai conter o produto final, tornando mais difícil e moroso a medição da pressão.

Deve estabelecer-se um intervalo de pressão relativa, uma vez que existem sempre perdas no engarrafamento no método Charmat e no *degorgement* das garrafas elaboradas pelo método Clássico.



Figura 5 - Evolução da pressão (bar) com o decorrer da fermentação do vinho espumante clássico com leveduras secas ativas (LSA).

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### 4.3. Propriedades da espuma

Nas figuras 6, 7, 8 que se seguem estão representados os resultados, da altura máxima atingida pela espuma (HM), da altura de estabilidade da espuma (HS) e o tempo de estabilidade da espuma (TS), encontrados nos vinhos espumantes em análise.

Os valores indicados são a média de 4 garrafas de cada método de espumantização usado, e de 5 réplicas por garrafa. Os resultados obtidos para as propriedades da espuma dos vinhos espumantes mostram que o método de espumantização usado influencia as propriedades da espuma dos espumantes.

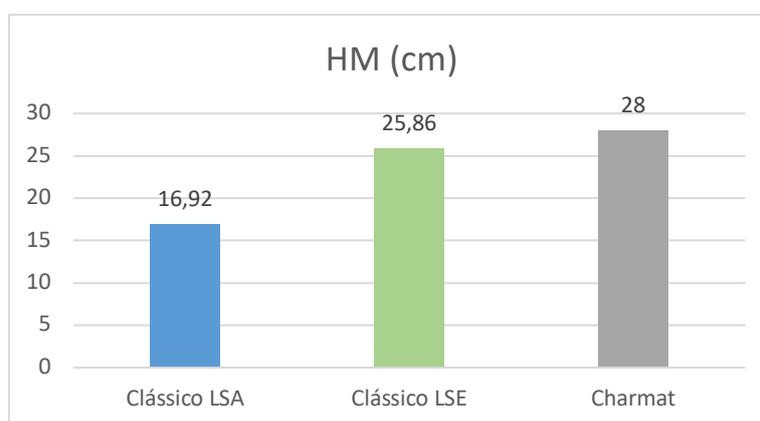


Figura 6 - Altura máxima atingida pela espuma (HM) nos três vinhos espumantes.

A altura máxima de espuma (HM) foi distinta nos três vinhos espumantes.

Os vinhos espumantes Charmat LSA apresentaram a maior HM e os vinhos espumantes Clássicos LSA a menor. Esta diferença está relacionada com o envelhecimento na garrafa em contacto com as borras leveduras, que tem uma influência negativa na HM (Coelho, et al, 2011)

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

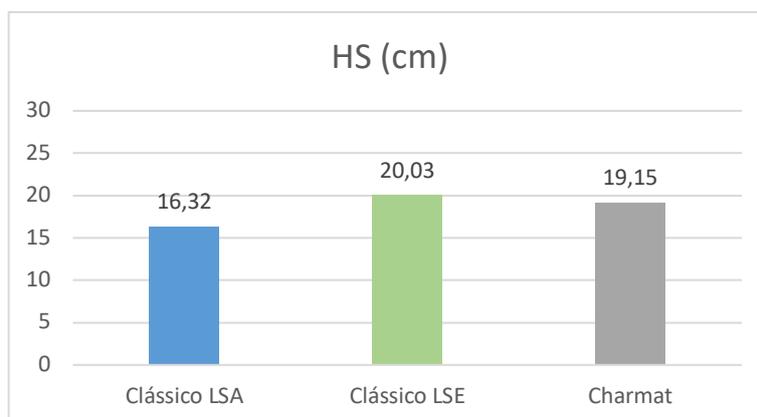


Figura 7 - Altura de estabilidade da espuma (HS) nos três vinhos espumantes.

Os vinhos espumantes Clássicos LSE foram o que apresentaram a altura de estabilidade da espuma (HS) maior, enquanto o menor valor foi encontrado nos espumantes Clássicos LSA.

A HS é o momento em que a altura da espuma estabiliza com uma determinada altura (cordão de espuma). A altura de estabilidade da espuma é um aspeto muito importante para a qualidade de um vinho espumante.

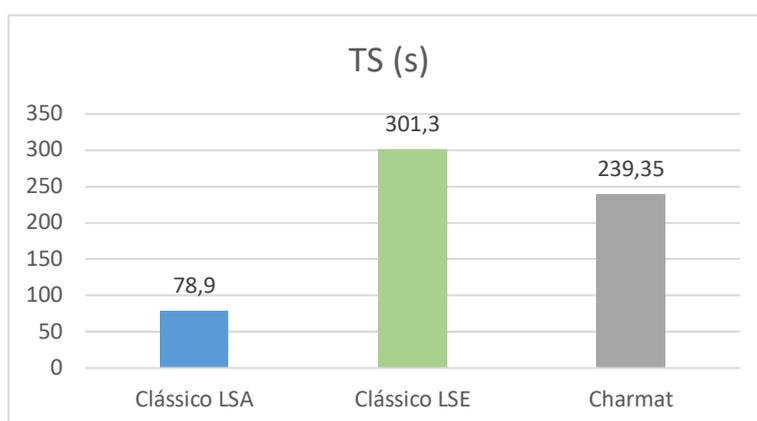


Figura 8 - Tempo de estabilidade da espuma (TS) dos três vinhos espumantes.

O tempo de estabilidade da espuma (TS), consiste no tempo que demora a desaparecer toda a espuma da superfície.

## **ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)**

Os vinhos espumantes Clássicos LSE foram os que apresentaram o maior TS, ou seja, foi o espumante que apresentou uma mousse mais persistente. Os vinhos espumantes Clássicos LSA registaram o valor mais baixo, com uma clara diferença dos outros vinhos espumantes.

### **4.4. Análise Sensorial**

#### **4.4.1. Análise dos parâmetros avaliados nos vinhos**

Para cada um dos ensaios relativos aos vinhos espumantes Charmat LSA, Clássico LSE e LSA foi feita uma análise do aroma e do sabor, com diferentes parâmetros, após 9 meses de estágio. Os valores das classificações médias atribuídas numa camara de prova, constituída por 10 provadores treinados são apresentados em gráficos, que pretendem ilustrar as diferenças encontradas.

##### **4.4.1.1. Aspeto**

Na figura 9, apresentam-se os resultados da limpidez, das bolhas/persistência, da cor, e do cordão de espuma, em análise.

A avaliação do aspeto dos diferentes vinhos espumantes foi semelhante.

Relativamente à limpidez ambos os espumantes, Charmat LSA, Clássico LSE e LSA, apresentaram uma boa limpidez.

No que diz respeito à bolha e ao cordão de espuma podemos notar que os espumantes Clássico LSE foram os que alcançaram um melhor resultado. O resultado obtido para os espumantes Clássicos LSE está de acordo com os resultados obtidos para as propriedades de espuma anteriormente referidas. Para os espumantes obtidos pelo método Charmat LSA, verifica-se o oposto, visto ter sido o que obteve mais baixas avaliações nestes dois parâmetros, mas ter apresentado valores similares ao espumante LSE nas propriedades da espuma.

Por último, dentro do parâmetro da cor, os resultados dos vinhos espumantes Charmat LSA superaram de forma significativa os restantes, os Clássico LSE e LSA.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Os espumantes Clássicos LSE foram o que obtiveram uma melhor classificação geral no parâmetro do aspeto.

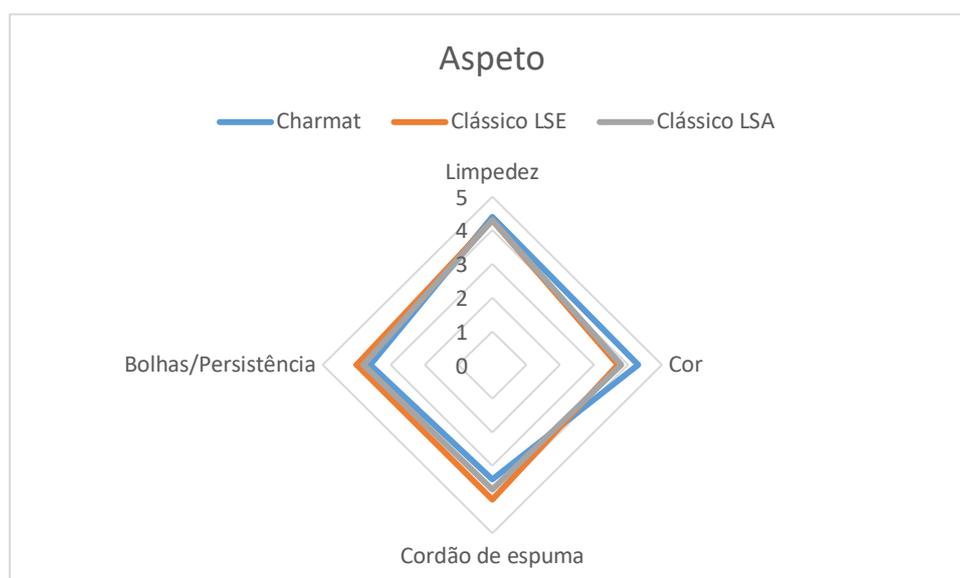


Figura 9 - Gráfico comparativo dos parâmetros do Aspeto nos vinhos espumantes após 9 meses de estágio

### 4.4.1.2. Aroma

Na figura 10, apresentam-se os resultados da intensidade, complexidade e qualidade do aroma, para os espumantes em análise.

Os vinhos espumantes Charmat LSA e os Clássicos LSE apresentaram a melhor intensidade aromática, seguidos dos Clássicos LSA. Relativamente à complexidade aromática, foi mais evidente nos vinhos espumantes Clássicos LSA e LSE, sendo os Charmat LSA os menos complexos.

Na qualidade aromática destacaram-se os espumantes Clássico LSA.

Em termos gerais os espumantes Clássicos LSA obtiveram a melhor classificação no parâmetro do aroma.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

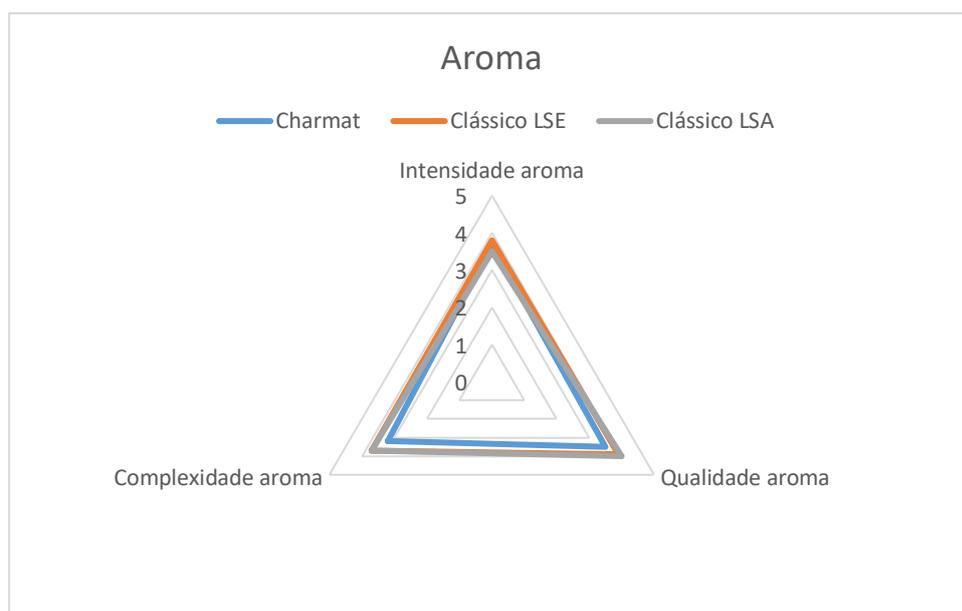


Figura 10 - Gráfico comparativo dos parâmetros do Aroma nos vinhos espumantes após 9 meses de estágio.

