

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**JÉSSICA POHL BRUM**

**COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS LIVRES E ENCAPSULADAS NA  
ELABORAÇÃO DE VINHOS ESPUMANTES**

**Dom Pedrito**

**2023**

**JÉSSICA POHL BRUM**

**COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS LIVRES E ENCAPSULADAS NA  
ELABORAÇÃO DE VINHOS ESPUMANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Bacharelado em  
Enologia da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Enologia.

Orientadora: Dra. Suziane Antes Jacobs

**Dom Pedrito**

**2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

B893c Brum , Jéssica  
COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS LIVRES E ENCAPSULADAS NA ELABORAÇÃO  
DE VINHOS ESPUMANTES / Jéssica Brum .  
36 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENOLOGIA, 2023.  
"Orientação: Suziane Antes Jacobs".

1. Características sensoriais. 2. Características físico-  
químicas . 3. Saccharomyces cerevisiae. 4. Champenoise. 5.  
Leveduras encapsuladas . I. Título.

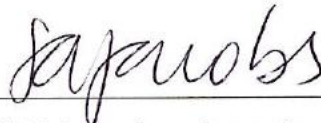
**JÉSSICA POHL BRUM**

**COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS LIVRES E ENCAPSULADAS NA  
ELABORAÇÃO DE VINHOS ESPUMANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Bacharelado em  
Enologia da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Enologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 14, de Dezembro de 2023.

Banca examinadora:



---

Prof.ª Dr.ª Suziane Antes Jacobs

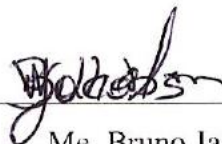
Orientadora  
UNIPAMPA



---

Prof. Dr. Raul Cauduro Girardello

UNIPAMPA



---

Me. Bruno Jacobs

Técnico de Laboratório

UNIPAMPA

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que fez com que os meus objetivos fossem alcançados durante todos esses anos de estudos. Aos meus pais, Flávio e Lise e meu irmão Douglas, por todo o apoio e ajuda sempre que eu precisei. Aos meus avós Norma e Eduardo, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando a nunca desistir, que compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava aos estudos. Hoje meu avô já não se encontra mais neste plano, ele que todos os dias me perguntava pelos vinhos e o sonho era me ver formada, saiba que este trabalho é dedicado especialmente para ti, para te ver feliz onde quer que tu estejas. Eu não seria nada sem vocês!

Aos amigos, pela amizade que construí ao longo do curso e que hoje eu levo para vida. Mas dedico principalmente à Betina, Soledad, Tiago e Vitória, que fizeram essa reta final ser muito mais leve e divertida, vocês são muito especiais para mim. A minha orientadora Suziane Antes Jacobs, que me recebeu de braços abertos quando eu já não sabia mais o que fazer e a quem recorrer, muito obrigada pela confiança para que eu pudesse realizar este trabalho. Ao pessoal do Laboratório de Enoquímica, ao Bruno Jacobs pela ajuda e tempo disposto para me auxiliar nas análises. E por fim, à Vinícola Guatambu que possibilitou a realização deste trabalho com a doação do vinho base e das leveduras. Obrigada a todos!

## RESUMO

Como consequência do aumento do consumo de vinhos espumantes, tem-se buscado alternativas que facilitem a elaboração destes produtos com manutenção ou melhora na qualidade. Entre as opções, encontram-se as leveduras encapsuladas, envolvidas por uma cápsula de gel de alginato de cálcio, que permite a eliminação do processo de *rèmuage*, diminuindo o tempo de produção. Este trabalho teve como objetivo avaliar vinhos espumantes elaborados pelo método tradicional *Champenoise* utilizando leveduras livres e encapsuladas. Foi utilizado vinho base elaborado com uvas Gewurztraminer e Pinot Noir. Quatro tratamentos foram definidos, sendo T1 (levedura livre com *dègorgement* após 3 meses), T2 (levedura livre com *dègorgement* após 6 meses), T3 (levedura encapsulada com *dègorgement* após 3 meses) e T4 (levedura encapsulada com *dègorgement* após 6 meses). As análises físico-químicas foram realizadas após 6 meses, e as avaliações sensoriais foram conduzidas após realização do *dègorgement* em 3 e 6 meses. Os resultados obtidos mostraram que os vinhos espumantes analisados após os meses de maturação não apresentaram diferenças significativas em relação à questão sensorial. Já nos parâmetros físico-químicos os tratamentos T3 e T4, utilizando as leveduras encapsuladas não obtiveram um consumo total do açúcar, chamando a atenção para os teores elevados, de 7,20 e 9,26 g.L<sup>-1</sup> respectivamente, salientando que os quatro tratamentos receberam a mesma dose de açúcar no licor de tiragem. Ainda, a graduação alcoólica foi menor para os tratamentos T1 e T2, com leveduras livres, em relação ao tratamento T3 e T4. É importante ressaltar que a cápsula de gel de alginato de cálcio se manteve estável durante os três e seis meses em contato com o vinho, mantendo a limpidez dos mesmos. Assim, pode-se concluir que as leveduras encapsuladas facilitam o processo de elaboração de vinhos espumantes sem prejuízos nas características físico-químicas e sensoriais dos mesmos.

**Palavras-Chave:** Características sensoriais, características físico-químicas, *Saccharomyces cerevisiae*, *Champenoise*, Campanha Gaúcha.

## ABSTRACT

As a consequence of the increased consumption of sparkling wines, alternatives have been sought that make it easier the winemaking while maintaining or improving quality. Among the options are encapsulated yeast, covered by a calcium alginate gel capsule, which allows the elimination of the *rèmuage* process, reducing production time. The objective of this study was to evaluate sparkling wines made using the traditional Champenoise method, using free and encapsulated yeast. Base wine made with Gewurztraminer and Pinot Noir grapes was used. Four treatments were defined, being T1 (free yeast with *dègorgement* after 3 months), T2 (free yeast with *dègorgement* after 6 months), T3 (encapsulated yeast with *dègorgement* after 3 months) and T4 (encapsulated yeast with *dègorgement* after 6 months). Physicochemical analyzes were carried out after 6 months, and sensory evaluations were carried out after *dègorgement* at 3 and 6 months. The results obtained showed that the sparkling wines analyzed after the months of maturation did not present significant differences in relation to the sensorial issue. In terms of physical-chemical parameters, treatments T3 and T4, using encapsulated yeast, did not achieve total sugar consumption, drawing attention to the high levels, of 7.20 and 9.26 gL<sup>-1</sup> respectively, highlighting that the four treatments received the same dose of sugar in the tirage liquor. Furthermore, the alcohol content was lower for treatments T1 and T2, with free yeast, in relation to treatments T3 and T4. It is important to highlight that the calcium alginate gel capsule remained stable during the three and six months in contact with wine, maintaining its clarity. Thus, it can be concluded that encapsulated yeasts facilitate the process of producing sparkling wines without compromising their physical-chemical and sensory characteristics.

**Key Words:** Sensory characteristics, physicochemical characteristics, *Saccharomyces cerevisiae*, *Champenoise*. Campanha Gaúcha.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Processo de forma manual com Pupitre e mecânica utilizando Gyropalletes                                    | 15 |
| Figura 2 – Elaboração de espumantes pelo Método <i>Champenoise</i> com leveduras livres e encapsuladas .....          | 18 |
| Figura 3 – Encapsulação de Leveduras em Alginato de Cálcio (C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> CaO <sub>12</sub> )n..... | 19 |
| Figura 4 – Análise sensorial dos tratamentos T1 e T3 .....  | 26 |
| Figura 5 – Análise sensorial dos tratamentos T2 e T4 .....  | 27 |
| Figura 6 – Análise sensorial dos tratamentos T1 e T2 .....  | 28 |
| Figura 7 – Análise sensorial dos tratamentos T3 e T4 .....  | 29 |
| Figura 8 – Gráfico avaliação global dos espumantes .....  | 29 |



