

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO SUL CAMPUS BENTO GONÇALVES

Jeferson Cielo Ceppo

A IMPORTÂNCIA DA FILTRAÇÃO TANGENCIAL NA ELABORAÇÃO DE
ESPUMANTES PELO MÉTODO CHARMAT

Bento Gonçalves, Junho de 2025

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO SUL CAMPUS BENTO GONÇALVES

A IMPORTÂNCIA DA FILTRAÇÃO TANGENCIAL NA ELABORAÇÃO DE
ESPUMANTES PELO MÉTODO CHARMAT

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao Curso Superior de Tecnologia em Viticultura e Enologia, do Instituto Federal da Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Bento Gonçalves, como requisito parcial à obtenção de título Tecnólogo em Viticultura e Enologia.

Orientador: Professor Dr. Luciano Manfroi

Bento Gonçalves, Junho de 2025

Agradecimentos

Início meus agradecimentos, destinando homenagens para minha família, especialmente, aos meus pais, irmã e pela motivação, apoio e incentivo aos estudos. Além disso, sou grato pela presença marcante dos meus familiares, no que diz respeito ao afeto, exemplo e construção de valores.

Declaro meu reconhecimento ao meu professor orientador Dr. Luciano Manfroi, pela orientação, partilha de conhecimento, amizade, estímulo e acompanhamento no decorrer do estágio. Foi um processo importante e, ter a oportunidade de contar com profissionais de excelência é de extrema relevância.

Enalteço meus professores, que fizeram parte da minha formação acadêmica, pelos ensinamentos em todos os momentos. O profissionalismo e dedicação são características marcantes, o que tornou o processo de ensinar e aprender uma experiência de troca, protagonismo e crescimento.

Obrigado à vinícola Família Salton, em especial aos meus gestores, pela oportunidade de contar com a empresa. Carrego como valor de referência a confiança, juntamente com saberes construídos de forma significativa e ricos de sentido.

Por último, mas não menos importante. direciono também meus agradecimentos aos meus colegas e amigos, pelo apoio, compreensão e incentivo ao longo do curso Superior de Tecnologia em Viticultura e Enologia e na realização do presente trabalho.

A gratidão é a memória do coração e neste momento é essencial lembrar e engrandecer as contribuições a mim destinadas. Em síntese, agradecer é fortalecer a premissa de que os caminhos se tornam mais leves e aprazíveis quando temos pessoas ao nosso lado para nos apoiar e incentivar.

Lista de Figuras

Figura 1: Comparação princípios de filtração convencional e filtração tangencial.....	20
Figura 2: Representação esquemática dos processos de retrofiltração.....	23
Figura 3: Efeito na vazão de desobstrução por enxágue intermediário durante filtração.....	24
Figura 4: Módulo de Membranas Orgânicas (Capilares) e Capilares Orgânicos de Diferentes Diâmetros.....	24
Figura 5: Interior da campana onde ficam localizadas as membranas.....	25
Figura 6: Tubo cerâmico de Óxido de Alumínio.....	25
Figura 7: Diagrama de uma instalação de filtração tangencial.....	27

Lista de Tabelas

Tabela 1: Configurações de membranas de microfiltração tangencial.....	26
Tabela 2: Desempenho da microfiltração tangencial no tratamento curativo após contaminação por <i>Brettanomyces</i>	29
Tabela 3: Impacto do tamanho dos poros das membranas na estabilização microbiológica dos vinhos.....	29
Tabela 4: Classificação dos espumantes quanto ao teor de açúcar.....	39

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	11
2.	Vinícola Salton.....	13
2.1.	Salton e sua história.....	13
2.1.1.	Missão.....	13
2.1.2.	Visão.....	14
2.1.3.	Valores.....	14
3.	Revisão Bibliográfica.....	14
3.1.	Obtenção do Vinho Base.....	14
3.1.1.	Uva e Sua Maturação.....	14
3.1.2.	Prensagem.....	15
3.1.3.	Limpeza do Mosto.....	15
3.1.4.	Fermentação Alcoólica	16
3.1.5.	Clarificação	17
3.1.6.	Centrifugação	18
4.	Filtração Tangencial.....	19
4.1.	Fenômenos que Interferem na Eficiência da Filtração Tangencial.....	20
4.2.	Retrofiltração e Técnicas de Desobstrução.....	22
4.3.	Tipos de Membranas Utilizadas na Filtração Tangencial.....	24
4.3.1.	Materiais das Membranas.....	24
4.3.2.	Geometria e Configurações das Membranas.....	26
4.4.	Funcionamento da Filtração Tangencial	26
4.5.	Controles na filtração Tangencial: Turbidez, Controle Microbiológico.....	28
4.6.	Testes de Integridade.....	29
4.7.	Operações de Enxágue e Limpeza no Processo de Filtração	30
4.7.1.	Enxágue Durante Ciclos de Filtração.....	30
4.7.2.	Limpeza Química (CIP – Cleaning in Place)	30
4.8.	Filtrabilidade de Mostos e Vinhos.....	31
4.9.	Influência Organoléptica da Filtração Tangencial em Vinhos.....	32
4.10.	Desenvolvimento e Perspectivas da Filtração Tangencial.....	34
5.	Etapas da Elaboração do Espumante Método Charmat.....	35
5.1.	Assemblage.....	35

	10
5.2. Correção do Teor de Açúcar.....	35
5.3. Filtração Antes da Segunda Fermentação.....	36
5.4. Segunda Fermentação.....	36
5.5. Estabilização Tartárica.....	37
5.6. Centrifugação.....	38
5.7. Licor de Expedição.....	38
5.8. Filtração Pré-envase.....	39
6. Conclusão.....	40
7. Referências.....	41

1. INTRODUÇÃO

A vitivinicultura brasileira tem apresentado significativa evolução, acompanhando e sendo impulsionada pelos avanços tecnológicos e o aprimoramento das práticas enológicas. Isso contribui não só para o aperfeiçoamento do processo, abordando aspectos relacionados a sustentabilidade, como também na qualidade do produto. Nesse contexto, destaca-se a crescente valorização dos espumantes produzidos pelo método Charmat, cujo processo caracteriza-se pela realização da segunda fermentação em tanques de inox pressurizados. É de grande valia ressaltar que este processo vem sendo amplamente utilizado na Serra Gaúcha. Em decorrência desta inovação, obtém-se produtos com atributos sensoriais frescos e de excelência, atendendo à crescente demanda dos paladares mais exigentes e apurados no mercado nacional e internacional.