### 4.4.1.3. Sabor

Na figura 11, apresentam-se os resultados da qualidade do sabor, da qualidade da mousse e do sabor, da estrutura/equilíbrio/corpo e da complexidade do sabor, em análise. Na avaliação do sabor dos vinhos espumantes verificaram-se algumas diferenças nos parâmetros avaliados.

A intensidade do sabor nos vinhos espumantes Clássicos LSA foi a mais bem avaliada, relativamente aos Clássicos LSE e aos Charmat LSA.

Os vinhos espumantes Clássicos LSA e os Charmat LSA, apresentaram uma qualidade da mousse mais definida, enquanto o que os Clássicos LSE obtiveram uma classificação mais baixa, tendo sido o equilíbrio/estrutura/corpo mais marcante nos vinhos espumantes Clássicos LSA.

Quanto à qualidade do sabor e à complexidade, os vinhos espumantes Clássicos LSA distinguiram-se novamente dos restantes, Clássicos LSE e Charmat LSA.

Os espumantes Clássicos LSA obtiveram uma melhor classificação no parâmetro do sabor.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

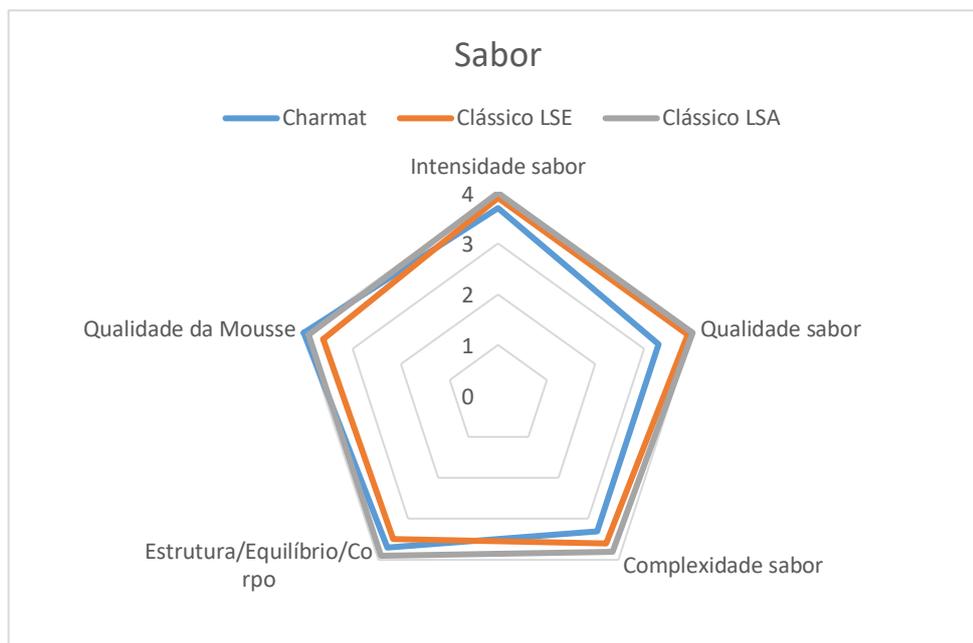


Figura 11 - Gráfico comparativo dos parâmetros do Sabor nos vinhos espumantes após 9 meses de estágio.

### 4.4.1.4. Aromas principais

Os aromas principais dos vinhos espumantes foram identificados com o apoio de uma roda de aromas fornecida a cada provador (Anexo 1).

Na figura 12 apresentam-se os aromas mais referenciados pelos produtores para cada espumante.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

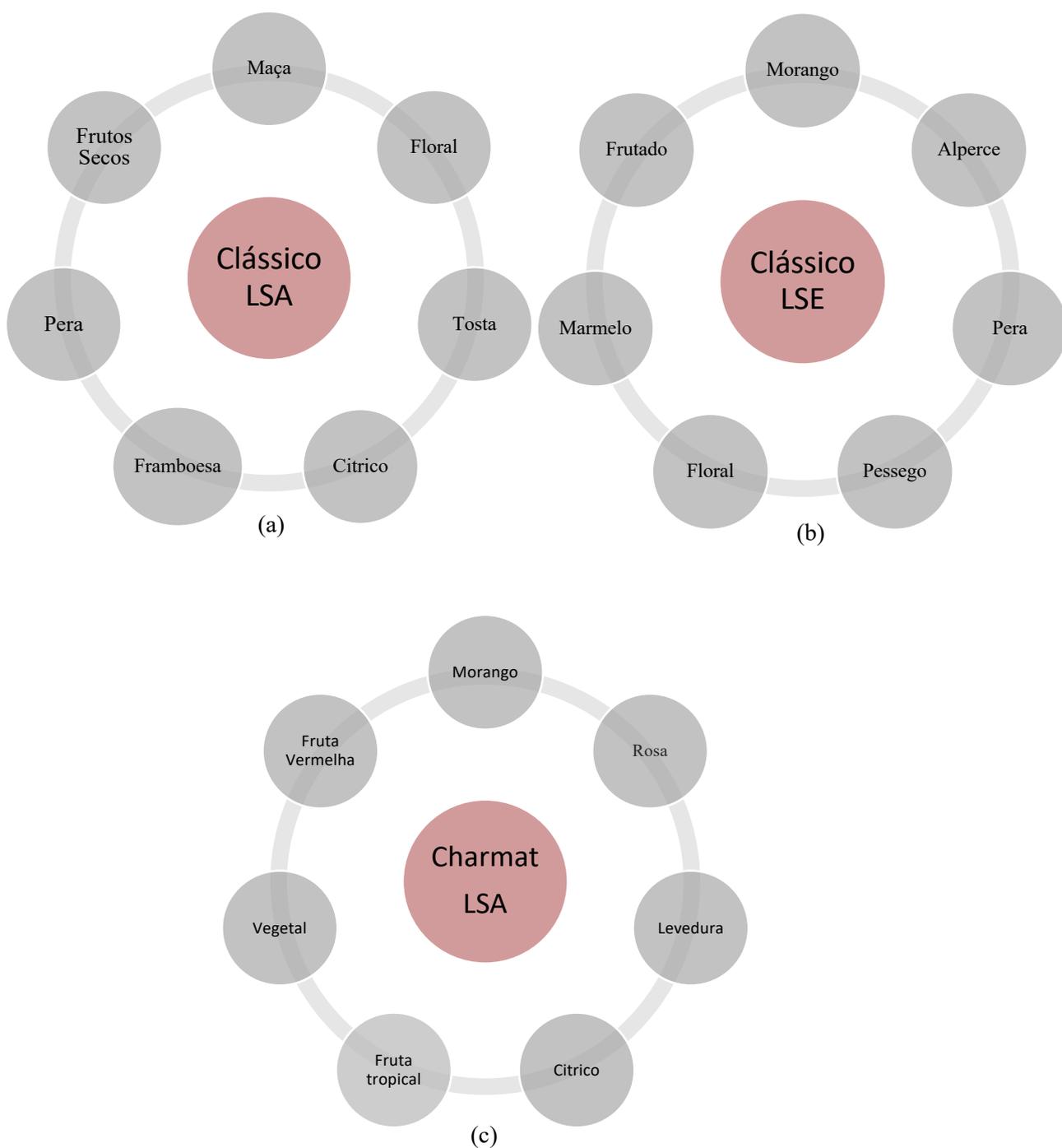


Figura 12 - Principais aromas identificados no espumante Clássico LSA (a) e LSE (b) e Charmat LSA (c).

Apesar de o número de provadores ter sido reduzido, verifica-se que foram referenciados diferentes aromas para cada espumante.

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## 4.5. Análise dos compostos voláteis

Na tabela 9, encontram-se os compostos voláteis que foram identificados nas amostras em estudo, após análise por HS-SPME-GC/MS.

Tabela 9 – Tabela de identificação dos compostos voláteis encontrados nos vinhos espumantes.

	Composto	Iões característicos (m/z)	Fórmula Química	LRI <sub>CAL</sub> ; LRI <sub>LIT</sub>
<b>Éster</b>				
1	Acetato de etilo	43/45/61	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	n.c.; 885
3	Isobutirato de etilo	45/43/41	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	978; 975
4	Acetato de isopropilo	43/45	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	988; 915
5	Acetato de isobutilo	43/56/41	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1026; 1020
6	Butanoato de etilo	43/71/88	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1050; 1034
8	2-Metilbutanoato de etilo	57/102/41	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1066; 1068
9	3-Metilbutanoato de etilo	57/41/88	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1080; 1056
11	Acetato de isoamilo	43/55/70	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1134; 1133
14	Hexanoato de metilo	43/74/41	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1202; 1177
16	Hexanoato de etilo	43/88/41	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	1248; 1212
17	Acetato de hexilo	43/46/41	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	1287; 1254
20	Acetato 4-Hexenilo	67/43/82	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1324; 1332
22	Heptanoato de etilo	88/43/41	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	1349; 1397
23	Lactato de etilo	45/43/75	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	1365; 1356
27	Octanoato de metilo	74/87/43	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	1408; 1437
31	Octanoato de etilo	88/41/55	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	1454; 1434
32	Hexanoato de isopentilo	70/43/71	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	1477; 1450
35	Octatanoato de propilo	41/61/57	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	1538; 1530
36	Nonanoato de etilo	88/41/70	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	1554; 1528
41	Decanoato de metilo	45/74/43	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	1616; 1614
43	Decanoato de etilo	88/41/70	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	1658; 1636
45	Octanoato de isopentilo	70/43/41	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	1678; 1664
47	Succinato de dietilo	101/129/55	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	1700; 1690
48	Dec-4-enoato de etilo (isómero)	55/41/69	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	1712; 1699
52	Undecanoato de etilo	41/88/70	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	1760; 1732
53	Decanoato de isobutilo	56/57/41	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	1773; 1749
56	Fenilacetato de etilo	91/65/92	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1826; 1826
59	Acetato de β-feniletilo	104/43/91	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1861; 1828
60	Dodecanoato de etilo	88/41/101	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	1863; 1839
65	Tetradecanoato de isopropilo	43/41/49	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	n.c.; 2020