## **LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Análise físico-química do vinho base espumante..... | 20 |
| Tabela 2 - Análises Físico-Químicas dos espumantes.....        | 23 |
| Tabela 3 - Análise Sensorial dos espumantes.....               | 25 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 11 |
| 1.1 Hipótese .....  | 12 |
| 1.2 Objetivo Geral.....   | 12 |
| 1.3 Objetivos Específicos .....   | 12 |
| 2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA .....                              | 13 |
| 2.1 Vitivinicultura no Brasil .....   | 13 |
| 2.2 Métodos de elaboração de espumantes .....                                 | 14 |
| 2.3 Leveduras Vínicas.....  | 16 |
| 2.3.1 Leveduras Livres .....  | 17 |
| 2.3.2 Leveduras encapsuladas .....  | 18 |
| 3 METODOLOGIA.....  | 20 |
| 3.1 Vinho Base.....   | 20 |
| 3.2 Tomada de Espuma.....   | 20 |
| 3.3 Análises Físico-Químicas dos espumantes .....                             | 21 |
| 3.4 Análise Sensorial dos espumantes .....                                    | 21 |
| 3.4 Análise Estatística dos Resultados.....                                   | 22 |
| 4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....                     | 22 |
| 4.1 Análise Sensorial dos espumantes .....                                    | 24 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 30 |
| REFERÊNCIAS .....   | 31 |
| APÊNDICES .....   | 35 |
| APÊNDICE A – Ficha utilizada na análise sensorial dos vinhos espumantes ..... | 35 |
| APÊNDICE B – Aromas leveduras livres com três meses de maturação .....        | 35 |
| APÊNDICE C – Aromas leveduras livres com seis meses de maturação .....        | 36 |
| APÊNDICE D – Aromas leveduras encapsuladas com três meses de maturação.....   | 36 |
| APÊNDICE E – Aromas leveduras encapsuladas com seis meses de maturação .....  | 36 |

## 1 INTRODUÇÃO

A viticultura brasileira apresenta características regionais distintas, com variações nos ciclos de produção, época de colheita e tipos de produtos. O setor tem experimentado avanços significativos, como a adoção de novas cultivares, práticas sustentáveis, mudanças na produção, implementação de Indicações Geográficas e expansão para novas regiões (DE MELLO & MACHADO, 2019).

No Rio Grande do Sul, as principais regiões produtoras de uvas são a Serra Gaúcha, Campos de Cima da Serra, Campanha Gaúcha e Serra do Sudeste. A região da Campanha Gaúcha tem se destacado no desenvolvimento da vitivinicultura brasileira, com um aumento significativo no número de vinícolas e na produção nos últimos anos. Com um índice pluviométrico anual variando entre 1000 a 1300 mm, e localizada no paralelo 31°, compartilha características com importantes regiões vitivinícolas globais (TUON FILHO, 2017).

A Campanha Gaúcha, por tratar-se de uma nova região de produção de vinhos finos no Brasil, a mesma tem sido instrumento de descoberta sobre cultivares que melhor se adaptam e de um aumento de vinhos com características sensoriais que vêm sendo conhecidas ao longo dos anos. O desenvolvimento de novos processos ajuda a contribuir para a evolução técnica da produção de vinhos espumantes proporcionando facilidade durante sua elaboração visando obter produtos diferenciados para o mercado consumidor. (TONIETTO *et al.*, 2012).

A fermentação alcoólica é umas das principais etapas da elaboração de um vinho espumante, responsável pelas leveduras permitindo a transformação de açúcar em álcool e gás carbônico. As leveduras que são utilizadas no processo de produção são capazes de interferir nas suas características físico-químicas e sensoriais proporcionando um conjunto de aromas diferenciados nos vinhos. Os espumantes produzidos pelo método tradicional *Champenoise* originaram-se na região de *Champagne*, na França, por meio de uma descoberta acidental do monge Pierre Perignon. Durante o inverno e as baixas temperaturas, a fermentação foi interrompida, resultando em vinhos engarrafados com um residual de açúcar. Com a chegada da primavera e o aumento das temperaturas, a fermentação recomeçou, desencadeando a gaseificação natural dos vinhos, conhecidos no Brasil como Vinho Espumante Natural conforme a legislação vigente. (TUON FILHO, 2017).

O objetivo na produção de um espumante de excelente qualidade envolve a elaboração de um vinho base com teor alcoólico moderado, não superior a 11% de volume. Além disso, o vinho base deve apresentar alta acidez para assegurar equilíbrio no produto final. A colheita das uvas deve ocorrer antes do amadurecimento completo, e o processo de prensagem deve ser realizado com extremo cuidado para evitar a presença de características herbáceas e amargas no produto final. (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006).

### **1.1 Hipótese**

O uso de leveduras livres e o período de maturação sobre borras finas proporciona maior complexidade aromática em vinhos espumantes. O uso de leveduras encapsuladas acelera o processo de elaboração de vinhos espumantes, pela subtração da etapa de *rèmuage* dos vinhos nos pupitres.

### **1.2 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho foi comparar características sensoriais e físico-químicas de vinhos espumantes elaborados pelo método tradicional *Champenoise* utilizando leveduras livres e encapsuladas.

### **1.3 Objetivos Específicos**

- Elaborar vinhos espumantes utilizando leveduras livres e encapsuladas;
- Comparar as características físico-químicas de vinhos espumantes elaborados pelo método tradicional *Champenoise* utilizando leveduras livres e encapsuladas.
- Comparar as características sensoriais de vinhos espumantes elaborados pelo método tradicional *Champenoise* utilizando leveduras livres e encapsuladas;
- Comparar as características sensoriais de vinhos espumantes com *dègorgement* após 3 e 6 meses.

## 2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Vitivinicultura no Brasil

A produção de vinho no Brasil teve início em 1532, no estado de São Paulo, pelas mãos do colonizador português Martim Afonso de Souza. Apoiado por Brás Cubas, que chegou com sua comitiva, às primeiras mudas foram plantadas em São Vicente, no litoral paulista. Embora comumente associado ao Rio Grande do Sul e a Serra Gaúcha, o início da produção vitivinícola ocorreu no estado paulista (ALBERT, 2006).

A introdução da videira espanhola no Rio Grande do Sul ocorreu em 1626, trazida pelos missionários jesuítas que também introduziram ferramentas adequadas para seu cultivo. Contudo, a vitivinicultura foi abandonada pouco tempo depois devido à destruição das missões. Tentativas subsequentes de cultivo de mudas de *Vitis* viníferas nas regiões de Pelotas, Rio Grande e Porto Alegre, incluindo o litoral catarinense, foram frustrados devido às condições climáticas quentes e úmidas. (MEDEIROS & DE SOUZA, 2023).

A viticultura brasileira consolidou-se a partir de 1870, quando imigrantes italianos das regiões do Vêneto e do Trentino-Alto Ádige se estabeleceram na Serra Gaúcha. Inicialmente, cultivavam uvas como Isabel, Barbera, Bonarda, Moscato e Trebbiano para consumo familiar. Em 1970, novas variedades de *Vitis* viníferas, como Cabernet Sauvignon, Merlot, Cabernet Franc, Chardonnay, Sauvignon Blanc, Moscato e Riesling Itália, foram introduzidas, algumas se adaptando bem ao clima e ganhando destaque. Esses avanços contribuíram para a melhoria do vinho nacional, superando as limitações impostas pelas condições climáticas adversas. (GRAVIA PIMENTA *et al.*, 2023).

Segundo dados atualizados do IBGE, atualmente a vitivinicultura no Brasil ocupa uma área de 75.553 hectares, sendo o Rio Grande do Sul um dos maiores produtores, com uma área de 46.970 hectares e 902.336 toneladas de uva. Na Serra Gaúcha quase toda a totalidade da produção se destina à agroindústria do suco e do vinho, sendo pequenos produtores de agricultura familiar responsáveis por este processo (IBGE, 2023).

A implantação da uva na Serra Gaúcha se deve a motivos históricos, porém a escolha da Fronteira Gaúcha se prendeu por algumas razões técnicas. Por serem uvas de

qualidade que resultam em vinhos superiores, permite às vinícolas gaúchas competir com os importados (DO AMARANTE, 2010).

Atualmente, o Rio Grande do Sul lidera a produção de vinhos espumantes, alcançando cerca de 31,2 milhões de litros em 2021. Embora a produção de espumantes seja menor que a de vinhos tranquilos, seu alto valor agregado resulta em um impacto econômico significativo. Isso tem levado consumidores a procurar produtos de alta qualidade, impulsionando a indústria vitivinícola e os pesquisadores a explorarem métodos inovadores para garantir a excelência na qualidade desses vinhos (FREITAS, 2023).