No que tange as distintas etapas inerentes a produção de espumantes, a filtração se apresenta como um procedimento primordial para garantir a limpidez, a estabilidade microbiológica e a integridade sensorial do produto. Em síntese, a filtração tangencial, destaca-se nas vinícolas modernas, sendo eficiente no que se refere às vantagens operacionais, mitigando o uso de insumos e preservando as qualidades organolépticas do vinho. Sua aplicação é sinônimo de evolução, uma vez que substitui métodos tradicionais, reduzindo impactos ambientais e resultando em melhoras técnicas.

Em vista disso, o presente relatório de estágio, intitulado “A importância da filtração tangencial na elaboração de espumantes pelo método charmat”, objetiva elucidar a fundamentalidade da filtração tangencial na elaboração de espumantes pelo método Charmat. Para isso, notabiliza-se os princípios de funcionamento, os tipos de membranas utilizadas, os parâmetros de controle e os benefícios proporcionados por essa tecnologia. Adicionalmente, o trabalho explana a história da Vinícola Salton, empresa na qual a experiência de estágio foi realizada.

Sendo assim, o documento evidenciará que a filtração tangencial representa um avanço estratégico no setor vitivinícola, proporcionando benefícios que contemplam eficiência, segurança microbiológica e sustentabilidade. A sua adoção expansiva nas vinícolas, visa maior desempenho técnico e conservação das características sensoriais do vinho. Portanto, o relatório em questão propõe-se a demonstrar os aspectos técnicos e operacionais que envolvem essa etapa crucial do

processo produtivo, promovendo um aprofundamento teórico-prático essencial à formação do vitivicultor e enólogo.

2. VINÍCOLA SALTON

2.1. Salton e sua história

A história do nosso país é caracterizada e influenciada pelos povos que aqui chegaram. Os imigrantes europeus, como por exemplo, os italianos que entre os anos de 1820 e 1903 aqui desembarcaram buscavam por emprego e melhores condições de vida. Com base nesse contexto histórico, pode-se associar o início da história da vinícola Salton, registrando a chegada do imigrante italiano Antônio Domenico Salton, no ano de 1878. Com o apreço e ensejo presentes em suas veias pelo mundo do vinho, Antônio notou no solo fértil da Serra Gaúcha o local propício para iniciar a produção de vinhos de qualidade (VINÍCOLA SALTON, 2025).

O encanto e entusiasmo pelo setor da vitivinicultura foi passada de geração em geração e com isso a vinícola cresceu exponencialmente ao longo dos anos. A Vinícola Salton é considerada uma das mais tradicionais e antigas do Brasil. Inicialmente, a produção era voltada para vinhos de mesa e sucos. Com o passar do tempo, a empresa, especializou-se e ampliou seu portfólio de produtos, incluindo espumantes, vinhos finos, destilados e outros produtos derivados da uva. Em sua trajetória, na espera vitivinícola, a Salton se destacou pela qualidade de seus produtos e pela capacidade de inovar no mercado nacional.

Vale destacar como marco importante, a inauguração, em 2004, de sua moderna sede no distrito de Tuiuty, em Bento Gonçalves. A estrutura foi planejada para atender a demanda em ascensão por vinhos finos e espumantes, com a utilização de equipamentos modernos e eficientes.

Atualmente, a Vinícola Salton é uma referência no setor vitivinícola nacional, sendo reconhecida por sua tradição e qualidade. A empresa é gerenciada pela quarta geração da família Salton. Com mais de 100 anos de existência, a vinícola se reinventa continuamente, ampliando seus horizontes na busca por novos meios de comercializar seus produtos em relação a à esfera nacional e internacional.

2.1.1. Missão

Elaborar produtos distintos que expressem nossa identidade e história centenária, fortalecendo relacionamentos duradouros com nossos clientes,

colaboradores, fornecedores e acionistas.

2.1.2. Visão

Ser uma empresa inovadora, admirada por suas práticas, princípios e produtos e que faça perdurar seus valores de geração para geração.

2.1.3. Valores

Família, Espírito, Tradição e Transformação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Obtenção do Vinho Base

3.1.1. Uva e Sua Maturação

A uva é a matéria-prima utilizada na produção de vinhos, espumantes, sucos, dentre outros derivados. A qualidade dos produtos decorre principalmente do nível de maturação da uva. O amadurecimento é o resultado de todos os fenômenos fisiológicos e bioquímicos complexos, cujo desenvolvimento e intensidade apropriados estão intrinsecamente relacionados às condições biológicas e fisiológicas (variedade da uva, idade da videira, estágio fenológico) (JACKSON, 2014).

Além disso, o clima da Serra Gaúcha exerce papel fundamental na qualidade dos espumantes produzidos. É caracterizado como subtropical úmido, com temperaturas médias anuais entre 16 °C e 18 °C, verões moderadamente quentes e invernos frios, juntamente com alta precipitação distribuída ao longo do ano. Essas condições, associadas à altitude média de 600 metros, favorecem uma maturação lenta das uvas, permitindo a preservação de altos níveis de acidez e a formação de aromas delicados (EMBRAPA, 2019). Assim, a interação entre clima, solo e técnicas vitícolas na Serra Gaúcha resulta em espumantes brasileiros de reconhecida qualidade e tipicidade.