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)**

67	Tetradecanoato de etilo	88/101/41	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	n.c.; 2043
68	3-Hidroxi-hexadecanoato de etilo	71/117/43	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>3</sub>	n.c.; n.e.
71	Hexadecanoato de etilo	88/101/41	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	n.c.; 2249
72	Hexadec-9-enoato de etilo	55/41/69	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	n.c.; 2267

**Álcool**

2	2-Propanol	45/43/41	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	956; 950
7	1-Propanol	42/59/41	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	1054; 1042
10	Isobutanol	41/43/42	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	1111; 1089
12	Butanol	41/56/43	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	1165; 1140
15	Álcool isoamilico	55/14/42	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	1225; 1197
19	Pent-4-en-2-ol	45/43/42	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	1317; n.e.
21	Hexanol	56/41/69	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	1345; 1351
24	Álcool iso-hexil	56/41/55	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	1370; 1333
25	Hex-3-enol (isómero 1)	41/67/55	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1383; 1407
26	Hex-3-enol (isómero 2)	67/41/82	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	1405; 1407
	2-Etil-hexanol	57/41/55	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	1506; 1488
34	2-Nonanol	45/41/69	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O	1533; 1519
37	2,3-Butanodiol	45/43/57	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	1563; 1583
38	1-Octanol	41/55/56	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	1576; 1568
39	2,3-Butanodiol (isómero 2)	45/43/57	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	1597; 1583
51	Metionol	58/57/106	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> OS	1754; 1704
57	Butoxietoxietanol	45/57/41	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub>	1831; 1827
62	Álcool benzílico	79/77/108	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	1919; 1865
63	Álcool feniletílico	91/92/65	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	1959; 1904
64	1-Dodecanol	55/41/69	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O	1988; 1970

**Cetona**

28	2-Nonanone	49/58/41	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	1412; 1391
42	2-Undecanone	43/58/71	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O	1625; 1617

**Aldeído**

29	Nonanal	41/57/43	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	1417; 1392
30	2,4-Hexadienal (isómero)	81/53/41	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	1437; 1397
58	2,4-Decadienal	81/41/67	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	1854; 1810

**Ácido**

**Carboxílico**

33	Ácido acético	43/45/60	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	1476; 1446
44	Ácido butanóico	60/73/41	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1667; 1623
54	Ácido octadec-17-nóico	41/67/69	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1786; n.e.
61	Ácido hexanóico	60/73/41	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1882; 1843
69	Ácido octanóico	60/73/41	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	n.c.; 2057
70	Ácido nonanóico	60/73/41	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	n.c.; 2159
73	Ácido n-decanóico	60/41/73	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	n.c.; 2279

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)**

<b>Álceno</b>				
40	1-Isopropoxidodecano	43/41/71	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O	1605; n.e.
<b>Latona</b>				
46	Butirolactona	42/41/40	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	1685; 1673
<b>Terpeno</b>				
49	α-Terpineol	59/93/43	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1733; 1698
66	Nerolidol	41/69/93	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	n.c.; 2023

**Legenda**

n.c. - Não calculado.

n.e. - Não encontrado na literatura.

Foi efetuada uma semi-quantificação, em % de área de cada composto relativamente a área total do cromatograma, que se apresenta na Tabela 9.

Os compostos encontrados pertencem à família dos Ésteres, Álcoois, Cetonas, Aldeídos, Ácidos carboxílicos, Latonas e Terpenos. A negrito, estão os compostos quantitativamente mais importantes.

Tabela 10 – Percentagem do composto volátil nos vinhos.

Composto	A	D	E	H	B	F	I	C	G	J
<b>Éster</b>										
<b>Acetato de etilo</b>	<b>2,51</b>	<b>4,09</b>	<b>4,90</b>	<b>4,70</b>	<b>2,85</b>	<b>4,63</b>	<b>4,68</b>	<b>4,63</b>	<b>4,80</b>	<b>3,53</b>
Isobutirato de etilo	0,10				0,11					
Acetato de isopropilo	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	
Acetato de isobutilo	0,04	0,07	0,07	0,07	0,05	0,08	0,06	0,08	0,09	
Butanoato de etilo	0,38	0,54	0,66	0,63	0,42	0,70	0,63	0,69	0,39	0,22
2-Metilbutanoato de etilo	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	
3-Metilbutanoato de etilo	0,02	0,04	0,05	0,05	0,02	0,05	0,04	0,04	0,06	
<b>Acetato de isoamilo</b>	<b>4,21</b>	<b>6,63</b>	<b>6,76</b>	<b>5,98</b>	<b>4,89</b>	<b>7,06</b>	<b>6,01</b>	<b>9,02</b>	<b>8,13</b>	<b>1,80</b>
Hexanoato de metilo	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	
<b>Hexanoato de etilo</b>	<b>8,52</b>	<b>12,00</b>	<b>13,89</b>	<b>13,42</b>	<b>9,68</b>	<b>13,84</b>	<b>12,72</b>	<b>13,26</b>	<b>14,64</b>	<b>3,42</b>
Acetato de hexilo	0,59	1,09	1,16	1,03	0,70	1,24	1,04	1,40	1,37	0,18
Heptanoato de etilo	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	
Lactato de etilo	0,15	0,36	0,69	1,03	0,10	0,40	0,73	0,15	0,24	0,71

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)**

Octanoato de metilo	0,04	0,05	0,06	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>Octanoato de etilo</b>	<b>29,06</b>	<b>36,36</b>	<b>37,30</b>	<b>33,92</b>	<b>28,35</b>	<b>35,06</b>	<b>30,24</b>	<b>35,43</b>	<b>35,02</b>	<b>19,75</b>
Hexanoato de isopentilo	0,01		0,00		0,04	0,00		0,05	0,05	
Octanoato de propilo	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	
Nonanoato de etilo	0,06	0,16	0,25	0,21	0,13	0,13	0,13	0,07	0,18	0,15
Decanoato de metilo	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05
<b>Decanoato de etilo</b>	<b>24,77</b>	<b>18,78</b>	<b>13,56</b>	<b>14,86</b>	<b>19,33</b>	<b>15,19</b>	<b>13,46</b>	<b>15,57</b>	<b>11,00</b>	<b>12,52</b>
Octanoato de isoamilo	0,32	0,28	0,18	0,21	0,19	0,16	0,15	0,21	0,19	0,22
Succinato de dietilo	0,19	0,38	0,46	0,71	0,21	0,49	0,92	0,30	0,60	0,60
Dec-4-enoato de etilo	0,45	0,63	0,41	0,52	0,37	0,44	0,41	1,67	1,58	1,56
Undecanoato de etilo	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,09
Decanoato de isobutilo	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01	0,00	
Fenilacetato etilo	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,05	0,02	0,03	0,10
Acetato de $\beta$ -feniletilo		0,73	0,06	0,07	0,02	0,06	0,11	0,51	0,12	0,09
Dodecanoato de etilo	0,78	0,05	0,19	0,21	0,40	0,20	0,22	0,07	0,07	0,64
Tetradecanoato de isopropilo	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,10
Tetradecanoato de etilo	0,12	0,08	0,08	0,10	0,06	0,11	0,14	0,08	0,08	0,82
3-Hidroxi-hexadecanoato de etilo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,20
Hexadecanoato de etilo	0,03	0,10	0,10	0,12	0,05	0,19	0,28	0,07	0,16	3,07
Hexadec-9-enoato de etilo		0,09	0,11	0,05		0,07	0,05	0,02	0,04	
<b>Álcool</b>										
<b>2-Propanol</b>	<b>17,00</b>	<b>0,22</b>	<b>0,24</b>	<b>0,26</b>	<b>21,08</b>	<b>0,20</b>	<b>0,24</b>	<b>0,22</b>	<b>0,27</b>	<b>0,68</b>
1-Propanol	0,03	0,09	0,12	0,13	0,05	0,10	0,14	0,08	0,10	0,54
Isobutanol	0,25	0,54	0,65	0,66	0,34	0,64	0,80	0,55	0,71	1,84
Butanol	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,06
<b>Álcool isoamílico</b>	<b>4,34</b>	<b>7,91</b>	<b>8,71</b>	<b>8,92</b>	<b>5,49</b>	<b>8,48</b>	<b>10,73</b>	<b>8,85</b>	<b>9,73</b>	<b>17,73</b>
Pent-4-en-2-ol	0,00	0,02	0,05	0,11	0,00	0,12	0,22			
Acetato 4-Hexenilo	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	
Hexanol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	
Álcool iso-hexil	0,23	0,36	0,40	0,42	0,26	0,38	0,55	0,36	0,44	0,47
Hex-3-enol (isómero 1)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03
Hex-3-enol (isómero 2)	0,00	0,01	0,01		0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	
2-Etil-hexanol	0,00	0,00	0,01		0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	
2-Nonanol	0,00	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	
2,3-Butanodiol (isómero 1)	0,06	0,20	0,18	0,20	0,10	0,26	0,27	0,10	0,31	1,06
1-Octanol	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,05	0,07	0,04	0,06	
2,3-Butanodiol (isómero 2)	0,04	0,08	0,07	0,08	0,04	0,08	0,10	0,03	0,10	0,32
Metionol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)**

Butoxietoxietanol	0,06	0,01	0,01		0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06
Álcool benzílico	0,02	1,08	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,95	0,03	0,06
Álcool fenilético	0,56	1,03	1,10	1,28	0,71	1,26	1,78	1,04	1,43	3,53
1-Dodecanol	0,05	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,05	0,18
<b>Álceno</b>										
1-Isopropoxidodecano	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03
<b>Cetona</b>										
2-Undecanone	0,002	0,013	0,013	0,017	0,006	0,008		0,010	0,012	
2-Nonanone	0,010	0,051	0,041	0,057	0,020	0,029	0,034	0,046	0,056	0,024
<b>Aldeído</b>										
Nonanal	0,015	0,010	0,018	0,009	0,010	0,008	0,008	0,005	0,011	0,017
2,4-Hexadienal (isómero)	0,004				0,002					
2,4-Decadienal	0,009				0,003					
<b>Terpeno</b>										
$\alpha$ -Terpineol	0,022	0,040	0,050	0,077	0,023	0,047	0,086	0,027	0,051	0,059
Nerolidol	0,007	0,041	0,037	0,055	0,027	0,036	0,052	0,021	0,019	0,138
<b>Ácido Carboxílico</b>										
<b>Ácido n-decanóico</b>	<b>1,13</b>	<b>1,02</b>	<b>0,99</b>	<b>1,43</b>	<b>1,05</b>	<b>1,46</b>	<b>2,18</b>	<b>0,46</b>	<b>1,02</b>	<b>6,53</b>
Ácido octa-17-nóico	0,04	0,06	0,06	0,01	0,04	0,06	0,01	0,05	0,01	
<b>Ácido octanóico</b>	<b>2,29</b>	<b>3,24</b>	<b>3,74</b>	<b>5,27</b>	<b>1,11</b>	<b>4,16</b>	<b>7,12</b>	<b>2,89</b>	<b>4,33</b>	<b>12,21</b>
Ácido nonanóico	0,30	0,11	0,23	0,17	0,33	0,16	0,21	0,20	0,19	1,22
Ácido acécito	0,13	0,57	0,69	0,85	0,17	0,65	0,69	0,16	0,25	1,59
Ácido butanóico	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	0,03	0,07
Ácido hexanóico	0,64	0,28	1,08	1,43	0,69	1,20	2,02	0,14	1,40	1,58
<b>Lactona</b>										
Butirolactona	0,02	0,05	0,02	0,07	0,03	0,03	0,08	0,03	0,06	0,13