## 2.2 Métodos de elaboração de espumantes

O método *Champenoise*, também conhecido como clássico ou tradicional, tem sua origem na região de *Champagne*, na França. Segundo a legislação francesa, apenas vinhos elaborados nessa região podem ser chamados de *Champagne*. Os vinhos base, feitos com uvas tintas e brancas vinificadas como branco, utilizam as variedades Pinot Noir, Pinot Meunier e Chardonnay. Após a elaboração do vinho base, inicia-se a fase de tomada de espuma, onde o vinho é engarrafado com o licor de tiragem, uma mistura de açúcar e leveduras. A segunda fermentação gera 1,5% de álcool etílico e uma pressão de 5 a 6 atmosferas de gás carbônico. As garrafas e rolhas são especialmente projetadas para suportar essas pressões. A fermentação ocorre lentamente, e o amadurecimento com as borras (*sur lie*) nas caves pode se estender por vários anos (LAMBERT-ROYO *et al.*, 2022).

A fase de contato com as borras é crucial para a qualidade do vinho espumante, amadurecendo-o e reduzindo adstringência e acidez, enquanto aumenta sua complexidade e aromas. Após esse período, é realizado a *rèmuage*, que tem como objetivo remover os depósitos que se formaram durante a espumatação (leveduras e os adjuvantes inseridos no licor de tirage). Para isso é necessário que a garrafa passe de forma progressiva da posição horizontal para vertical, concentrando todo o depósito no gargalo. Esse processo pode ser realizado de forma manual, com duração em torno de 30 dias, e consiste em posicionar as garrafas no Pupitre, onde gradativamente sofrerão o movimento de rotação e de inclinação. De forma mecânica, é realizado por “Gyropalletes”, que movimentam caixas metálicas, com capacidade para 500 garrafas, diminuindo o tempo do processo em apenas uma semana, sem alterar a qualidade do vinho. O próximo passo é o *dègorgement*, que envolve a remoção de sedimentos do

gargalo. O bico das garrafas é mergulhado em uma solução refrigerada a  $-20^{\circ}\text{C}$ , expulsando o cilindro de gelo com resíduos de leveduras devido à pressão do líquido, sem perda significativa do conteúdo principal. Após um curto período de repouso, as garrafas estão prontas para serem comercializadas (VERZELETTI, 2014).

**Figura 1** - Processo de forma manual com Pupitre e mecânica utilizando Gyropalletes



Fonte: The Wayward Winerd, 2017.

O processo *Charmat*, amplamente utilizado no Brasil, envolve a segunda fermentação em grandes tanques. Desenvolvido por Federico Martinotti em 1895 e aprimorado por Eugène Charmat em 1907, esse método consiste em conservar o vinho base em tanques de aço inoxidável, piletas de cimento, entre outros recipientes, por meses ou até um ano. Após essa etapa, o vinho base espumante é transferido para autoclaves, onde se adiciona o licor de tiragem. As autoclaves suportam até 7 atmosferas de pressão e controlam a temperatura entre  $10^{\circ}\text{C}$  e  $14^{\circ}\text{C}$ , resultando em espumantes mais aromáticos. A segunda fermentação dura de 20 a 60 dias, dependendo do produto desejado. Ao contrário do método *Champenoise*, o vinho passa por decantação e filtração para separar os sedimentos da fermentação. Antes do engarrafamento, o espumante recebe o licor de expedição, que determina o teor de açúcar final. O líquido é engarrafado sob pressão para manter o gás, arrolhado e armazenado em temperatura ambiente antes de ser rotulado e comercializado (CALIARI, 2013).

Originário da província de *Asti*, no Piemonte, norte da Itália, o processo *Asti* resultou em um vinho espumante caracterizado por uma única fermentação alcoólica, baixa graduação alcoólica de 7 a 10 % (v/v) e pressão mínima de 3 atmosferas. Este

vinho doce e aromático é produzido em autoclaves com o mosto da uva Moscato di Canelli e outros moscatos. A técnica de vinificação visa preservar o aroma distintivo da variedade Moscato, interrompendo a fermentação alcoólica e estabilizando-o com um teor elevado de açúcar residual. Após a clarificação e filtração para remover as células de levedura, observa-se um aumento na produção de Vinho Moscatel espumante na região da Serra Gaúcha, destacando-se pelo volume e qualidade das uvas aromáticas produzidas. (RIZZON, *et al.* 2005).

### **2.3 Leveduras Vínicas**

A transformação do açúcar do mosto em álcool durante a produção de vinho ocorre devido à ação das leveduras. Pasteur descobriu em 1876 o papel crucial desses microrganismos na formação do aroma, enquanto procurava solucionar o problema da acidificação dos vinhos armazenados enfrentado por viticultores em uma região da França. (DA NÓBREGA & BOSSOLAN, 2011). A variação entre vinhos provenientes do mesmo mosto e fermentados por diferentes leveduras, em condições semelhantes, pode ser atribuída aos produtos secundários formados durante a fermentação alcoólica. Entre esses produtos, destacam-se os álcoois superiores e ésteres, os quais desempenham uma função crucial na diferenciação de características e aromas nos vinhos (DA SILVA & SILVA, 1987; RIGOU *et al.*, 2021).

Durante o processo fermentativo, as leveduras também são responsáveis pela produção de aromas desagradáveis, como sulfetos e mercaptanos. Diversos fatores influenciam o metabolismo desses microrganismos na formação desses compostos, incluindo variações na composição do mosto, pH, temperatura de fermentação e resíduos de defensivos. A presença de sulfeto de hidrogênio pode resultar em um aroma de ovo podre no vinho, acarretando impactos econômicos, pois a eliminação desse odor demanda despesas adicionais com suplementações adequadas, prejudicando a qualidade do produto final. Assim, destaca-se a importância de uma seleção criteriosa de leveduras (GABBARDO & JACOBS, 2023).

A fermentação espontânea pode resultar em considerável variação na qualidade final dos vinhos. Embora o anidrido sulfuroso iniba a maioria dos microrganismos prejudiciais, a microflora restante no mosto pode ser desigual. A utilização de leveduras selecionadas, com características adequadas para cada tipo de vinho, proporciona benefícios como uma fermentação completa e regular do início ao fim, maior teor alcoólico, controle da acidez volátil, possibilidade de clarificação mais rápida e



melhoria da estabilidade biológica do produto (ÁLVAREZ-BARRAGÁN *et al.*, 2023; SHIMIZU *et al.*, 2023).

A enologia moderna emprega culturas iniciadoras, estirpes de *Saccharomyces cerevisiae* selecionadas de diversas regiões vitivinícolas. Essas cepas são extensivamente estudadas em relação às suas características fermentativas e são comercializadas como leveduras secas ativas (LSA), permitindo um maior controle sobre o produto final. (SCHULLER *et al.* 2004).

### **2.3.1 Leveduras Livres**

A *Saccharomyces cerevisiae* é considerada o primeiro microrganismo domesticado, sendo utilizado ao longo dos anos pelos seres humanos na produção de pães, cerveja e vinificação devido à sua eficiente capacidade de fermentar açúcares, gerando etanol e dióxido de carbono. Ao longo do tempo, estratégias de seleção aprimoraram o desempenho dessas cepas, resultando em variedades geneticamente distintas altamente qualificadas para usos industriais específicos (VERSTREPEN *et al.*, 2006; BORNEMAN *et al.*, 2008).

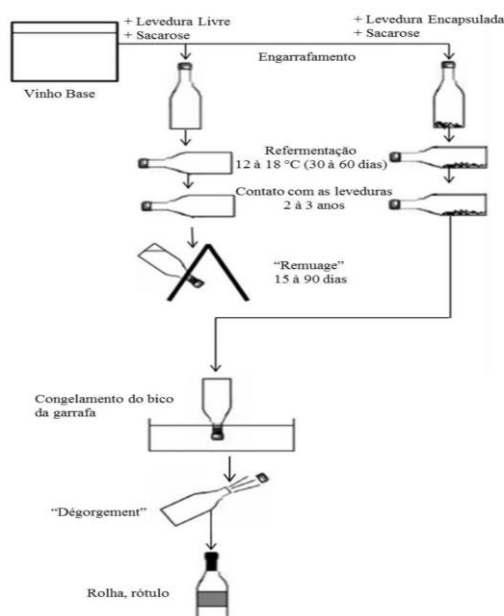
O pioneirismo da *Saccharomyces cerevisiae* em aplicações industriais pode ser atribuído a diversas razões. Em primeiro lugar, sua facilidade de visualização e manipulação, devido ao tamanho relativamente grande de suas células em comparação com as de bactérias. Além disso, a importância econômica associada às indústrias de fermentação alcoólica, a versatilidade da levedura e suas características adequadas para aplicações industriais específicas desempenham um papel crucial. A manutenção simples e a capacidade de resistir facilmente a condições livres de contaminação por microrganismos de crescimento rápido são outras razões para seu destaque (DA SILVA *et al.*, 2020).