É de suma importância para a produção dos espumantes a qualidade da matéria prima, sendo necessário evitar problemas de podridão, que podem causar oxidações, além de aromas e gostos desagradáveis. Dessa forma, faz-se necessário cuidados nas etapas de colheita e transporte, preservando a integridade

da fruta (JACKSON, 2014).

3.1.2. Prensagem

O processo de prensagem consiste na extração do mosto, separando o líquido das cascas e sementes. Para esse processo, utiliza-se a Prensa Pneumática. O equipamento é considerado moderno e eficiente, pois utiliza uma grande bolsa de ar que se infla e aplica pressão uniforme sobre as uvas, permitindo um controle maior e uma extração suave do mosto (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

De acordo com Ribéreau-Gayon et al. (2021), a técnica permite regular a pressão desejada, permitindo assim, que haja uma separação do chamado mosto flor, que é obtido, inicialmente, com menor pressão e do mosto prensa, que é aquele cuja prensagem é mais intensa. De igual modo, a prensagem imediata após a colheita reduz o risco de oxidação e fermentações indesejadas, o que é crucial para a manutenção dos aromas varietais e da acidez natural do mosto.

3.1.3. Limpeza do Mosto

Este processo, também conhecido como clarificação, tem como objetivo eliminar impurezas em suspensão, que permanecem após o processo de prensagem e que produzem sabores indesejáveis ao vinho, obtenção de limpidez, estabilização protéica, aumento de rendimento dos filtros, estabilização óxido reductora e uma melhoria organolética respeitando a cor, estrutura e a tipicidade do mosto (UBEDA, 2000).

A clarificação do mosto melhora de forma mais significativa a qualidade do vinho, em comparação ao mosto não clarificado, quando há uma alta concentração de sólidos em suspensão no mosto inicial. Vinhos elaborados com mostos clarificados apresentam menores concentrações de álcoois superiores de odor penetrante e maiores concentrações de ésteres etílicos de ácidos graxos e acetatos de álcoois superiores, os quais possuem aromas mais agradáveis (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

Entre as principais técnicas utilizadas para essa finalidade, destacam-se a flotação e o débourage, cada uma com suas particularidades, vantagens e aplicações específicas. O processo amplamente utilizado, que se destaca pela sua

rapidez é a flotação. Esse método envolve a injeção de um gás inerte, como nitrogênio ou ar, juntamente com um agente clarificante, sendo os principais a gelatina ou bentonite, no mosto previamente tratado com enzimas pectolíticas. As bolhas de gás aderem às partículas sólidas em suspensão, fazendo com que subam à superfície do tanque, formando uma espuma que é posteriormente removida, resultando em um mosto límpido e pronto para a fermentação (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

Segundo Ribéreau-Gayon et al. (2021), essa técnica oferece vantagens significativas, como a rapidez do processo, maior eficiência na remoção de compostos indesejáveis e redução do consumo energético na vinícola. Assim sendo, o êxito dessa etapa depende da correta aplicação dos adjuvantes, da temperatura ideal, teores de SO₂ e das especificidades de cada mosto a ser tratado.

Outra técnica utilizada na vinificação é o débourage, também conhecido como clarificação estática, é um processo tradicional, amplamente empregado na vinificação de vinhos brancos e rosés. Consiste em deixar o mosto em repouso a baixas temperaturas, adicionando ou não agentes clarificantes, após a prensagem, permitindo que as impurezas presentes no líquido sedimentem naturalmente no fundo do tanque. A remoção dessas borras grossas é essencial para evitar a liberação de compostos indesejáveis durante a fermentação, contribuindo para a obtenção de vinhos mais limpos e com maior pureza aromática (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

3.1.4. Fermentação Alcoólica

A fermentação é uma das principais etapas do processo de vinificação, e nela participam agentes microbiológicos. É a transformação dos açúcares da uva dissolvidos no mosto (glicose e frutose) em álcool etílico e subprodutos (glicerol, acetaldeído, ácido acético, ácido láctico, etc.) (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

O processo fermentativo é iniciado após a adição de levedura seca ativa (*Saccharomyces cerevisiae*). Essa, por sua vez, deve ser inicialmente hidratada com água morna a 35°C, na proporção de dez vezes o seu peso. A distribuição uniforme das células de levedura no mosto é feita pelo processo de remontagem (RIBÉREAU GAYON et al., 2021).

A espécie *Saccharomyces cerevisiae* é a mais utilizada devido à sua

tolerância ao etanol, resistência à acidez e capacidade de completar a fermentação de forma eficiente. Além do mais, caracteriza-se pela baixa produção de compostos indesejáveis (como H_2S), e capacidade de preservar os compostos varietais dos vinhos brancos, como os terpenos, norisoprenoides e tiocompostos voláteis (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

Togores (2003), explica que para acompanhar o andamento da fermentação alcoólica, é necessário, periodicamente, a medição dos compostos sintetizados, visto que o etanol é o principal elemento formado durante esse processo. Outra alternativa é controlar a diminuição da quantidade de açúcar no mosto.

Segundo Ribéreau-Gayon et al. (2021), o controle da temperatura é um dos principais fatores que asseguram a qualidade sensorial dos vinhos brancos, que são particularmente sensíveis à perda de compostos aromáticos voláteis. Normalmente, a fermentação de vinhos brancos ocorre em tanques de aço inoxidável, com temperatura controlada entre 15°C a 20°C. Esse intervalo propicia uma fermentação lenta e gradual, contribuindo para a retenção de aromas varietais e a formação de compostos voláteis, como por exemplo, os ésteres frutados.

Além da temperatura, Ribéreau-Gayon et al. (2021) enfatiza a importância da nutrição das leveduras e da aeração inicial do mosto. Isso permite a síntese de ácidos graxos insaturados e esteróis, fundamentais à permeabilidade das membranas celulares das leveduras.