**Legenda**

- 
- A - Vinho de Base
  - B - Espumante Clássico LSE 3 meses de estágio
  - C - Espumante Charmat LSA3 meses de estágio
  - D - Espumante Clássico LSA 3 meses de estágio
  - E - Espumante Clássico LSA 6 meses de estágio
  - F - Espumante Clássico LSE 6 meses de estágio
  - G - Espumante Charmat LSA 6 meses de estágio
  - H - Espumante Clássico LSA 9 meses de estágio

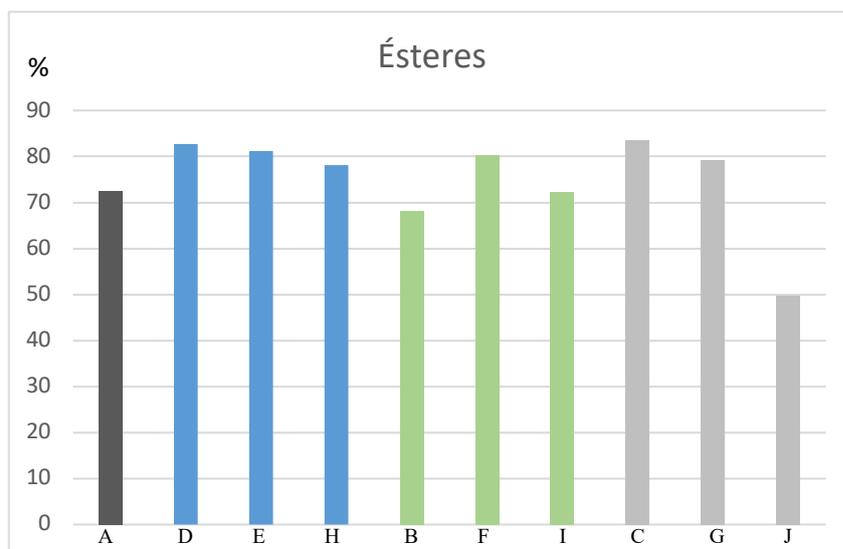
## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

I - Espumante Clássico LSE 9 meses de estágio

J - Espumante Charmat LSA 9 meses de estágio

### 4.5.1. Ésteres

Na figura 14, apresentam-se os resultados dos Ésteres encontrados nos vinhos espumantes em análise.



#### Legenda

	Ponto:
Vinho de Base	A; Vinho de base
Espumante Clássico LSA	D;E;H; Estágio 3 meses
Espumante Clássico LSE	B;F;I; Estágio 6 meses
Espumante Charmat LSA	C;G;J; Estágio 9 meses

Figura 12 - Representação gráfica da percentagem de Ésteres nos vinhos em análise.

Os Ésteres foram os compostos voláteis quantitativamente mais importantes nos vinhos espumantes em análise.

A percentagem de Ésteres nos vinhos espumantes Clássicos LSA e Charmat LSA teve uma evolução significativa nos 3 meses de estágio, comparativamente com o vinho de base. Nos restantes meses de estágio 6 e 9 meses, verificou-se uma diminuição ao longo do tempo.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Nos espumantes Clássicos LSE só se verificou um aumento dos esteres após 6 meses de estágio, seguido de um novo decréscimo passados 9 meses. Esta diferença deve-se ao facto de terem sido utilizadas leveduras encapsuladas e o menor contacto direto entre o vinho e as borras de levedura (encapsuladas) justifica o valor encontrado nos 3 meses de estágio.

### 4.5.2. Álcoois

Na figura 15, apresentam-se os resultados dos Álcoois encontrados nos vinhos espumantes, em análise.

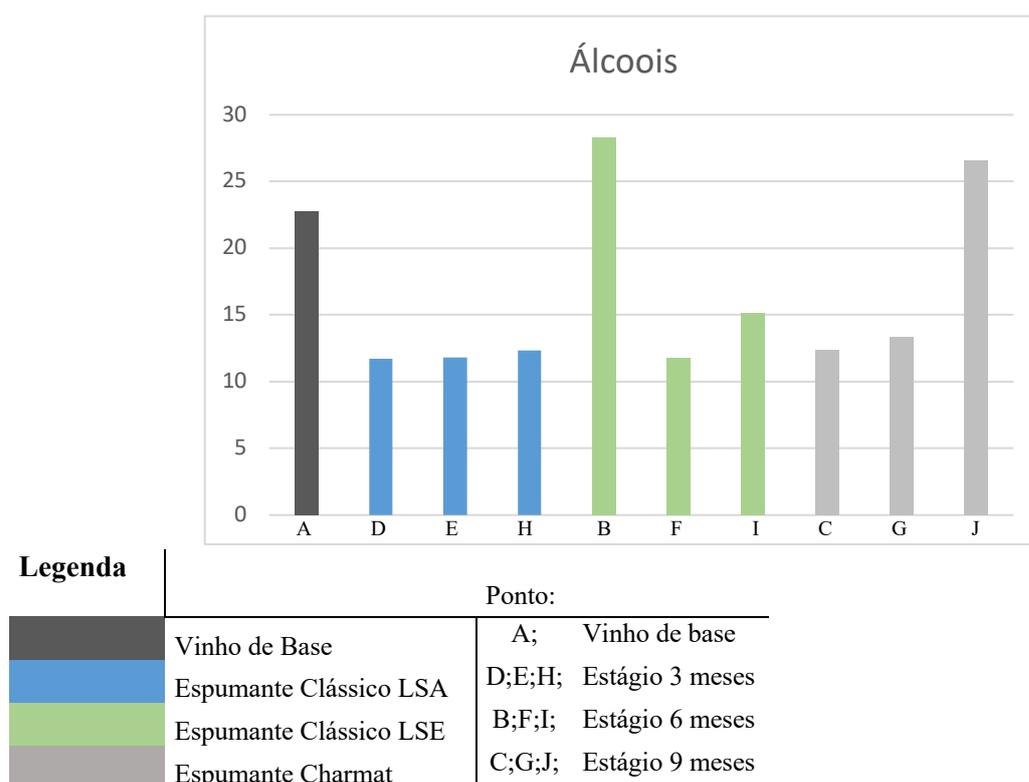


Figura 13 - Representação gráfica da percentagem de Álcoois nos vinhos em análise.

Os Álcoois foram a segunda família de composto mais presente nos espumantes analisados.

O espumante Clássico LSA apresentou grande constância de valores ao longo do período de envelhecimento em garrafa. No espumante Charmat LSA destaca-se o elevado valor

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

ao final dos 9 meses de envelhecimento em garrafa. No espumante Clássico LSE após 3 meses de estágio verificamos um valor muito idêntico ao vinho de base, que pode ser caracterizado por este vinho espumante ainda se encontrar atrasado em termos de evolução, uma vez que a fermentação com a utilização de leveduras secas encapsuladas (LSE) é mais lenta que as leveduras secas ativas (LSA).

### 4.5.3. Cetonas

Na figura 16, apresentam-se os resultados das Cetonas encontrados nos vinhos espumantes, em análise.

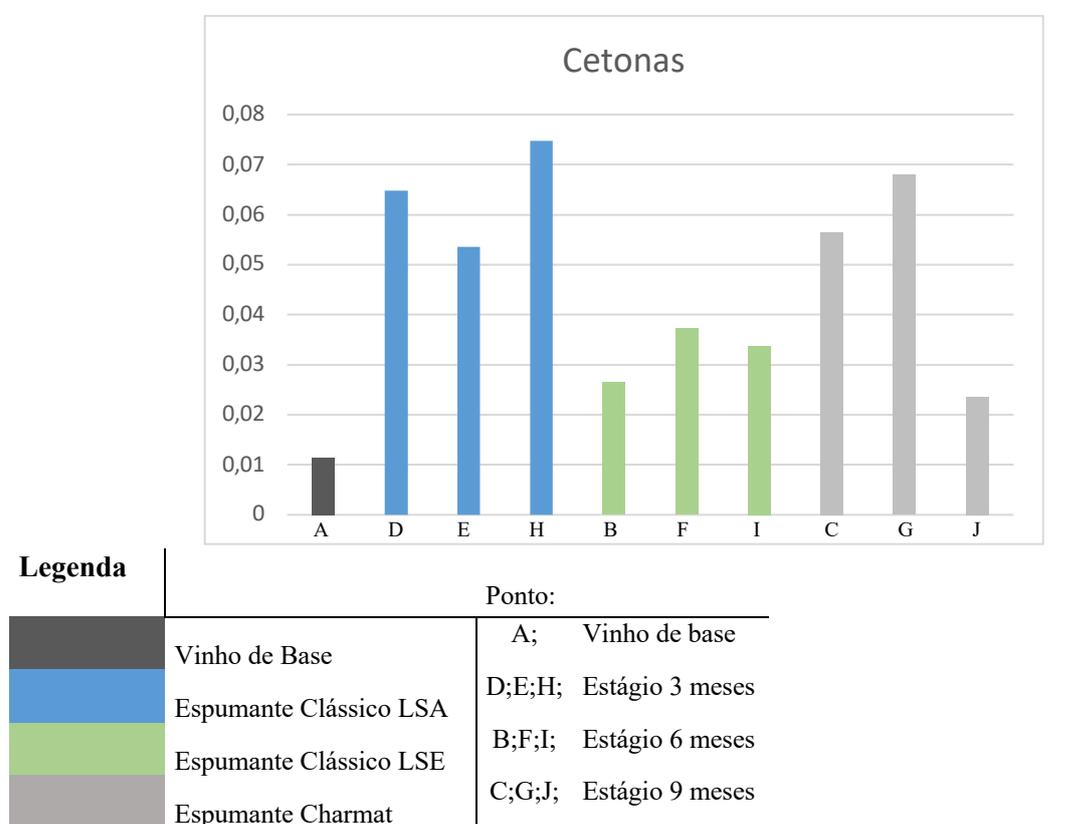


Figura 14 - Representação gráfica da percentagem de Cetonas nos vinhos em análise.

A percentagem de cetonas identificadas nos espumantes Charmat LSA, Clássicos LSA e LSE foi baixa. Apenas foram encontrados dois compostos voláteis da família das cetonas, porém a segunda fermentação deu origem a um aumento do teor em cetonas dos vinhos espumantes. No entanto, os espumantes Clássicos LSE e os Charmat LSA tiveram uma

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

evolução significativa durante os 6 meses de estágio, relativamente à percentagem de cada composto, e uma redução ao fim dos 9 meses.