As diferentes características do vinho são resultantes da relação entre o tipo de uva, o modo de elaboração, as estirpes de compostos fenólicos de carbonil e sulfurados. Sendo entre eles os ésteres voláteis um dos compostos aromáticos mais importantes derivados da levedura. Embora existam diversas marcas de leveduras comerciais secas ativas disponíveis para enólogos, a escolha cuidadosa da cepa a ser utilizada na tomada de espuma, ou segunda fermentação, é crucial. Essa decisão desempenha um papel fundamental na garantia de uma fermentação segura e na consecução da tipicidade e qualidade desejadas no produto final (SPADARI, 2013).

### 2.3.2 Leveduras encapsuladas

Na elaboração de vinhos espumantes pelo método tradicional *Champenoise*, a etapa de "*rèmuage*" envolve a remoção trabalhosa e demorada das borras de leveduras no fundo das garrafas após a segunda fermentação. Para otimizar esse processo, tem-se explorado o uso inovador de leveduras encapsuladas ou imobilizadas, visando aprimorar a qualidade dos produtos fermentados. A utilização de leveduras encapsuladas vem desde o ano de 1987, conforme relatado por estudos conduzidos por Fumi, Trioli e Colagrande, especialmente na produção de vinhos espumantes (SAVI, 2014 *apud* TORRESI *et al.*, 2011).

**Figura 2** – Elaboração de espumantes pelo Método *Champenoise* com leveduras livres e encapsuladas



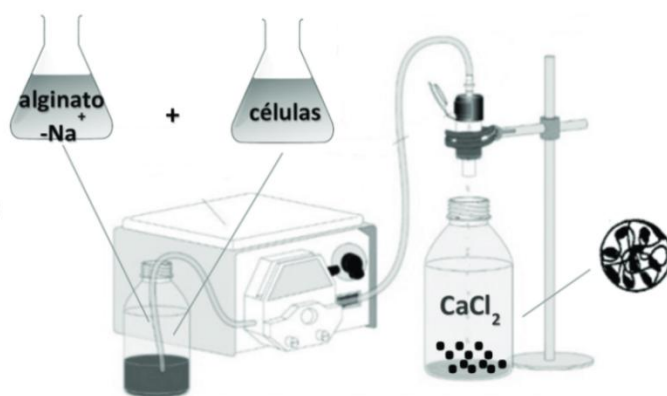
Fonte: Santos, 2012.

A levedura encapsulada, segundo a Proenol® (Empresa de Biotecnologia em Canelas – Portugal), apresenta vantagens significativas no processo de elaboração de vinhos espumantes. Reduzindo a fase de "*rèmuage*", as esferas sedimentam rapidamente até o bico da garrafa com a simples inversão, agilizando o processo de *dégorgement* e economizando mão-de-obra, tempo e espaço na cantina. Em comparação com o método tradicional de leveduras livres, o uso de leveduras encapsuladas elimina a necessidade de preparar o pé de cuba, proporcionando facilidade de uso. Além disso, reduz o risco de contaminação microbológica, oxidação da cor e perda de aromas. A resposta rápida

às demandas do mercado e o planejamento eficaz das expedições são facilitados, pois a etapa de *dégorgement* pode ser realizada imediatamente após a decisão. A encapsulação das leveduras permite que elas desempenhem sua atividade fermentativa dentro da cápsula, evitando o contato direto com o vinho.

A técnica mais comum para a encapsulação de leveduras em uma matriz porosa é o uso de gel de alginato de cálcio. Este método é preferido devido à sua simplicidade, baixo custo e não toxicidade para as células microbianas. O alginato é um polissacarídeo extraído de algas marinhas da espécie *Phaeophyceae*, solúvel em água e torna-se insolúvel com a adição de cátions divalentes (um cátion divalente é um cátion que possui dois átomos positivos, podendo receber dois anions negativos), geralmente o cálcio. A preparação desse método se inicia com uma solução de alginato de sódio, logo após são misturadas as células de leveduras livres, onde essa mistura irá gotejar em uma solução de cloreto de cálcio, formando assim pequenas esferas irreversíveis de alginato de cálcio que mantêm a sua porosidade e não retorna ao seu estado líquido sob calor (BATISTA, 2005; GARCÍA-CRUZ *et al.*, 2008).

**Figura 3** – Encapsulação de Leveduras em Alginato de Cálcio ( $C_{12}H_{14}CaO_{12}n$ )



Fonte: Geise, 2015.

O uso da técnica de encapsulação ou imobilização de leveduras, não impede o processo de autólise e subsequente envelhecimento do vinho. Além das vantagens, as leveduras encapsuladas apresentam uma preocupação significativa: o escape de células das esferas de gel para a garrafa, resultando em leveduras livres no vinho espumante. Para evitar esse problema, a abordagem mais eficaz é a imobilização com uma cobertura dupla dos grânulos, adicionando uma camada a mais de gel sem os microrganismos (BENUCCI *et al.*, 2019).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Vinho Base

Como vinho base, utilizou-se 20 Litros de um vinho base rosé das variedades Gewurztraminer e Pinot Noir, cedido pela Vinícola Guatambu para este experimento. Os parâmetros físico-químicos do vinho base podem ser observados na tabela 1.

**Tabela 1** – Análise físico-química do vinho base espumante

| Vinho Base                        |                         |               |                       |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|
| Álcool (% v/v)                    | 11,1                    | Ácido láctico | 0,7 g.L <sup>-1</sup> |
| Acidez total (g.L <sup>-1</sup> ) | 6,4 meq.L <sup>-1</sup> | Densidade     | 0,991                 |
| pH                                | 3,2                     | A420          | 0,037                 |
| Acidez volátil                    | 0,3 meq.L <sup>-1</sup> | A520          | 0,005                 |
| Açúcar redutor                    | 0,4 g.L <sup>-1</sup>   | A620          | 0                     |
| Glicerol                          | 5,8 g.L <sup>-1</sup>   | FolinCindex   | 13,8                  |
| Ácido málico                      | 1,58 g.L <sup>-1</sup>  |               |                       |

Fonte: do autor, 2023.

#### 3.2 Tomada de Espuma

A tomada de espuma foi conduzida no laboratório de Enoquímica da Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA. Quatro tratamentos foram definidos, sendo T1 (levedura livre com *dègorgement* após 3 meses), T2 (levedura livre com *dègorgement* após 6 meses), T3 (levedura encapsulada com *dègorgement* após 3 meses) e T4 (levedura encapsulada com *dègorgement* após 6 meses). Foram separados dois garrafões de 20 Litros, previamente lavados com detergente neutro e higienizados com ácido peracético 10%. A cada garrafão foi adicionado 10 Litros do vinho base rosé, além da retirada uma amostra para as análises físico-químicas e uma amostra para a análise sensorial. Para a tomada de espuma, o vinho base foi acondicionado em garrafas de 750 ml juntamente com o licor de tiragem contendo açúcares e leveduras, possuindo doses de: 18 g.L<sup>-1</sup>, 30 g.hL<sup>-1</sup> (levedura livre) e 1g / por garrafa (levedura encapsulada) respectivamente.