3.1.5. Clarificação

Após a fermentação alcoólica, a clarificação dos vinhos brancos é uma etapa de suma importância que garante a estabilidade coloidal e limpidez visual. Conforme destacado por Ribéreau-Gayon et al. (2021), esse processo tem por objetivo a remoção de partículas em suspensão, como leveduras residuais, proteínas instáveis e compostos fenólicos oxidados, que podem comprometer a qualidade sensorial e a estabilidade do vinho.

Os métodos de clarificação contemplam a sedimentação natural, filtração, centrifugação e o uso de agentes clarificantes específicos. Entre os clarificantes mais utilizados, destacam-se a bentonite, eficaz na remoção de proteínas instáveis; a gelatina associada à sílica gel, que acelera a floculação de partículas coloidais; o polivinilpolipirrolidona (PVPP), útil na eliminação de fenóis oxidados; e o carvão

ativado, usado moderadamente para a correção de defeitos aromáticos (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

A escolha do agente clarificante e sua dosagem devem ser precedidas por testes laboratoriais, a fim de evitar a remoção excessiva de compostos aromáticos desejáveis e a perda de estrutura do vinho. Após a clarificação, é comum realizar trasfegas para remover os sedimentos formados, preparando o vinho para etapas subsequentes, como estabilização tartárica e engarrafamento (RIBÉREAU-GAYON et al, 2021).

Além disso, fatores como a temperatura de armazenamento e o tempo de contato com as borras influenciam diretamente a eficiência da clarificação. Temperaturas mais baixas (em torno de 10°C) favorecem a sedimentação dos sólidos, ao mesmo tempo que limitam reações oxidativas (RIBÉREAU-GAYON et al, 2021).

3.1.6. Centrifugação

Ribéreau-Gayon et al., (2021), apontam a centrifugação como uma técnica física aplicada na limpeza de vinhos. É eficaz após a fermentação alcoólica. O objetivo desse procedimento é a remoção rápida de partículas em suspensão, como leveduras residuais, células bacterianas, resíduos de casca e polpa, além de borras finas, que não se sedimentam facilmente por decantação natural. Emprega-se com frequência como uma etapa prévia à filtração, facilitando essa operação ao reduzir a carga de partículas.

A centrifugação é um método, cuja as vantagens contemplam um processo rápido e contínuo. Além disso, reduz custos operacionais, melhora a qualidade do produto final e aumenta a produtividade (FLOTTWEG, 2025).

Toda via, de acordo com Giovannini e Manfroi (2009), somente a centrifugação não garante a obtenção de resultados satisfatórios de limpidez. Isso ocorre pois apresenta uma menor eficiência na eliminação de partículas muito finas, sendo necessário a utilização de agentes clarificantes específicos.

Conforme aponta Ubeda (2000), o vinho turvo entra pela parte superior por meio de uma tubulação de entrada fixa. Na sequência passa pelo centro da máquina no jogo de discos centrais, local esse em que se depositam as impurezas sólidas. Dando continuidade ao processo, o líquido límpido sai pelas proximidades ao centro

e as impurezas sólidas depositadas são arrastadas até a periferia da máquina devido ao giro a que está submetida (> 7.000 rpm).

As sujidades acumuladas no espaço livre do rotor são descartadas automaticamente. A operação é recorrente conforme a necessidade de eliminação de todos os sólidos acumulados, por isso a máquina possui um programador automático de descarga (UBEDA, 2000).

Riberéau-Gayon et al. (2021) ressalta que a centrifugação deve ser tecnologicamente adaptada ao tipo de vinho e ao estágio de produção. É uma ferramenta muito útil quando integrada ao conjunto de práticas enológicas.

4. Filtração Tangencial

A filtração tangencial, começou a ser implementada na indústria do vinho no início da década de 1980, destacando-se como países pioneiros na adoção da técnica França e Itália. Regiões tradicionais francesas como Bordeaux e Champagne buscaram essa inovação como alternativa aos métodos convencionais de clarificação, como filtros de placas e de terras diatomáceas. O principal objetivo era o de preservar a integridade sensorial e minimizar a oxidação dos vinhos brancos e espumantes. Concomitantemente, a Itália destacou-se na aplicação e no desenvolvimento tecnológico, adaptando sistemas de membranas inicialmente utilizados em outras indústrias para os requisitos específicos da vinificação. Com esses progressos, a filtração tangencial consolidou-se como uma tecnologia eficiente, limpa e segura, especialmente adequada para a estabilização e o polimento de vinhos de alta qualidade (RAYNAL et al., 2011).