Já os espumantes Clássicos LSA tiveram uma diminuição dos 3 aos 6 meses, e um aumento até ao final do estágio de 9 meses, sendo estes os que apresentaram maior percentagem de cetonas no final do estágio.

### 4.5.4. Ácidos Carboxílicos

Na figura 17, apresentam-se os resultados dos Ácidos Carboxílicos encontrados nos vinhos espumantes, em análise.

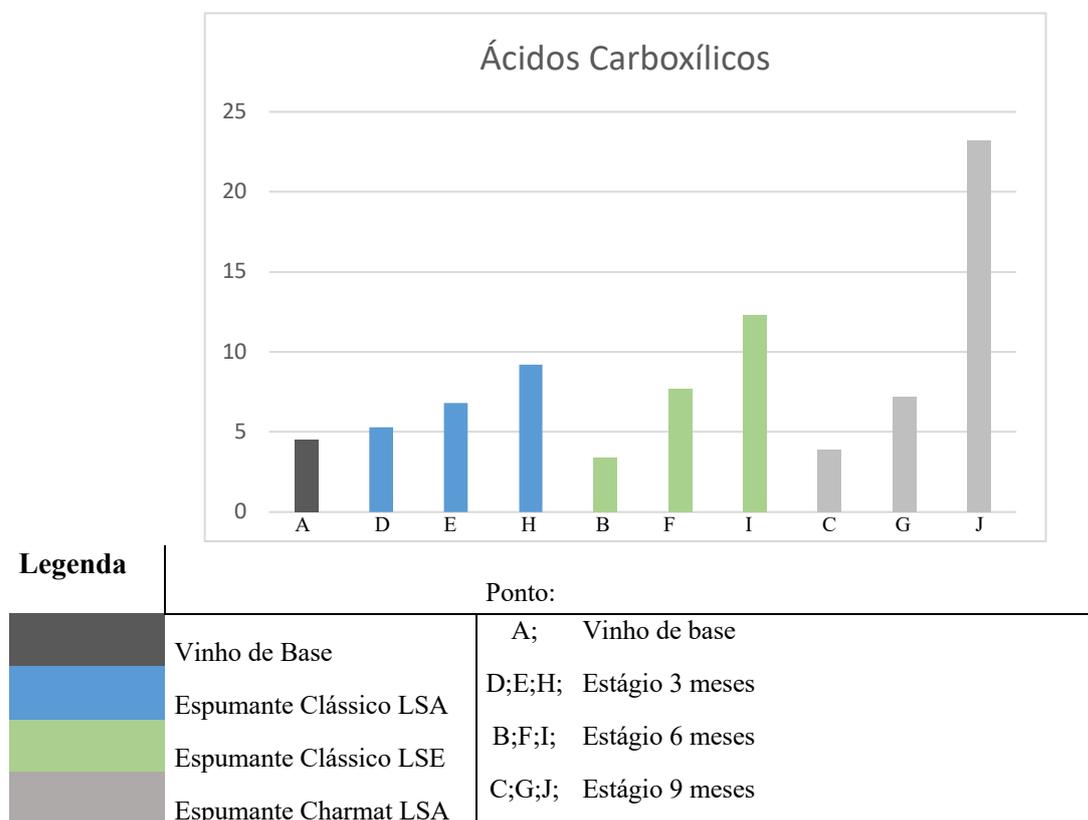


Figura 15 - Representação gráfica da percentagem de Ácidos Carboxílicos nos vinhos em análise.

Os Ácidos Carboxílicos encontrados tiveram uma evolução idêntica nos espumantes Charmat LSA, Clássicos LSE e LSA durante os 9 meses de estágio. Relativamente ao

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

vinho de base é visível a evolução de Ácidos Carboxílicos nos vinhos espumantes analisados.

Os espumantes Charmat LSA foram os que apresentaram uma maior percentagem destes compostos no final do estágio.

### 4.5.5. Terpenos

Na figura 18, apresentam-se os resultados dos Terpenos encontrados nos vinhos espumantes, em análise.

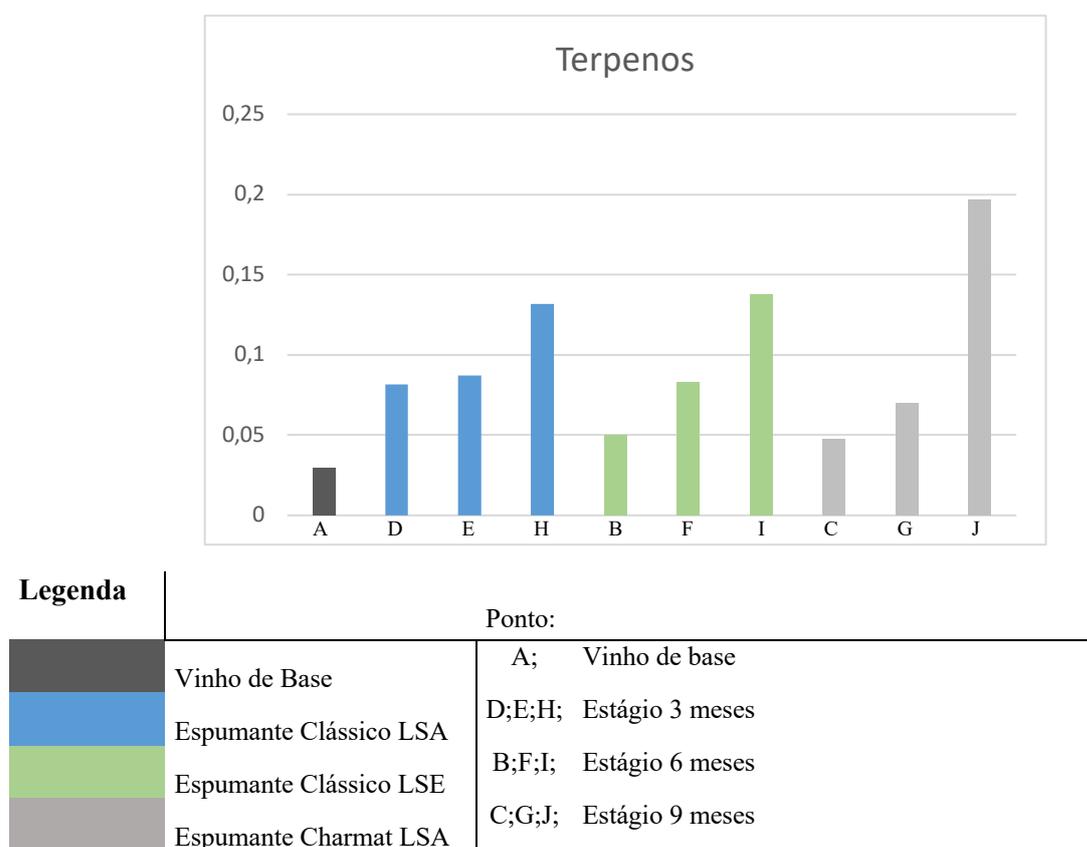


Figura 16 - Representação gráfica da percentagem de Terpenos nos vinhos em análise.

O aumento da percentagem de Terpenos nos vinhos espumantes Charmat LSA, Clássicos LSE e LSA foi crescente ao longo do estágio de 9 meses, contudo, só foram encontrados dois compostos terpénicos,  $\alpha$ -Terpineol e Nerolidol.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Comparativamente com o vinho de base, é notória a evolução de terpenos nos vinhos espumantes analisados.

### 4.5.6. Aldeídos

Na figura 19, apresentam-se o resultado do composto Nonanal encontrado nos vinhos espumantes, em análise.

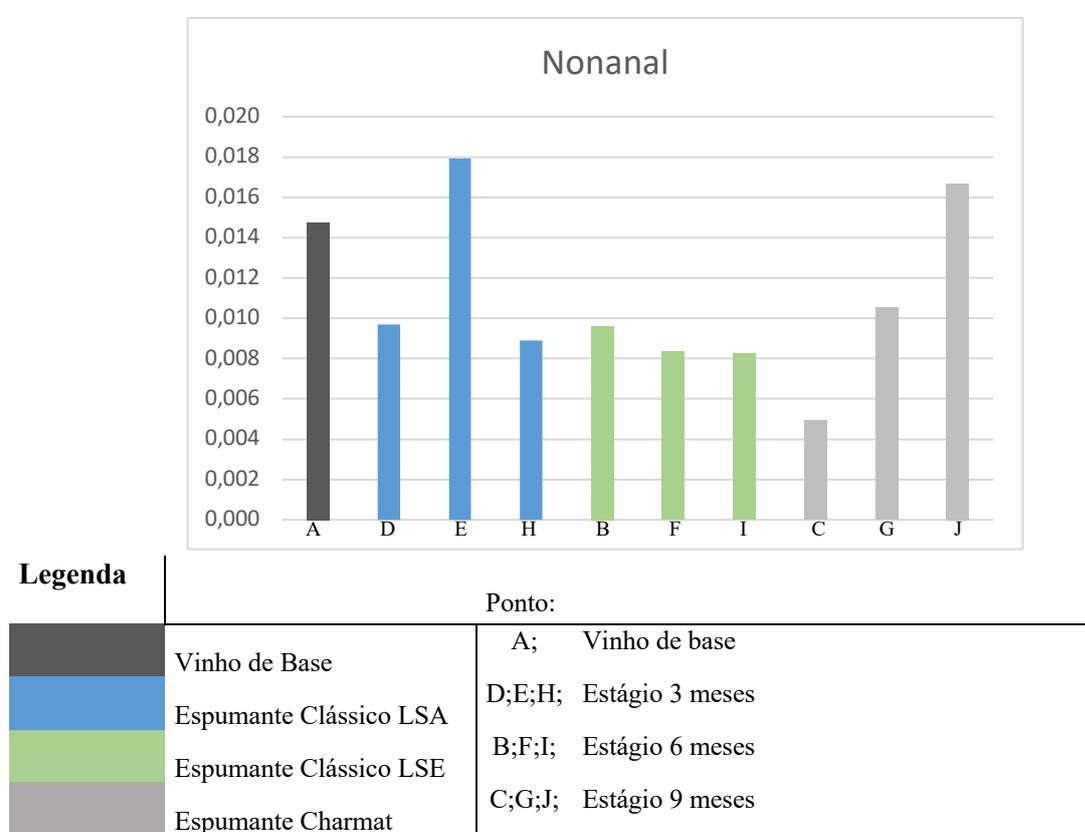


Figura 17 - Representação gráfica da percentagem do composto Nonanal nos vinhos em análise.

Foram identificados apenas três aldeídos nos espumantes em análise. Neste sentido, o composto Nonanal foi o único presente nos espumantes Charmat LSA, Clássicos LSA e LSE, ao longo do estágio de 9 meses e, por isso, é o único aparecer na figura 19.