A inoculação da mesma ocorreu com o protocolo tradicional, primeiramente com a reidratação, aclimatação e posteriormente a inoculação. A levedura livre que foi utilizada é a Maurivin PDM *Saccharomyces cerevisiae* (var. *bayanus*), pois a mesma é

de utilização geral recomendada para a produção de vinho branco e tinto, mas também é adequada para a produção de tipos de vinho espumante pelo método *Champenoise*. Já a levedura encapsulada utilizada foi a PROELIF (*Saccharomyces cerevisiae*), pois ela dispensou toda essa etapa e então foi inoculada diretamente ao vinho, utilizando uma dose de 1 grama por garrafa. Posteriormente foram vedadas com rolhas de plástico natural e gaiolas para dar início à segunda fermentação, totalizando 26 garrafas. As mesmas ficaram acondicionadas na posição horizontal em uma caixa no Laboratório de Enoquímica, onde permaneceram assim durante 45 dias. Após este prazo abriu-se uma garrafa de cada tratamento para ver se o processo de tomada de espuma deu certo, também foi realizada uma análise de açúcar para observar se os espumantes já estavam secos para posteriormente ser realizado o *dègorgement*.

No dia 10/05 as garrafas com as leveduras livres foram dispostas de cabeça para baixo em uma caixa na câmara fria para que pudesse passar pela etapa da *rèmuage*, onde permaneceram assim por 21 dias. No dia 01/06 foi realizado o *dègorgement* dos espumantes, onde foi utilizada uma solução hidroalcoólica para o congelamento do sedimento no bico das garrafas. Foram separadas 4 garrafas de cada tratamento para continuar a maturação por mais três meses na câmara fria. O *dègorgement* foi realizado em 7 garrafas com as leveduras encapsuladas e 9 com as leveduras livres, as mesmas ficaram armazenadas no Laboratório de Enoquímica fora da câmara fria. No dia 25/09 foi realizado o segundo *dègorgement* no restante das garrafas de espumantes, completando seis meses de maturação, utilizando novamente uma solução hidroalcoólica para o congelamento do bico das garrafas. Posteriormente as mesmas ficaram acondicionadas no Laboratório de Enoquímica fora da câmara fria até o dia da realização das análises sensoriais.

### **3.3 Análises Físico-Químicas dos espumantes**

Foram realizadas análises físico-químicas de álcool, acidez total, pH, acidez volátil, açúcares redutores, A420, A520, A620, glicerol, ácido málico, ácido lático, densidade, FolinCindex no WineScan e no Laboratório de Enoquímica realizou-se através dos equipamentos Gibertini semi automatizado as análises de SO<sub>2</sub> livre/total.

### **3.4 Análise Sensorial dos espumantes**

No Laboratório de Análise Sensorial da UNIPAMPA – Dom Pedrito, foram realizadas duas sessões de análise sensorial dos espumantes. A primeira, com

*dègorgement* de 3 meses após a elaboração do espumante e a segunda com *dègorgement* de 6 meses após elaboração do espumante, para ambos os tratamentos. As avaliações foram realizadas por 9 julgadores treinados, utilizando ficha de perfil (ADQ - Análise Descritiva Quantitativa) com escala não estruturada de 9 pontos.

### **3.4 Análise Estatística dos Resultados**

Para a análise estatística de Variância (ANOVA), utilizou-se o programa Statistix 9.0.

## **4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Avaliando os resultados das análises físico-químicas dos espumantes (Tabela 2) dois resultados chamam a atenção: a graduação alcoólica e os teores de açúcares redutores dos tratamentos 3 e 4. Em comum, os dois tratamentos receberam a inoculação de leveduras encapsuladas e a mesma quantidade de açúcar no licor de tiragem, com doses de 18 g/L, sendo a mesma também para os tratamentos 1 e 2.

O T4 recebeu a mesma dose de açúcar que os demais tratamentos, leveduras encapsuladas como no T3, e permaneceu por mais tempo realizando a segunda fermentação, assim como T2. Ou seja, o maior teor de álcool era esperado, uma vez que as condições para a produção de álcool foram as mais propícias entre os tratamentos avaliados. No entanto, o teor de açúcares redutores é o mais alto entre todos os tratamentos. Esse resultado demonstra que no momento da avaliação a fermentação ainda não havia sido finalizada.

**Tabela 2 - Análises Físico-Químicas dos espumantes**

|  | T1       | T2       | T3       | T4       | CV (%) |
|--|----------|----------|----------|----------|--------|
| Álcool (% v/v)                           | 11,84 d  | 11,93 c  | 12,02 b  | 12,07 a  | 0,1    |
| Acidez total (meq.L <sup>-1</sup> )      | 6,50 a   | 6,50 a   | 6,50 a   | 6,50 a   | 0,0    |
| pH                                       | 3,22 b   | 3,22 b   | 3,23 a   | 3,24 a   | 0,1    |
| Acidez volátil<br>(meq.L <sup>-1</sup> ) | 0,30 a   | 0,30 a   | 0,30 a   | 0,30 a   | 0,0    |
| Açúcares redutores                       | 0,90 c   | 0,20 d   | 7,20 b   | 9,26 a   | 2,1    |
| Glicerol                                 | 6,00 a   | 6,00 a   | 6,10 a   | 6,20 a   | 0,0    |
| Ácido málico                             | 1,53 a   | 1,53 a   | 1,50 a   | 1,50 a   | 2,7    |
| Ácido láctico                            | 0,70 a   | 0,70 a   | 0,63 ab  | 0,60 b   | 4,4    |
| Densidade                                | 0,9906 c | 0,9902 d | 0,9929 b | 0,9938 a | 0,0    |
| Polifenóis totais                        | 16,20 b  | 16,63 ab | 17,30 a  | 16,97 ab | 1,9    |

Fonte: do autor, 2023. T1 – leveduras livres com *dègorgement* de 3 meses / T2 – leveduras livres com *dègorgement* de 6 meses / T3 – leveduras encapsuladas com *dègorgement* de 3 meses / T4 – leveduras encapsuladas com *dègorgement* de 6 meses.

O teor alcoólico encontrado em T3 foi o segundo mais alto entre os tratamentos avaliados. Apesar da fermentação na garrafa ter durado menos se comparada a T2, ainda assim, seu teor alcoólico foi mais alto. Esse resultado demonstra que as leveduras encapsuladas são mais eficientes na produção de álcool do que leveduras livres. No entanto, assim como em T4, uma considerável concentração de açúcares redutores permaneceu no espumante. Como a dinâmica de fermentação parece ser a mesma que a apresentada por T4 (a partir de três meses a concentração de álcool pouco foi alterada, e a concentração de açúcares redutores se manteve elevada).

Um estudo realizado por Silva *et al.* (2002) sobre o uso de leveduras encapsuladas para tratar paradas de fermentação e fermentações lentas revela que essas leveduras, quando imobilizadas em géis de alginato de cálcio, apresentam melhor tolerância e adaptabilidade ao álcool presente no vinho em comparação com as células de leveduras livres. Além disso, as leveduras encapsuladas contribuem para a rápida retomada do consumo de açúcares, atingindo uma velocidade máxima de 3,4 gramas por litro por dia nos primeiros 2 dias de tratamento. Essa velocidade diminui gradualmente, alcançando a concentração desejada de menos de 1 grama por litro de açúcares redutores após uma semana de tratamento.

Segundo a Proenol (2023), essa levedura tem condições de conservação particulares, devem ser conservadas no frio em uma temperatura entre 2 e 6°C e em atmosfera de humidade controlada. Pois assim que um pacote é aberto elas devem ser utilizadas em um período máximo de 24 horas. Tudo indica que possivelmente as leveduras encapsuladas utilizadas para este experimento, mesmo que tenham sido mantidas de forma correta, pelo tempo de armazenamento tiveram sua eficiência influenciada.

A concentração alcoólica apresentada pelos tratamentos 1 e 2, que receberam adição de leveduras livres, parecem comprovar a tese de que leveduras encapsuladas são mais eficientes na produção de álcool, uma vez que o tratamento que permaneceu por seis meses em fermentação apresentou menos álcool que T3 (três meses em fermentação com leveduras encapsuladas). Por outro lado, esses mesmos tratamentos, T1 e T2, apresentaram os menores teores de açúcares redutores, menor em T2, como era esperado.

#### **4.1 Análise Sensorial dos espumantes**

Na tabela 3, podemos observar que a intensidade de cor foi maior em T3, devido ao pouco tempo de maturação (3 meses) e se tratando de um vinho espumante jovem a sua cor se manteve em destaque, pois quanto maior o tempo de maturação maior são as chances de oxidação da cor. Relacionando as notas atribuídas e relacionando com os tratamentos podemos observar que o quanto menor o tempo de fermentação maior a nota atribuída, uma vez que T3 (em relação a T4) e T1 (em relação a T2) apresentaram notas maiores.