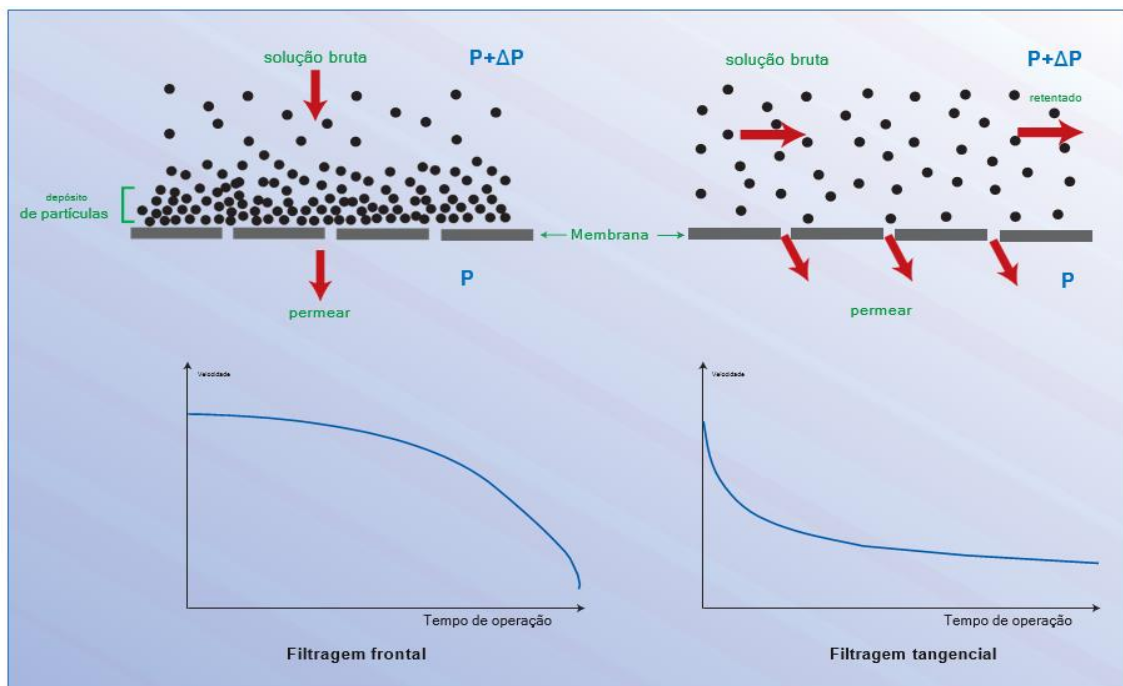
A filtração tangencial é baseada na utilização de uma membrana semi-permeável, que por meio de seus poros é capaz de separar partículas indesejadas que estão presentes em mostos e vinhos, podendo ser sólidos suspensos, leveduras e outras sujidades. A filtração tangencial difere da filtração convencional, sob o que diz respeito ao modo em que o líquido passa pela membrana filtrante. No caso da filtração tradicional, o fluxo do líquido passa diretamente pela superfície filtrante, dessa forma ocorre o acúmulo de partículas e posterior entupimento (TMCI PADOVAN, 2021).

Entretanto, na filtração tangencial o sistema envolve duas correntes. Assim sendo, o líquido flui paralelamente à membrana e devido à pressão aplicada dentro

da campana, uma parte do líquido (filtrado) passa por meio dos poros, enquanto a outra recircula pela superfície da membrana. Dessa forma, esse fluxo evita o acúmulo de sujidades na membrana, melhorando sua eficiência e aumentando o tempo de filtração antes que seja necessário realizar uma etapa de limpeza (TMCI PADOVAN, 2021).

A figura 1, compara os métodos de filtração apontados.

Figura 1: Comparação dos princípios de filtração convencional e filtração tangencial.



Fonte: SOU. Denizot, Instituto Francês da Vinha e do Vinho, 2018 (IFV).

Em síntese, a filtração tangencial é benéfica em vários aspectos. Pode-se destacar a diminuição de agentes clarificantes, redução de perdas de vinho, contenção da formação do bolo de filtração mantendo este a níveis baixos e menor necessidade de energia requerida no seu funcionamento. Além destes, vantagens relacionadas à mão-de-obra em relação a menores custos e processo autônomo, uma vez que se mantem em funcionamento por longos períodos sem a necessidade de supervisão integram este processo de filtração (EL RAYESS et al., 2011).

4.1. Fenômenos que Interferem na Eficiência da Filtração Tangencial

A microfiltração tangencial é uma técnica amplamente utilizada na enologia moderna, uma vez que permite a clarificação e estabilização microbiológica de vinhos de forma contínua e com menor consumo de insumos. Contudo, apesar de sua

eficiência, a técnica não é isenta de desafios operacionais. Assim sendo, um dos principais entraves ao desempenho da filtração tangencial é o entupimento progressivo das membranas, fenômeno este que reduz significativamente os fluxos de permeação e compromete a produtividade do sistema ao longo do tempo.

Conforme apontam estudos realizados pelo Instituto Francês da Vinha e do Vinho – IFV (2018), esse entupimento está associado a quatro mecanismos principais. Sendo eles a polarização de concentração, formação de camada de depósito, adsorção de compostos na membrana e bloqueio interno dos poros.

O primeiro fenômeno, denominado polarização de concentração, ocorre quando a diferença de pressão entre os lados da membrana promove o acúmulo de solutos e macromoléculas em sua superfície, criando uma camada superconcentrada que dificulta a passagem do permeado. Essa camada pode ser parcialmente revertida com a interrupção do processo ou aplicação de fluxos de retro filtração (MIETTON-PEUCHOT,2011).

Por conseguinte, destaca-se o acúmulo de partículas sobre a membrana, mesmo com fluxo tangencial. Como as velocidades do fluido diminuem até zero na interface com a parede da membrana, partículas em suspensão tendem a se depositar, formando uma segunda camada com resistência própria ao fluxo. Conhecida como *cake layer*, esta camada se comporta como uma nova membrana, com seletividade e permeabilidade próprias, sendo geralmente reversível com técnicas mecânicas como a retrolavagem (MIETTON-PEUCHOT, 2011).

O terceiro fator, de acordo com Mietton-Peuchot (2011) é a adsorção de compostos como proteínas, polissacarídeos e polifenóis no material da membrana. Esse fenômeno físico-químico diminui a seletividade da membrana e pode comprometer tanto a eficiência da filtração quanto a qualidade do vinho. O desenvolvimento de membranas específicas para uso enológico tem contribuído com a redução significativa desses efeitos, sobretudo por meio da modificação das propriedades superficiais das membranas.

Por último, o bloqueio interno dos poros ocorre quando partículas menores ou de tamanho equivalente a eles penetram na estrutura da membrana, obstruindo mecanicamente sua passagem. Esse tipo de entupimento é mais difícil de reverter e muitas vezes necessita de limpeza química intensiva para restaurar a permeabilidade da membrana. Curiosamente, o aumento do diâmetro dos orifícios nem sempre

melhora o fluxo de filtração, podendo até elevar ao risco de entupimento interno (VERNHET, 2004).