Os espumantes Clássicos LSE registaram uma percentagem de Nonanal constante durante o estágio. Por outro lado, os espumantes Charmat LSA apresentaram um aumento deste

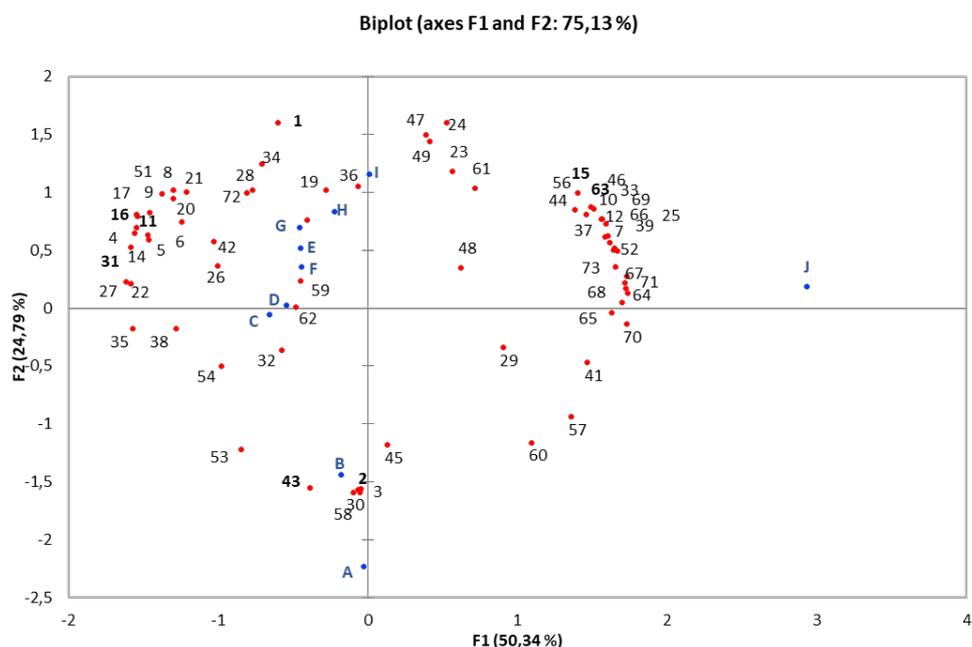
## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

composto ao longo dos 9 meses. Os espumantes Clássicos LSA denotaram um aumento dos 3 aos 6 meses e um decréscimo para os 9 meses.

A família dos aldeídos foi pouco marcante nos espumantes, quantitativamente.

### 4.6. Análise estatística

Os dados (em percentagem) dos compostos voláteis dos vinhos espumantes foram submetidos a uma análise em componentes principais, realizada com o XLSTAT-2020. A análise em componentes principais (PCA) é uma análise multivariada cujo objetivo é condensar a informação contida num elevado número de variáveis originais, neste caso os compostos voláteis identificados nos vinhos espumantes, num conjunto menor de variáveis estatísticas, as componentes principais, de forma que não se perca informação. A análise estatística mostra que se consegue obter uma boa separação dos vinhos espumantes em estudo, sendo que a primeira função explica 50,34% da variabilidade entre as amostras e a segunda função explica 24,79%.



#### Legenda

- A - Vinho de Base
- B - Espumante Clássico LSE 3 meses de estágio
- C - Espumante Charmat LSA 3 meses de estágio
- D - Espumante Clássico LSA 3 meses de estágio
- E - Espumante Clássico LSA 6 meses de estágio
- F - Espumante Clássico LSE 6 meses de estágio
- G - Espumante Charmat LSA 6 meses de estágio
- H - Espumante Clássico LSA 9 meses de estágio
- I - Espumante Clássico LSE 9 meses de estágio

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

J - Espumante Charmat LSA 9 meses de estágio

Figura 18 - Distribuição das amostras e das variáveis no plano definido pelas duas primeiras componentes principais.

Na figura 20, encontra-se esquematizado o resultado da análise em componentes principais. As duas primeiras componentes principais explicam 75.13% da variabilidade entre as amostras, com a primeira componente principal a contribuir com 50.34%. Verifica-se que o vinho de base (A) e o vinho espumante com leveduras encapsuladas e com 3 meses de estágio (B) encontram-se no mesmo quadrante, tendo um perfil volátil muito semelhante. De facto, verifica-se quer pela figura 8, quer pela tabela 9, que estes vinhos apresentam teores muito mais elevados que os restantes vinhos, de decanoato de etilo (43) e 2-propanol (2).

O outro vinho espumante que claramente apresenta um perfil volátil diferente dos restantes é o vinho espumante Charmat com 9 meses (J), que apresenta um teor em ésteres totais inferior aos restantes vinhos e um teor em álcoois totais superior aos restantes vinhos. É também o vinho espumante com teores mais elevados de álcool isoamilico (15) e álcool feniletílico (63).

As restantes amostras não se diferenciam muito entre si, o que significa que o seu perfil volátil é semelhante, apresentando valores mais elevados de acetato de etilo (1), acetato de isoamilo (11), hexanoato de etilo (16) e octanoato de etilo (31).

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Capítulo 5

### 5. Reflexão e análise crítica

Chegado ao fim deste estudo comparativo, posso avançar que os métodos de produção e as leveduras utilizadas marcaram significativamente os espumantes finais.

As características de cada espumante foram distintas, com notas de análise sensorial, propriedades da espuma e composições voláteis diversificadas.

O método de espumantização Charmat é um método mais rápido de obtenção de espumantes e pelo facto de a fermentação ser realizada numa cuba fechada permite uma separação de borras mais simples e uma melhor qualidade na homogeneidade das garrafas finais.

A utilização de leveduras secas encapsuladas (LSE) no método clássico facilitaram o processo de “remuage”, não sendo esta necessária para a realização do *dégorgement*, após o período de estágio. Por outro lado, as células de leveduras em cápsula com membrana dupla permeável de alginato de cálcio (LSE) comprometeram, em certa medida, a autólise das leveduras e o contacto direto do vinho espumante com as borras de leveduras, durante o envelhecimento em garrafa.

As propriedades da espuma dos três vinhos espumantes foram um aspeto a considerar, uma vez que se verificaram diferenças, principalmente quanto ao tempo de estabilidade da espuma (TS). Especialmente neste parâmetro, verificou-se uma clara influencia do processo de espumantização usado.

Na análise dos compostos voláteis, não foi fácil encontrar um padrão de comportamento que se pudesse claramente associar ao método de espumantização. O espumante com 9 meses obtido pelo método Charmat foi o mais diferenciado. Estes resultados podem estar condicionados pelo reduzido número de amostras que foi possível analisar.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Em relação aos resultados obtidos através da análise sensorial, verificou-se que a complexidade dos vinhos espumantes foi um dos atributos de maior destaque na avaliação sensorial. O período de estágio ao qual os espumantes foram sujeitos mostrou diferenças claras ao longo das avaliações sensoriais realizadas aos vinhos espumantes.

De uma forma geral, os espumantes elaborados pelo método clássico foram os que apresentaram um maior número de características positivas que podem ser justificadas pelo facto de realizarem o estágio sobre as borras de leveduras.

A realização deste trabalho permitiu, após a pesquisa, investigação e prática destes métodos de produção, concluir que a forma de elaboração de um vinho espumante e o tipo de levedura utilizada, são fatores chave nas propriedades e complexidade do produto final que se pretende obter.

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## Referências

- Almeida, J. 2008, Metodologia de Análise sensorial-Fisiologia Sensorial, Comissão Vitivinícola da Bairrada.
- Arroyo-López, F., Salvadó, Z., Tronchoni, J., Guillamón, M., Barrio, E., & Querol, A. (2010). Susceptibility and resistance to ethanol in *Saccharomyces* strains isolated from wild and fermentative environments. *Yeast*, 25, 1005–1015.
- Arcari, S., Caliarì, V., Sganzerla, M., & Godoy, T. (2017). Volatile composition of Merlot red wine and its contribution to the aroma: optimization and validation of analytical method. *International Journal of Pure and Applied Analytical Chemistry* 693.
- Alexandre, H., & Guilloux-Benatier, M. (2008). Yeast autolysis in sparkling wine – a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12, 119-127.
- Alexandre, Hervé., & Guilloux-Benatier, Michèle (2008). Yeast autolysis in sparkling wine – A review. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 119-127.
- Benucci, Ilaria (2019). Impacto of post-bottling storage conditions on colour and sensory profile of rosé sparkling. *Food Science and Technology* 108732.
- Buxaderas, Susana., LÓPEZ-TAMAMES, Elvira,(2012). *Sparkling Wines: Features and Trends from Tradition*. *Advances in Food and Nutrition Research*, Pages 1-45.
- Caliarì, Vinícius., Burin, Marian Vívian., Rosier, Jean Pierre., & Bordignon-Luiz, Marilde T. (2014). Aromatic profile of Brazilian sparkling wines produced classical and innovative grape varieties. *Food Research International* 5255.
- Carvalheira, J. (2008). *Elaboração de Vinhos Espumantes -Método Clássico*. DRAPC - EVB.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

- Coelho, E., Rocha, S., & Coimbra, M. (2011). Foamability and Foam Stability of Molecular Reconstituted Model Sparkling Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 8770-8778.
- Coelho, E., Perestrelo, R., Neng, n., Câmara, J., Coimbra, M., Nogueira, J., & Rocha, S. (2008). Optimisation of stir bar sorptive extraction and liquid desorption combined with large volume injection-gas chromatography–quadrupole mass spectrometry for the determination of volatile compounds in wines. *Analytica Chimica Acta* 624, 79-89. A
- Coelho, E., Coimbra, M., Nogueira, J., & Rocha, S., (2009). Quantification approach for assessment of sparkling wine volatiles from different soils, ripening stages, and varieties by stir bar sorptive extraction with liquid desorption. *Analytica Chimica Acta* 635, 214-221.
- Coelho, E., Rocha, S., Barros, A., Delgadillo, I., & Coimbra, M. (2008). Screening of variety- and pre-fermentation-related volatile compounds during ripening of white grapes to define their evolution profile. *Analytica Chimica Acta*, 597, 257-264. B
- Coelho, E., Reis, A., Domingues, R., Rocha, S., & Coimbra, M. (2011). Synergistic Effect of High and Low Molecular Weight Molecules in the Foamability and Foam Stability of Sparkling Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 3168-3179.
- Daban, Montserrat (2005). Los espumosos del mundo: Factor variedad y fermentación. *ACE Ver. Enol.* 1697-4123 No. 57.
- Diário da República Eletrónico, Portaria nº212/2014, de 14 de Outubro de 2014 (Artigo nº10, ponto nº4)
- Diário da República Eletrónico, Portaria nº337/85, de 3 de Junho de 1985
- Dias Cardoso, António (2005), *Tecnologia de Vinhos Espumantes: Direção Regional de Agricultura da Beira Litoral*

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

- Dias Cardoso, António (2019), O vinho, da uva à garrafa
  
- Eiras-Dias, José Eduardo., Cunha, Jorge., Brazão, João., & Pedroso, Vanda (2009). Caraterização dos Biótipo 'Gouveio' e 'Verdelho'. 1º Congresso Internacional do Dão.
  
- Hellín, P., Manso, A., Flores, P., & Fenoll, J., (2010). Evolution of Aroma and Phenolic Compounds during Ripening of 'Superior Seedless' Grapes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58, 6334-6340.
  