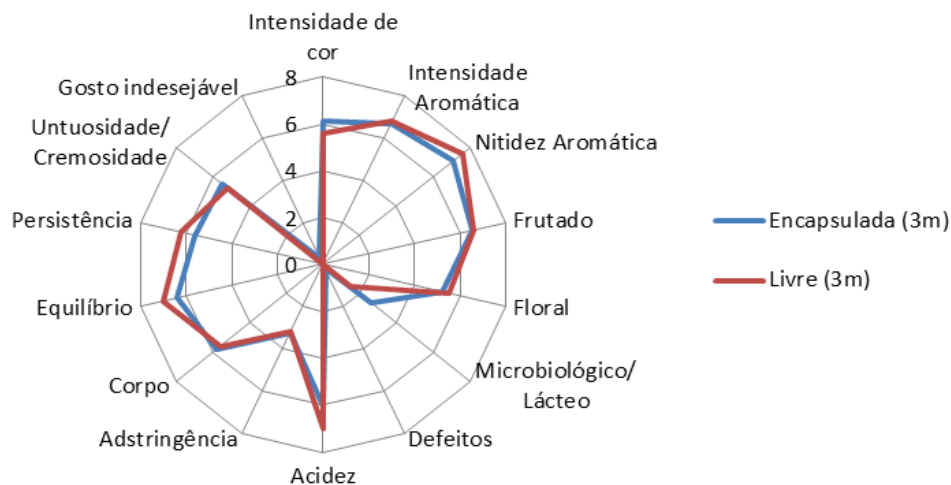
**Tabela 3** - Análise Sensorial dos espumantes

|                         | T1   | T2   | T3   | T4   |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Intensidade de cor      | 5,6  | 5,2  | 6,1  | 4,7  |
| Intensidade Aromática   | 6,8  | 6,5  | 6,7  | 6,0  |
| Nitidez Aromática       | 7,6  | 6,5  | 7,1  | 5,7  |
| Frutado                 | 6,6  | 6,5  | 6,5  | 6,4  |
| Floral                  | 5,5  | 5,0  | 5,2  | 5,3  |
| Microbiológico/ Lácteo  | 1,5  | 1,9  | 2,6  | 0,5  |
| Defeitos                | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,0  |
| Acidez                  | 7,0  | 7,0  | 6,0  | 7,1  |
| Adstringência           | 3,2  | 2,3  | 3,3  | 2,3  |
| Corpo                   | 5,6  | 5,2  | 5,8  | 5,2  |
| Equilíbrio              | 7,0  | 7,3  | 6,4  | 7,2  |
| Persistência            | 6,2  | 5,8  | 5,6  | 5,8  |
| Untuosidade/Creiosidade | 5,2  | 5,4  | 5,5  | 5,5  |
| Gosto indesejável       | 0,0  | 1,7  | 0,3  | 0,2  |
| Avaliação Global        | 87,5 | 79,6 | 87,0 | 80,0 |

Fonte: do autor, 2023. T1 – leveduras livres com *dégorgement* de 3 meses / T2 – leveduras livres com *dégorgement* de 6 meses / T3 – leveduras encapsuladas com *dégorgement* de 3 meses / T4 – leveduras encapsuladas com *dégorgement* de 6 meses.

Em relação à intensidade aromática e a nitidez aromática, os tratamentos que permaneceram menos tempo no processo de *autólise* apresentaram maiores notas. Esses resultados podem ser atribuídos aos aromas frutados e florais, que são perceptíveis nesses tratamentos (T1 e T3).

**Figura 4** – Análise sensorial dos tratamentos T1 e T3



Fonte: do autor, 2023.

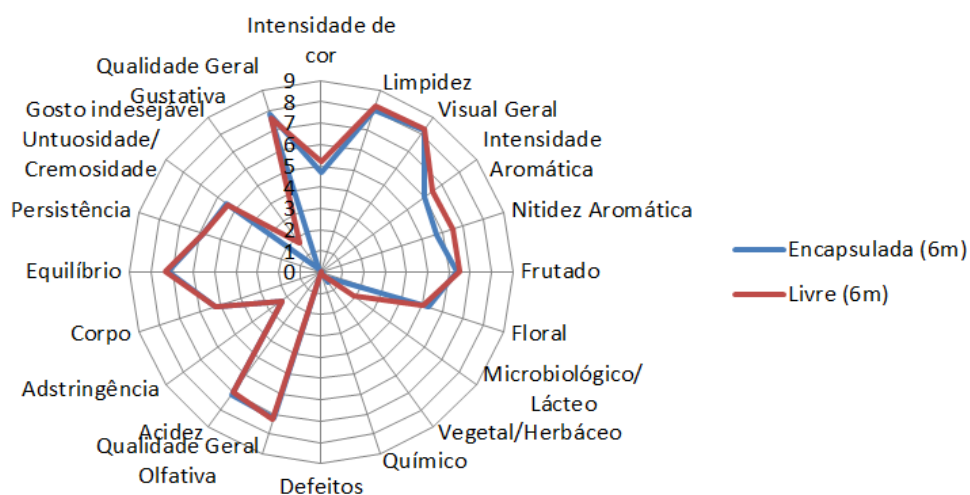
Podemos observar na figura 4 acima que mesmo os tratamentos T1 e T3 possuindo as maiores notas, em relação ao T2 e T4, o tratamento realizado com as leveduras livres (T1), identificado pela linha vermelha na figura, ainda assim se sobressai na intensidade e na nitidez aromática em relação ao tratamento realizado com as leveduras encapsuladas (T3), representada pela linha azul do gráfico.

O aroma frutado segue a mesma tendência da intensidade e da nitidez aromática, com maiores notas atribuídas para T1 e T3, em comparação à T2 e T4, respectivamente. O aroma floral é favorecido pela fermentação desenvolvida por leveduras livres e menor período de fermentação (T1).

Aromas microbiológicos/lácteos foram mais percebidos no T3, em que a fermentação é mais curta, mas realizada por leveduras encapsuladas. Esse resultado parece ter influenciado nas notas atribuídas aos defeitos do vinho espumante, maior em T3, possivelmente relacionado aos aromas lácteos.

A sensação de acidez foi menos percebida no T3. Esse resultado está de acordo com a concentração de ácido málico apresentada na tabela 1, que é menor para T3. O ácido málico exerce importante influência sobre a acidez do vinho.

**Figura 5** – Análise sensorial dos tratamentos T2 e T4

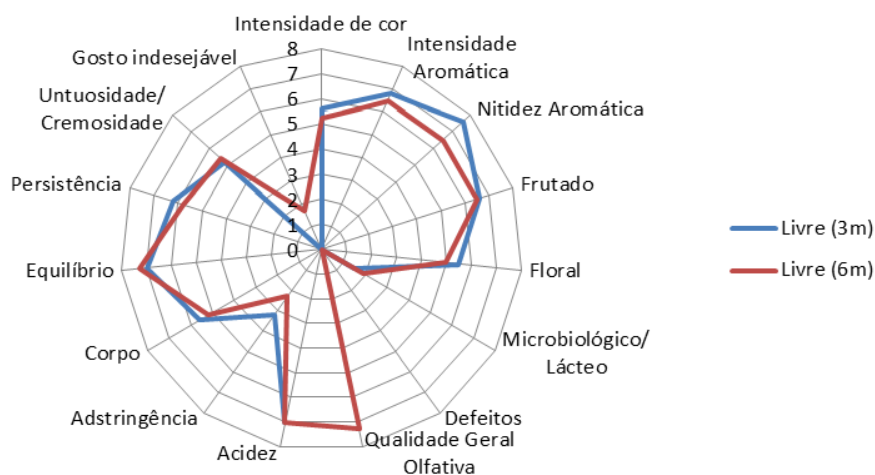


Fonte: do autor, 2023.

Na figura 5, a adstringência apresentou menor influência nos tratamentos que permaneceram mais tempo em fermentação (T2 e T4). Esses resultados parecem inclusive exercer forte influência sobre a sensação de equilíbrio do espumante, que segue a mesma tendência. Por outro lado, a sensação de corpo foi beneficiada por uma fermentação mais curta (T1 e T3), onde podemos observar no gráfico da figura 4 acima.