Faz-se necessário ressaltar que a eficiência da filtração tangencial depende, portanto, de uma gestão adequada das condições operacionais, do tipo de vinho a ser filtrado e da escolha correta das membranas. Produtos com alta turbidez, viscosidade elevada ou presença de colóides (como bentonite ou manoproteínas) exigem cuidados adicionais para evitar obstruções prematuras. Os avanços técnicos e os protocolos de limpeza e retrofiltração desenvolvidos pelo IFV (2018) têm sido essenciais para garantir maior durabilidade e eficácia dos sistemas de microfiltração tangencial.

4.2. Retrofiltração e Técnicas de Desobstrução

O entupimento das membranas é considerado o principal fator limitante da microfiltração tangencial, resultando em uma progressiva redução das taxas de fluxo de filtração. Embora o desempenho possa ser parcialmente recuperado ao final do ciclo por meio de enxágues com água e operações de limpeza química (regeneração), diversas técnicas operacionais vêm sendo desenvolvidas para prevenir ou retardar o entupimento durante o próprio processo de filtração (IFV, 2018).

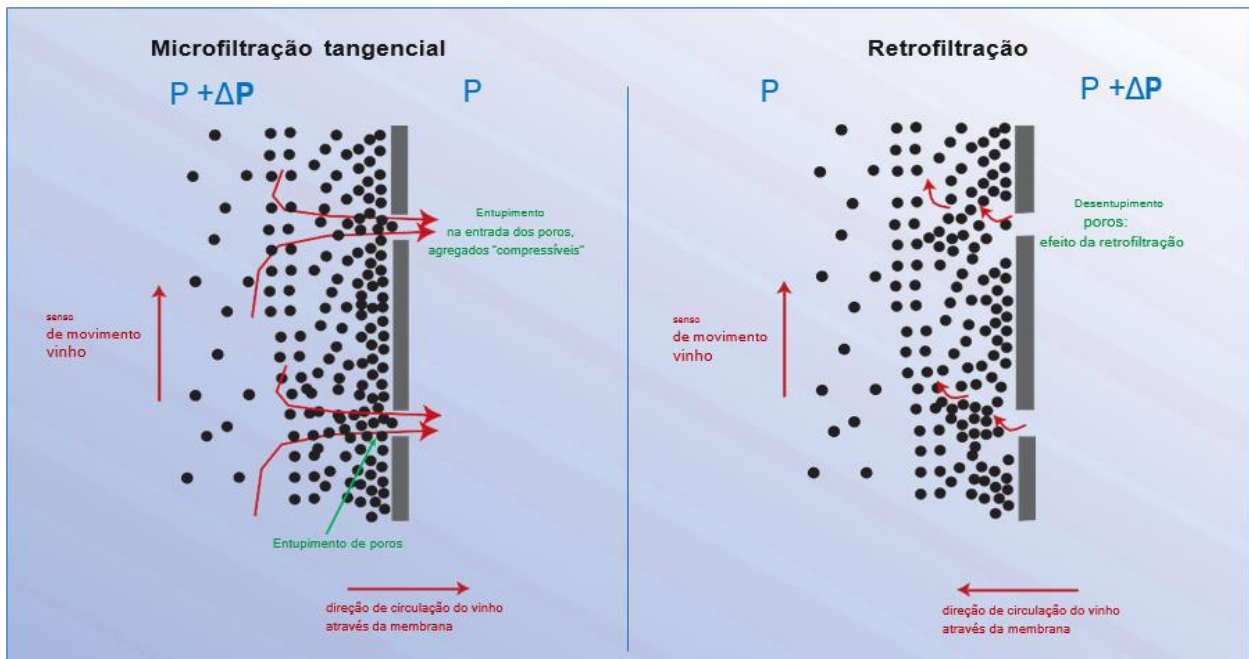
Entre essas técnicas, segundo o IFV (2018), destaca-se a retrofiltração, também conhecida como retrolavagem ou inversão periódica do fluxo. Este sistema de desobstrução é o mais avançado e amplamente aplicado na enologia. Baseia-se na inversão temporária do sentido do fluxo de permeação, fazendo com que parte do filtrado retorne em contracorrente por meio da membrana. Esse fluxo reverso promove a descompressão e a remoção mecânica dos depósitos acumulados sobre a superfície da membrana e na parte interna de seus poros.

A retrofiltração é realizada em intervalos regulares, geralmente, no intervalo de 2 a 10 minutos, com duração de 1 a 10 segundos. Essa técnica tem apresentado resultados satisfatórios. O Instituto Francês Da Vinha E Do Vinho (2018), por meio de suas pesquisas mostra que o uso da retrofiltração pode dobrar os fluxos de filtração, além de reduzir significativamente a retenção de colóides. Os vinhos brancos são exemplos disso, pois sua vazão média passou de 77 para 166 l/h·m². Em contrapartida, a taxa de retenção caiu de 22% para 17%. No que tange aos

vinhos tintos, o ganho de eficiência foi ainda mais expressivo.

A figura a seguir compara os mecanismos de filtração tangencial e retrofiltração, evidenciando o efeito de desobstrução promovido pela inversão do fluxo na retrofiltração.

Figura 2: Representação esquemática dos processos de retrofiltração.