- Hernanz, D., Gallo, V., Recamales, Á.F., Meléndez-Martínez, A.J., González-Miret, M.L., & Heredia, F.J (2009). Effect of storage on the phenolic content, volatile composition and colour of white wines from the varieties Zalema and Colombard. Food Chemistry, 113, 530-537.
  
- Hopfer, H., Ebeler, S.E., & Heyman, H. (2012). The combined effects of storage temperature and packaging type on the sensory and chemical properties of Chardonnay. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60, 10743-10754.
  
- Instituto da vinha e do vinho, IP VINI PORTUGAL, (2015). O vinho espumante em Portugal e no Mundo.
  
- Jackson, Ronald S., (2020). Wine Science: Principles and applications -Sparkling Wines. Academic Press, 13-14.
  
- Jornal oficial da União Europeia - Regulamento (CE) N° 606/2009 da comissão de 10 de Julho de 2009 (Anexo II - secção A, ponto n°10 e secção C, ponto n°6)
  
- Kemp, Belinda., Hogan, Casey., Xu, Shufen., Dowling, Lisa., & Inglis, Debbie (2017). The Impact of Wine style and Sugar Addition in liqueur d' expedition (dosage) Solutions on Traditional Method Sparkling Wine Composition. Shao Quan Liu.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

-Kourkoutas, Y., Manojlovic, V., & Nedovic, V. A. (2010). Immobilization of microbial cells for alcoholic and malolactic fermentation of wine and cider. In N.J. Zuidam, & V. Nedovic (Eds.) Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing (pp. 327-343). New York, NY: Springer, New York.

-Lerma, N., Peinado, R., Puig-Pujol, A., Mauricio, Juan., Moreno, Juan, & García-Martínez, T. (2018). Influence of two yeast strains in free, bioimmobilized or immobilized with alginate forms on the aromatic profile of long aged sparkling wines. *Food Chemistry*, 250, 22-29.

- Liger-Belair, Gérard (2013). *Uncorked: The Science of Champagne – Revised Edition*. Hardcover-Illustrated.

- Liger-Belair, Gérard., 2005. The Physics and Chemistry behind the Bubbling Properties of Champagne and Sparkling Wines: A State-of-the-Art Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2788-2802.

- López de Lerma, Nieves., Peinado, Rafael A., Puig-Pujol, Anna., Mauricio, Juan C., Moreno, Juan., & García-Martínez, Teresa (2018). Influence of two yeast strains in free, bioimmobilized or immobilized with alginate forms on the aromatic profile of long aged sparkling wines. *Food Chemistry*, 250, 22-29.

- Martínez-García, Rafael., Roldán-Romero, Yenifer., Moreno, Juan, Puig-Pujol, Anna., Mauricio, Juan Carlos., & García-Martínez, Teresa (2019). Use of a flor yeast strain for the second fermentation of sparkling wines: effect of endogenous CO<sub>2</sub> over-pressure on the volatilome. *Food Chemistry*, 125555.

- Martínez- García, Rafael., Moreno, Juan., Bellincontro, Andrea., Centioni, Luna., Puig-Pujol, Anna., Peinado, Rafael A., Mauricio, Juan Carlos., & García-Martínez (2021). Using an electronic nose and volatilome analysis to differentiate sparkling wines obtained under diferente conditions if temperature, ageing time and yeast formats. *Food Chemistry*, 334, 127574.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

- Mendes., Pedro Rosa, Canavarro., Luis, Figueiredo, Oliveira., Dias Cardoso, Antonio., (2002). Comissão da Bairrada: Topografia da vinha e do vinho
  
- Maujean, A., Poinssaut, P., Dantan, H., Brissonnet, F., & Cossiez, E. (1990). Etude de la tenue et de la qualité de la mousse des vins effervescents. Bulletin OIV, 711, 405-426.
  
- Matallana, E., Aranda, A. (2017) Biotechnological impacto of stress response on wine yeast. Lett. Appl. Microbiol. 64, 103-110.
  
- OIV. (2017) Organização Internacional da Vinha e do Vinho
  
- OIV. (2018) Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts
  
- Proenol (2021). Ficha técnica informativa do produto ProElif®, comercializado pela empresa Proenol - Indústria Biotecnológica, Ltd. [https://www.proenol.com/web/files/fichas/FT0093-17\\_Proelif\\_PT.pdf?PDF](https://www.proenol.com/web/files/fichas/FT0093-17_Proelif_PT.pdf?PDF) Acedido a 29 de Março.
  
- Pozo-Bayón, María Ángeles., Martínez-Rodríguez Adolfo., Pueyo, Encarnación., & Moreno-Arribas, M.Victoria (2009). Chemical and biochemical features involved in sparkling wine production: from a traditional to na improved winemaking technology. Trends in Food Science & Techonology ,20, 289-299.
  
- Porras-Agüera, Juan A., Román-Camacho, Juan J., Moreno-García, Jaime., MAuricio, Juan C., Moreno, Juan., & García- Martinez, Teresa (2020). Effect of endogenous CO<sub>2</sub> overpressure on the yeast “stressome” during the “prise de mousse” of sparkling wine. Food Microbiology, 89, 103431.
  
- Pérez-Magariño, Silvia., Ortega-Heras, Miriam., Buena-Herrera, Marta., Martínez-Lapuente, Leticia., Guadalupe, Zenaida., Ayestarán, Belén, (2015). Grape variety, aging on lees and aging in bottle after disgorging influence on volatile composition and foamability of sparkling wines. LWT- Food Science and Techology, 61, 47-55.

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

- Puig-Pujol, Anna., Bertran, Eva., García-Martínez, Teresa., Capdevila, Fina., Mínguez, Santiago., & Mauricio, Juan Carlos (2013). Application of a New Organic Yeast Immobilization Method for Sparkling Wine Production. *American Journal of Enology and Viticulture*, 13031.
- REGULAMENTO (CE) N.º 606/2009 DA COMISSÃO de 10 de Julho de 2009, Anexo II
- Regulamento da (UE) nº1308/2013 do Parlamento europeu e do conselho de 17 de Dezembro de 2013
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B. and Lonvand, A. (2006). *Biochemistry of Alcoholic Fermentation and Metabolic Pathways of Winw Yeasts. Handbook of Enology*, John Wiley & Sons, Ltd: 53-77.
- Rodríguez-Bencomo, J., Muñoz-González, C., Andújar-Ortiz, I., Martín-Ávarez, J., Moreno-Arribas, V., & Bayón, Á., (2011). Assessment of the effect of the non-volatile wine matrix on the volatility of typical wine aroma compounds by headspace solid phase microextraction/gas chromatography analysis. *Wiley Online Library* 4494.
- Ruiz-Moreno, María José., Muñoz-Redondo, José Manuel., Cuevas, Francisco Julián., Marrufo-Curtido, Almudena., Leon, Juan Manuel., Ramírez, Pilar., Moreno-Rojas, José Manuel (2017). The influence of pre-fermentative maceration and ageing factors on ester profile and marker determination of Pedro Ximenez sparkling wines. *Food Chemistry* 20752.
- Stávek, J., Papouskova, B., Balik, J., & Bednar, P. (2012). Effect of storage conditions on various parameters of colour and the anthocyanin profile of rosé wines. *International Journal of Food Properties*, 15, 1133-1147.
- Torresi, Sara., Frangipane, Maria Teresa., & Anelli, Gabriele (2011). Biotechnologies in sparkling wine production. Interesting approaches for quality improvement: A review. *Food Chemistry*, 129, 1232-1241.

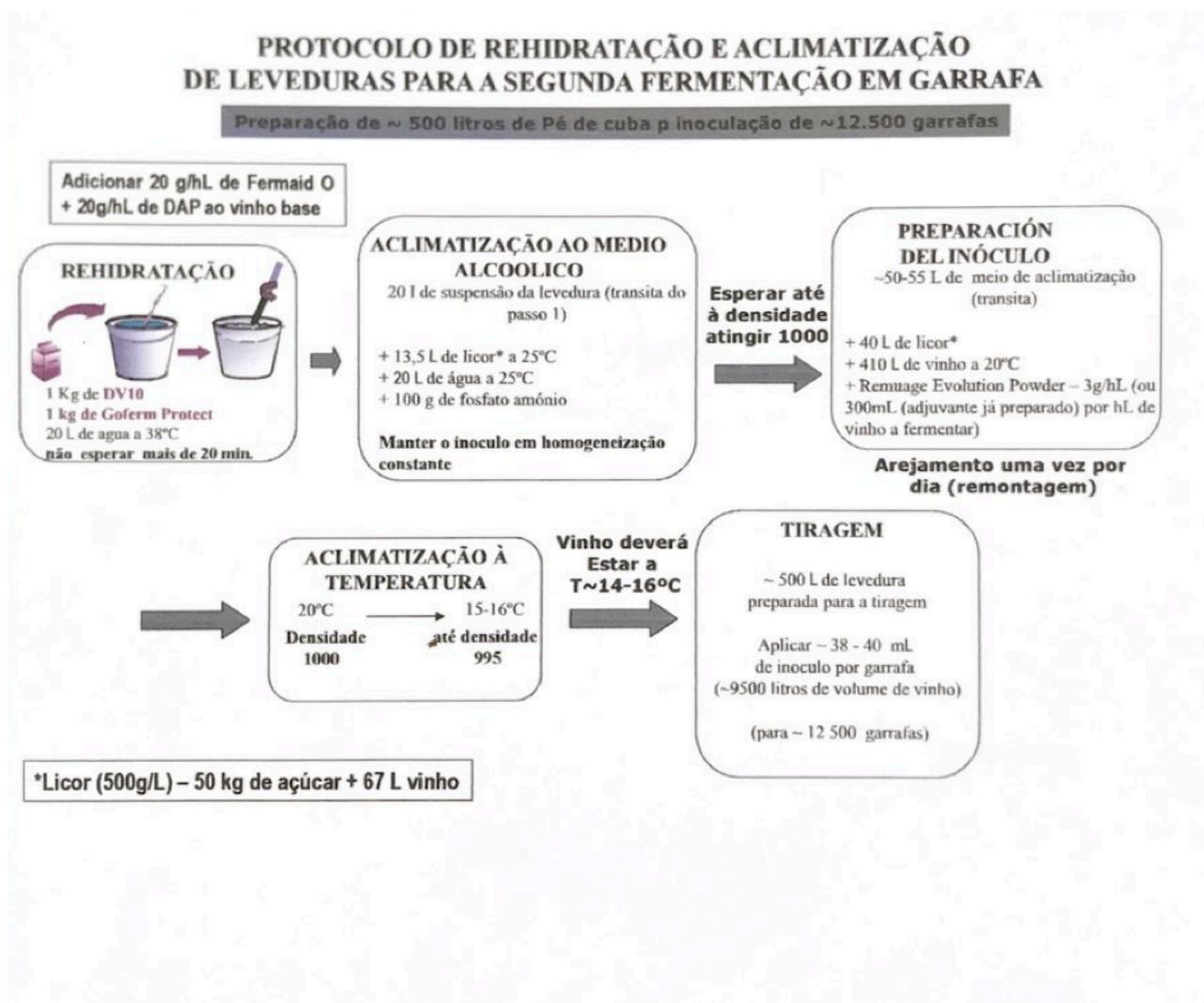
## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