Podemos observar na figura 6, que a persistência foi melhor avaliada no tratamento realizado por leveduras livres (T1). Esse resultado pode ser relacionado a resultados discutido logo acima, tais como os aromas frutados e florais e a intensidade e nitidez aromáticas, favorecidas pela fermentação desenvolvida por um menor período e com leveduras livres. Em contrapartida, a untuosidade/cremosidade foi menos percebida em T1, e parece ser mais presente em vinhos com maior tempo em processo de envelhecimento, tal como em T2 e T4 observados na figura 5.

**Figura 6** – Análise sensorial dos tratamentos T1 e T2

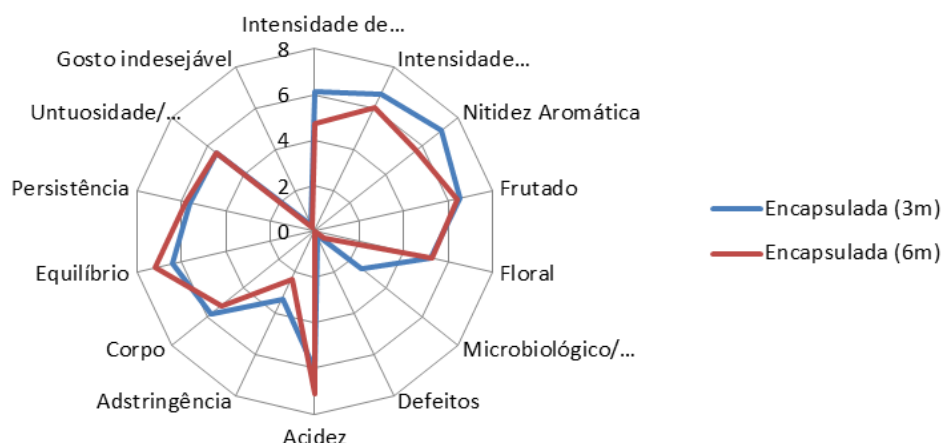


Fonte: do autor, 2023.

Na figura 6, foram comparados os tratamentos T1 e T2, utilizando as leveduras livres em relação ao tempo de *dégorgement* de três e seis meses. Podemos observar que em relação à intensidade e nitidez aromática no tratamento T1 foi bem mais perceptível do que em T2, ressaltando mais os aromas florais. No corpo e na persistência o tratamento T1 também se sobressai em relação a T2, porém na questão de equilíbrio e untuosidade/cremosidade o tratamento T2 obtém-se mais destacado, isso porque o tempo de *autólise* faz com que o espumante adquira essas características, pois ficou mais tempo em contato com as borras finas (células mortas) das leveduras.

Já no gráfico abaixo (Figura 7) os tratamentos comparados foram o T3 e T4 utilizando somente as leveduras encapsuladas e o tempo de *dégorgement* também de três e seis meses, respectivamente. Observamos que T3 já obtém destaque logo de início na intensidade de cor, intensidade e nitidez aromática, porém ele também teve uma forte avaliação sobre os aromas microbiológicos/lácteo, atribuídos ao defeito do vinho espumante como já citado em um dos textos acima. Ambos tiveram a sensação de acidez elevada, isso devido à concentração de ácido málico com mesmos valores, onde podemos observar na tabela 2. O tratamento T4 teve menos sensação de adstringência do que T3, isso devido também ao processo de *autólise*, pois ela suaviza os taninos dando mais textura e cremosidade ao vinho espumante.

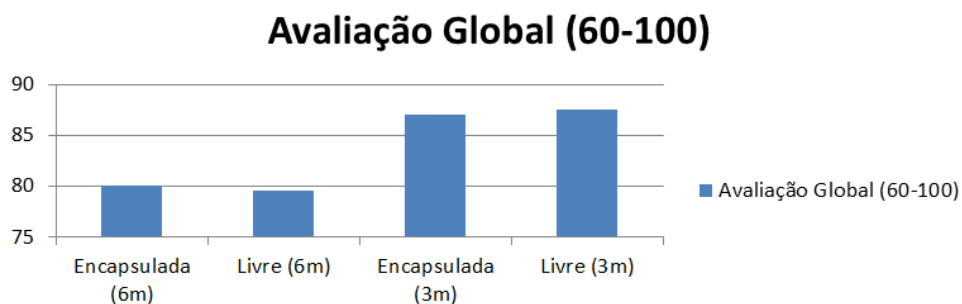
**Figura 7** – Análise sensorial dos tratamentos T3 e T4



Fonte: do autor, 2023.

Por fim, o tratamento T2, com leveduras livres em atividade por seis meses, recebeu uma forte avaliação negativa em relação à sensação de gosto indesejável quando comparado aos demais tratamentos. (Figura 5). Sendo possivelmente responsável pela menor avaliação global recebida, em relação aos demais tratamentos avaliados, onde podemos observar na figura 8 abaixo.

**Figura 8** – Gráfico avaliação global dos espumantes



Fonte: do autor, 2023. T1 – leveduras livres com *dégorgement* de 3 meses / T2 – leveduras livres com *dégorgement* de 6 meses / T3 – leveduras encapsuladas com *dégorgement* de 3 meses / T4 – leveduras encapsuladas com *dégorgement* de 6 meses.

Ainda em relação à avaliação global, os tratamentos em que a fermentação foi menos extensa (T1 leveduras livres e T3 leveduras encapsuladas) receberam as maiores notas e, conseqüentemente, melhor aceitação por parte dos avaliadores. Esse resultado expressa as maiores notas da avaliação sensorial recebidas nas avaliações anteriores por T1. Por outro lado, para T3, demonstra que as características positivas foram mais

consideradas pelos avaliadores, uma vez que observando as características uma a uma, apresentou maior oscilação de boas e más sensações transmitidas pelo vinho espumante.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de leveduras encapsuladas pelo método tradicional *champenoise* torna-se de fato possível reduzir etapas e simplificar o processo de elaboração dos vinhos espumantes, uma vez que suas células imobilizadas sedimentam rápido possibilitando o *dègorgement* imediato.

A cápsula de gel de alginato de cálcio se manteve estável durante os três e seis meses de envelhecimento dos tratamentos, e não houve a liberação de leveduras para o meio onde o vinho espumante permaneceu límpido e brilhante.

Em relação às análises físico-químicas, dois resultados chamaram a atenção, a graduação alcoólica e os teores de açúcares redutores dos tratamentos T3 e T4, sendo eles elaborados com as leveduras encapsuladas (*Saccharomyces cerevisiae*) apresentaram maior teor de açúcares residuais e também uma maior concentração de álcool em relação aos espumantes elaborados com as leveduras livres (*Saccharomyces var. bayanus*) (T1 e T2) que obtiveram um consumo total do substrato.

Já nas análises sensoriais na questão visual, olfativa e gustativa os dados mostram que as leveduras encapsuladas não obtiveram diferenças significativas, porém foram mais perceptíveis sobre o tempo de maturação, onde os tratamentos T1 e T3 ambos com 3 meses obtiveram a preferência dos avaliadores com as avaliações globais mais altas.

Por fim, pode-se concluir que as leveduras encapsuladas facilitam o processo de elaboração de vinhos espumantes sem danos nas características físico-químicas e sensoriais dos mesmos, chamando atenção o tempo de 3 meses de maturação.

## REFERÊNCIAS

- ALBERT, Aguinaldo Zäckia. **O admirável novo mundo do vinho: e as regiões emergentes**, 2006.
- ÁLVAREZ-BARRAGÁN, Joyce et al. Influence of spontaneous, “pied de cuve” and commercial dry yeast fermentation strategies on wine molecular composition and sensory properties. **Food Research International**, v. 174, p. 113648, 2023.
- BATISTA, Marcio de Andrade et al. Estudo da imobilização de células de *Saccharomyces cerevisiae* em gel de alginato de cálcio no processo de fermentação alcoólica. 2005.
- BENUCCI, Ilaria et al. Yeast cells in double layer calcium alginate–chitosan microcapsules for sparkling wine production. **Food chemistry**, v. 300, p. 125174, 2019.
- BORNEMAN, Anthony R. et al. Comparative genome analysis of a *Saccharomyces cerevisiae* wine strain. **FEMS yeast research**, v. 8, n. 7, p. 1185-1195, 2008.
- CALIARI, Vinícius; ROSIER, Jean Pierre; LUIZ, Marilde Bordignon. Vinhos espumantes: métodos de elaboração. **Evidência**, v. 13, n. 1, p. 65-77, 2013.
- DA NÓBREGA, Francisco Gorgonio; BOSSOLAN, Nelma Regina Segnini. Invisíveis, hóspedes e bem-vindos: os microrganismos. **Ciências**, Coleção Explorando o Ensino, v. 18, p. 115–128. Ministério da Educação e Cultura, 2011.
- DA SILVA, Maria Angela Amazonas Almeida; DA SILVA, Guido Almeida. Leveduras nacionais selecionadas para a elaboração de vinho. 1987.
- DA SILVA, Gildo Almeida et al. História e usos de leveduras: características das leveduras isoladas para a região produtora dos vinhos de altitude de Santa Catarina. 2020.