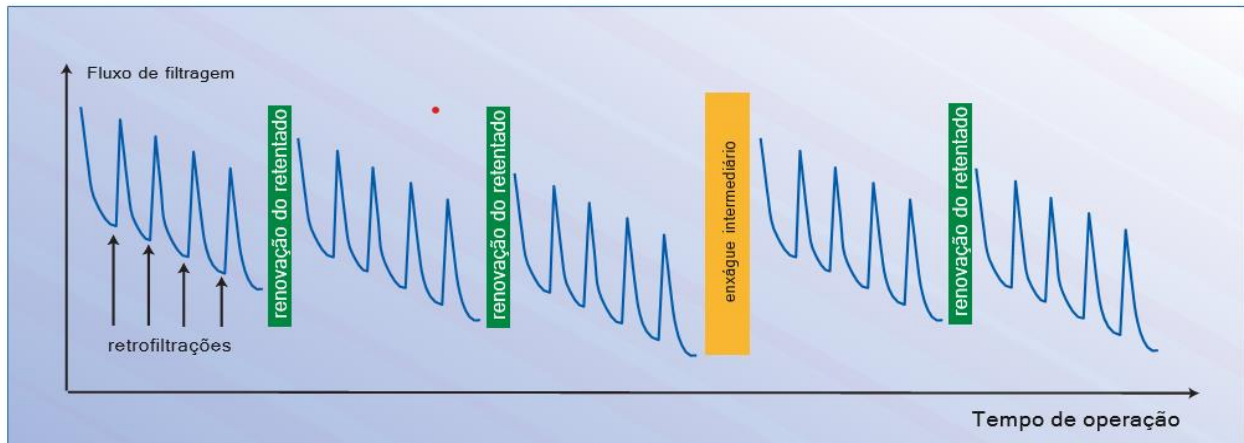


Fonte: A. Vernhet, SupAgro Montpellier (2004).

Além da retrofiltração, outro recurso complementar é o uso de enxágues intermediários, realizados ao longo do ciclo de filtração. Esse processo ocorre tipicamente após a concentração e evacuação do retentado e têm como finalidade evitar o entupimento profundo e restaurar os fluxos de permeação instantâneos. Não obstante, a frequência dessas lavagens deve ser criteriosamente avaliada, pois, se realizadas em excesso, poderão comprometer a produtividade global e elevar significativamente o consumo de água (IFV, 2018).

A figura 3 apresenta a variação do fluxo de filtração tangencial em função do tempo de operação, demonstrando os efeitos das etapas de retrofiltração, renovação do retentado e enxágue intermediário na recuperação parcial do desempenho do sistema, contribuindo para a manutenção da eficiência do processo de filtração ao longo do tempo.

Figura 3: Efeito na vazão de desobstrução por enxágue intermediário durante a filtração.



Fonte: Bucher-Vaslin (2018).

Neste contexto, a aplicação dessas técnicas de desobstrução sequencial é fundamental não apenas para manter o desempenho operacional, mas também para prolongar a vida útil das membranas e assegurar a qualidade do vinho filtrado. A utilização adequada representa um avanço significativo na modernização dos sistemas de filtração em enologia.

4.3. Tipos de Membranas Utilizadas na Filtração Tangencial de Vinhos

A escolha adequada das membranas é fundamental para o sucesso da filtração tangencial na indústria enológica. Elas são responsáveis pela separação seletiva dos componentes indesejáveis do vinho, como partículas em suspensão e microrganismos, sem comprometer suas características sensoriais e químicas. Além do mais, variam principalmente quanto ao material de fabricação, geometria e porosidade, e cada uma apresenta vantagens e limitações peculiares.

4.3.1. Materiais das Membranas

Conforme apresenta o IFV (2018), as membranas utilizadas na filtração tangencial podem ser classificadas de acordo com o seu material de base, em dois grandes grupos:

Membranas orgânicas (poliméricas): Fabricadas a partir de materiais como polietersulfona (PES), polissulfona (PS), fluoreto de polivinilideno (PVDF) e outros polímeros sintéticos. São amplamente utilizadas por seu baixo custo e boa flexibilidade operacional, embora sejam menos resistentes a limpezas agressivas e tenham vida útil menor.

A figura abaixo demonstra a disposição de capilares dentro de um módulo filtrante e capilares de diferentes diâmetros utilizados na filtração tangencial.

Figura 4: Módulo de Membranas Orgânicas (Capilares) e Capilares Orgânicos de Diferentes Diâmetros

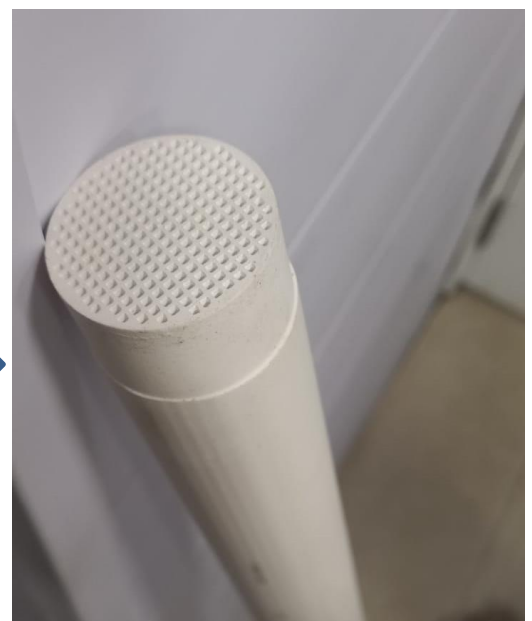
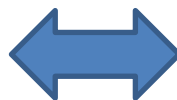


Fonte: Bucher-Vaslin (2018).

Membranas inorgânicas (cerâmicas): Produzidas a partir de óxidos metálicos como alumínio, zircônio ou titânio. Apresentam elevada resistência química, térmica e mecânica, permitindo ciclos de limpeza mais intensos e maior durabilidade (podendo ultrapassar 10 anos). São particularmente adequadas para produtos com elevada carga coloidal ou que exigem estabilidade microbiológica rigorosa. Na figura abaixo é possível visualizar tubos cerâmicos no interior da campana e individual.

Figura 5: Interior da campana onde ficam localizadas as membranas

Figura 6: Tubo cerâmico de Óxido de Alumínio



Fonte: Autor (2024)

Fonte: Autor (2024)

Desseigne et al. (2011), destaca que o uso de membranas cerâmicas tem se expandido, especialmente em vinícolas de médio e grande porte devido à sua eficiência e a redução de custos a longo prazo.