- Torrens, J., Riu-Aumatell, M., Vichi, S., López-Tamames, E., & Buxaderas, S. (2010). Assessment of Volatile and Sensory Profiles between Base and Sparkling Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 2455-2461.
- Ubeda, C., Callejón, R.M., Troncoso, A.M., Peña-Neira, A. & Morales, M.L. (2016). Volatile profile Characterisation of Chilean sparkling wines produced by traditional and Charmat methods via sequential stir bar sorptive extraction. *Food Chemistry*, 207, 261-271.
- Ubeda, C., Kania-Zelada, I., Barrio-Galán, R., Medel-Marabolí, M., Gil, Mariona., & Peña-Neira, A. (2018). Study of the changes in volatile compounds, aroma and sensory attributes during the production process of sparkling wine by traditional method. *Food Research International* 8002.
- Ubeda, Cristina., Kania-Zelada, Ingeborg., del Barrio-Galán, Rubén., Medel-Maraboli, Marcela., Gil, Mariona., & Peña-Neira, Álvaro (2018). Study of the changes in volatile compounds, aroma and sensory attributes during the production process of sparkling wine by traditional method. *Food Research International* 8002.
- Zambonelli, C., Rainieri, S., Chiavari, C., Montanari, G. Benevelli, M. and Grazia, L. (2000) Autolysis of yeast and bacteria in fermented foods. *Italian Journal of Food Science* 1, 9-21.

# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

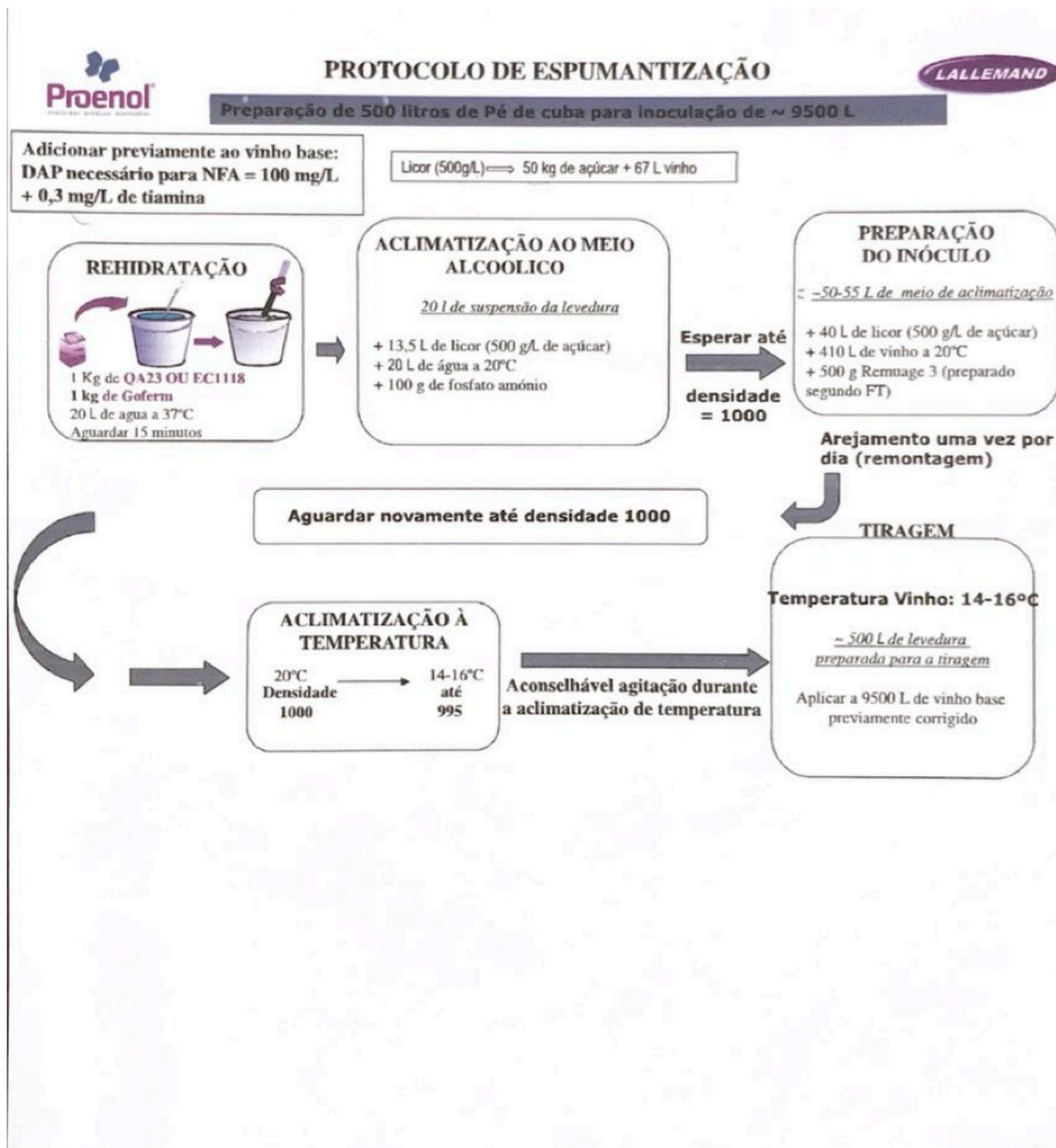
## Anexos

### I – Protocolo de rehidratação e aclimatização de leveduras para a segunda fermentação em garrafa



# ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

## II – Protocolo de espumantização



**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)**

**III– Ficha de avaliação de vinhos espumantes**

**Ficha de Avaliação de Vinhos Espumantes**

Ensaio João Costeira

Data \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Amostra N°:

<b>Aspetto</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Limpidez					
Cor					
Cordão de espuma					
Bolhas/Persistência					
<b>Olfato</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Intensidade					
Qualidade					
Complexidade					
Identificação do aroma conforme roda de aromas (anexo 1).	<b>1°</b>				
	<b>2°</b>				
	<b>3°</b>				
	<b>4°</b>				
	<b>5°</b>				
<b>Sabor</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Intensidade					
Qualidade					
Complexidade					
Estrutura/Equilíbrio/Corpo					
Qualidade da Mousse					



ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO,  
MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA  
(CHARMAT)

V – Fatores por que se devem multiplicar as leituras do afrómetro à temperatura (t).

Quadro X – Fatores por que se devem multiplicar as leituras do afrómetro à temperatura (t).

<b>t</b>	<b>Fator</b>	<b>t</b>	<b>Fator</b>	<b>t</b>	<b>Fator</b>
0	1.85	9	1.40	18	1.06
1	1.80	10	1.36	19	1.03
2	1.74	11	1.32	20	1.00
3	1.68	12	1.28	21	0.97
4	1.64	13	1.24	22	0.95
5	1.59	14	1.20	23	0.93
6	1.54	15	1.16	24	0.91
7	1.50	16	1.13	25	0.88
8	1.45	17	1.09		

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

### VI - Limites analíticos

Parâmetro	Limite	Base Jurídica
<b>Acidez Total</b>		
Vinhos (expressa em ácido tartárico)	≥ 3,5 g/l ≥ 46,6 meq/litro	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo III- 1 d)
Vinagres (expressa em ácido acético)	≥ 60 g/l	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo III- 17 b)
<b>Acidez Volátil</b>		
Vinhos brancos e rosados	≤ 18 meq./l	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo I C- 1 b)
Vinhos tintos	≤ 20 meq./l	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo I C- 1 c)
Vinhos aguardentados (expressa em ácido acético)	≤ 1,5 g/l	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo I- 11 c)
<b>Dióxido de Enxofre Total [7]</b>		
Vinhos [8]		
Vinhos com < 5 g/l de teor em açúcares (expresso em glucose+frutose)		
Vinhos tintos	≤ 150 mg/l	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo I B – A. 1.a)
Vinhos brancos e rosados	≤ 200 mg/l	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo I B – A. 1.b)
Vinhos com ≥ 5 g/l de teor em açúcares (expresso em glucose+frutose)		
Vinhos tintos	≤ 200 mg/l	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo I B – A. 2.a)
Vinhos brancos e rosados	≤ 250 mg/l	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo I B – A. 2.b)
Vinhos licorosos		Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo I B - B
se teor de açúcares < 5g/l	≤ 150 mg/l	
se teor de açúcares ≥ 5g/l	≤ 200 mg/l	
Vinhos Espumantes [9]		Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo I B - C
Outros vinhos espumantes	≤ 235 mg/l	
<b>Título Alcoométrico Volúmico Adquirido (TAVA)</b>		
Vinho [11]	≥ 9% vol.	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo III – 1 a)
Vinho licoroso	≥ 15% vol. e ≤ 22% vol.	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo III – 3 a)
Vinho espumante	≥ 9,5% vol.	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo II – A-11 b)

## ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ESPUMANTIZAÇÃO, MÉTODO CLÁSSICO (TRADICIONAL) E MÉTODO DE CUBA FECHADA (CHARMAT)

Vinho espumante de qualidade	≥ 10% vol.	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo II – B-3
Vinho espumante de qualidade aromático	≥ 6% vol.	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo III – 6 c)
Vinho espumante de qualidade com dop	≥ 10% vol.	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo II – C-3
Vinho espumante de qualidade aromático com dop	≥ 6% vol.	Reg. (CE) nº 606/2009, Anexo II – C-9 d)
Vinho frisante	≥ 7% vol.	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo III – 8 b)
Vinho frisante gaseificado	≥ 7% vol.	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo III – 9 b)
Vinhos aguardentados	≥ 18% vol. e ≤ 24% vol.	Reg. (CE) nº 491/2009, Anexo I-11 a)

[7] Também designado por anidrido sulfuroso, de bissulfito de potássio ou de metabissulfito de potássio, também designado por dissulfito de potássio ou pirossulfito de potássio;

[8] Quando as condições climáticas o tornem necessário, a Comissão pode decidir que, em certas zonas vitícolas, os Estados-Membros em causa possam autorizar que, relativamente aos vinhos produzidos nos seus territórios, os teores máximos totais de dióxido de enxofre inferiores a 300 mg/l, sejam aumentados, no máximo em 50 mg/l;

[9] Quando as condições climáticas o tornem necessário, a Comissão pode decidir que, em certas zonas vitícolas, os Estados-Membros em causa possam autorizar que, relativamente aos vinhos espumantes produzidos nos seus territórios, o teor máximo total de dióxido de enxofre seja aumentado no máximo em 40 mg/l;

[11] Em derrogação das normas relativas ao título alcoométrico volúmico adquirido mínimo, no caso de beneficiar de uma denominação de origem protegida ou de uma indicação geográfica protegida, um título alcoométrico adquirido não inferior a 4.5% vol.;