DE MELLO, Loiva Maria Ribeiro; MACHADO, Carlos Alberto Ely. Vitivinicultura Brasileira: Panorama 2014. **Comunicado Técnico**, v. 175, n. 1, p. 6, 2019.

DO AMARANTE, Jose Osvaldo Albano. **Os segredos do vinho para iniciantes e iniciados**. Mescla Editorial, 2010.

FREITAS, P. F. D. S. (2023). Prospecção tecnológica de vinhos espumantes.

GABBARDO, E. T.; JACOBS, S. A. Microrganismos na fermentação de alimentos e bebidas, Ed 1, Viseu, cap. 4, p. 104-135, 2023.

GARCIA-CRUZ, Crispin Humberto; FOGGETTI, Ulisses; SILVA, Adriana Navarro da. Alginato bacteriano: aspectos tecnológicos, características e produção. **Química nova**, v. 31, p. 1800-1806, 2008.

GEISE, E. C. Potencial biotecnológico do uso de microrganismos imobilizados em gel de alginato de cálcio. *Série Tecnológica Ambiental CETEM*, p.47 , 2015.

GRAVIA PIMENTA, Vitor Mateus; GABAN FILIPPI, Amanda Cristina; CERQUEIRA STREIT, Jorge Alfredo. Potencial da Vitivinicultura em Brasília e Entorno. **Revista FSA**, v. 20, n. 3, 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2023).

LAMBERT-ROYO, María Ignacia et al. The diversity of effects of yeast derivatives during sparkling wine aging. **Food Chemistry**, v. 390, p. 133174, 2022.

LU, Haocheng et al. Modifications in aroma characteristics of ‘Merlot’ dry red wines aged in American, French and Slovakian oak barrels with different toasting degrees. **Food Science and Human Wellness**, v. 13, n. 1, p. 381-391, 2024.

MEDEIROS, Raphael Vieira; DE SOUZA, Marcelino. Vozes de uma paisagem: o vale dos vinhedos e sua relação com os vitivinicultores. **Para Onde!?**, v. 17, n. 2, p. 110-130, 2023.



PROENOL® - Indústria Biotecnológica S.A., (2023).

RIBÉREAU-GAYON, Pascal et al. (Ed.). **Handbook of enology, Volume 1: The microbiology of wine and vinifications**. John Wiley & Sons, 2006.

RIGOU, Peggy et al. Impact of industrial yeast derivative products on the modification of wine aroma compounds and sensorial profile. A review. **Food Chemistry**, v. 358, p. 129760, 2021.

RIZZON, Luiz Antenor; MENEGUZZO, Júlio; GASPARIN, André Miguel. *Elaboração de vinho moscatel espumante*. 2005.

SANTOS, S. J. R.. *Produção de espumante pelo Método Charmat com leveduras imobilizadas*. **Dissertação de Mestrado**, 2012.

SAVI, Cássia Cristina et al. *Elaboração de sidra pelo método Champenoise utilizando leveduras livres e encapsuladas*. **Dissertação de Mestrado**. 2014.

SCHULLER, Dorit Elisabeth; PAIS, Célia; CASAL, Margarida. *Métodos moleculares de identificação de leveduras do vinho*. 2004.

SHIMIZU, Hideaki et al. Yeast diversity during the spontaneous fermentation of wine with only the microbiota on grapes cultivated in Japan. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 136, n. 1, p. 35-43, 2023.

SPADARI, Laércio. *Influência da cepa de levedura na composição de vinhos espumantes elaborados pelo método tradicional*. **Dissertação de Mestrado**, 2013.

STUCK, O. F. *Utilisation de levures incluses pour le traitement des arrêts de fermentations*. **J. Int. Sci. Vigne Vin**, v. 36, n. 3, p. 161-168, 2002.

The Wayward Winerd, 2017. Disponível em: <https://thewaywardwiner.wordpress.com/>  
Acesso: 18, de Dezembro de 2023.

TONIETTO, Jorge et al. O clima vitícola das regiões produtoras de uvas para vinhos finos do Brasil. **Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas iberoamericanas. Madrid: CYTED**, p. 111-145, 2012.

TUON FILHO, Liberato. Aplicabilidade da cultivar pinotage em espumantes na região da campanha gaúcha. **Trabalho de Conclusão de Curso**, 2017.

VERZELETTI, Andrelise. Evolução aromática e autofagia/autólise durante a segunda fermentação de espumantes. **Dissertação de Mestrado** , 2014.

VERSTREPEN, Kevin J.; CHAMBERS, Paul J.; PRETORIUS, Isak S. The development of superior yeast strains for the food and beverage industries: challenges, opportunities and potential benefits. **Yeasts in food and beverages**, p. 399-444, 2006.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Ficha utilizada na análise sensorial dos vinhos espumantes

**FICHA PARA ANÁLISE SENSORIAL DE VINHOS**

Degustador: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Você foi convidado a participar de uma análise sensorial descritiva quantitativa de vinhos espumantes. Para isso, você deve avaliar cada uma das amostras de acordo com a intensidade dos descritores ou características solicitadas. A escala selecionada é de 0 (inexistente) a 9 (muito intenso).

0 (zero) 
1
2
3
4
5
6
7
8
9
 9 (nove)

Inexistente / pouco intenso Muito intenso

|  | Características do vinho                                 | Amostra n° | Amostra n° | Amostra n° | Amostra n° | Amostra n° | Amostra n° |
|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| VISUAL   | Intensidade de cor                                       |            |            |            |            |            |            |
|  | Tonalidade ( <i>preencher com texto</i> )                |            |            |            |            |            |            |
| OLFATIVO   | Intensidade  |            |            |            |            |            |            |
|  | Qualidade  |            |            |            |            |            |            |
|  | Frutado  |            |            |            |            |            |            |
|  | Floral   |            |            |            |            |            |            |
|  | Frutas secas   |            |            |            |            |            |            |
|  | Microbiológico/lácteo                                    |            |            |            |            |            |            |
|  | Especiarias  |            |            |            |            |            |            |
|  | Defeitos ( <i>acético, redução</i> )                     |            |            |            |            |            |            |
|  | 1° Descritor + intenso<br>( <i>preencher com texto</i> ) |            |            |            |            |            |            |
|  | 2° Descritor + intenso<br>( <i>preencher com texto</i> ) |            |            |            |            |            |            |
| 3° Descritor + intenso<br>( <i>preencher com texto</i> ) |  |            |            |            |            |            |            |
| GUSTATIVO  | Acidez   |            |            |            |            |            |            |
|  | Adstringência  |            |            |            |            |            |            |
|  | Corpo  |            |            |            |            |            |            |
|  | Equilíbrio   |            |            |            |            |            |            |
|  | Persistência   |            |            |            |            |            |            |
|  | Creiosidade  |            |            |            |            |            |            |
| Gosto indesejável  |  |            |            |            |            |            |            |
|  | Qualidade geral (60 a 100)                               |            |            |            |            |            |            |

Fonte: do autor, 2023.

### APÊNDICE B – Aromas leveduras livres com três meses de maturação



Fonte: do autor, 2023.

APÊNDICE C – Aromas leveduras livres com seis meses de maturação



Fonte: do autor, 2023.

APÊNDICE D – Aromas leveduras encapsuladas com três meses de maturação



Fonte: do autor, 2023.

APÊNDICE E – Aromas leveduras encapsuladas com seis meses de maturação



Fonte: do autor, 2023.