4.3.2. Geometria e Configurações das Membranas

As membranas são organizadas em módulos de diferentes formatos, que influenciam diretamente o desempenho hidráulico e a facilidade de limpeza. A tabela a seguir explana suas características, benefícios e vantagens.

Tabela 1: Configurações de membranas de microfiltração tangencial

Módulos	Características	Benefícios	Desvantagens
Plano	<ul style="list-style-type: none"> - Membranas orgânicas ou minerais. - Conjunto tipo filtro prensa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Volume reduzido. - Fácil desmontagem. - Possibilidade de isolar uma célula defeituosa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não adequado para produtos com alta carga de partículas. - Limpeza difícil.
Espiral	<ul style="list-style-type: none"> - Membranas orgânicas. - Enrolamento de uma membrana plana em torno de um eixo central. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muito compacto. - Investimento reduzido. - Facilidade de implementação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Intervenção difícil. - Sem retrolavagem.
Tubular	<ul style="list-style-type: none"> - Membranas minerais ou orgânicas. - Possibilidade de circulação do líquido em alta velocidade Tangencial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil desmontagem e limpeza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivo não muito compacto. - Alta energia de bombeamento.
Fibras ocas	<ul style="list-style-type: none"> - Membranas orgânicas ou minerais. - Diâmetro na ordem de um milímetro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Energia de bombeamento reduzida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de pontos fracos.

Fonte: A. Vernhet, SupAgro Montpellier (2004)

4.4. Funcionamento da Filtração Tangencial

A filtração tangencial é um processo de separação física muito utilizada na enologia contemporânea, caracterizado pela passagem do vinho ao longo de uma membrana porosa sob fluxo paralelo à superfície filtrante. Diferentemente da filtração frontal, em que o líquido é forçado diretamente por meio da membrana, a filtração tangencial diminui o acúmulo de sólidos na superfície, minimizando o entupimento e

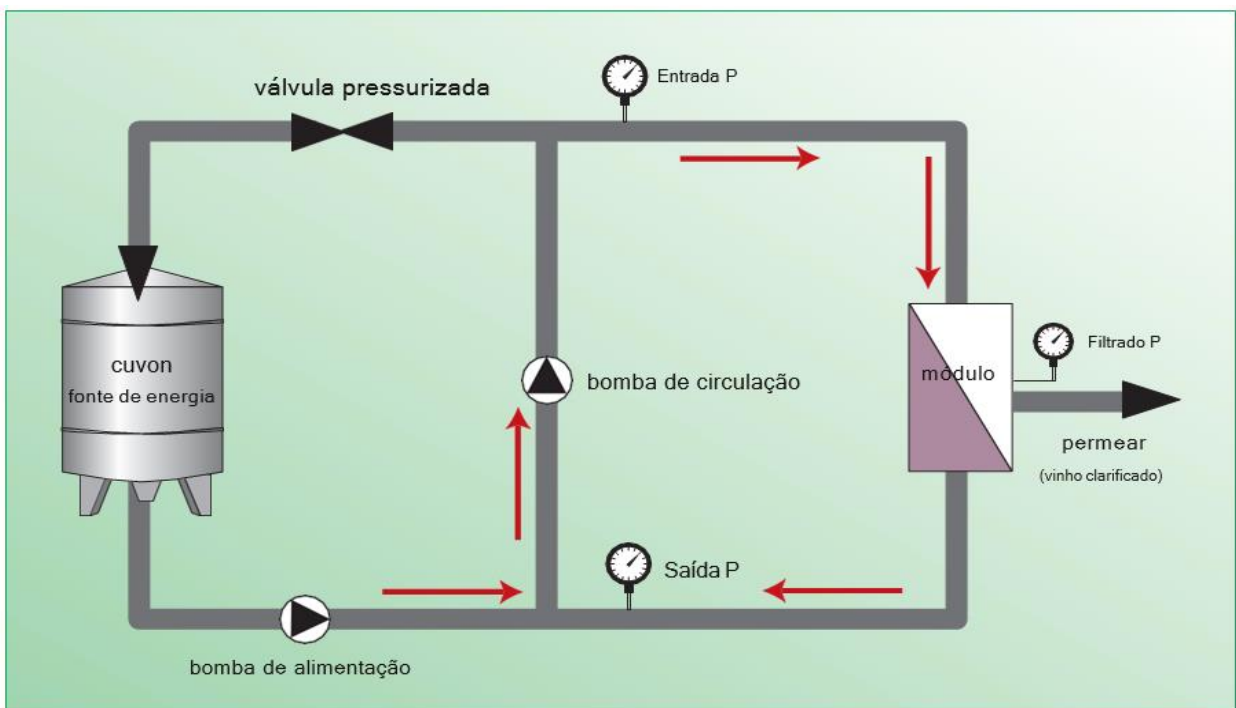
aumentando a eficiência do processo (INSTITUTO FRANCÊS DA VINHA E DO VINHO, 2018).

O processo de funcionamento contempla a aplicação de uma pressão transmembranar (PTM) que força parte do líquido, denominado permeado, a atravessar a membrana. Em contrapartida, o restante, conceituado como retentado, segue seu percurso ao longo da superfície, transportando as partículas rejeitadas. Essa configuração, contribui para uma operação contínua, caracterizada pelo controle maior do processo. (MIETTON-PEUCHOT, 2011).

As instalações de filtração tangencial, costumeiramente são compostas por: um tanque de alimentação contendo o vinho a ser filtrado; uma bomba de circulação que impulsiona o vinho através das membranas; módulos de membranas; sensores de controle de pressão, temperatura e vazão e circuitos de coleta do permeado e retorno do retentado. Sistemas automatizados modernos incluem válvulas programáveis e mecanismos de limpeza integrados (INSTITUTO FRANCÊS DA VINHA E VINHO, 2018).

A figura a seguir ilustra um sistema de filtração tangencial, demonstrando o fluxo contínuo do produto e a separação entre o permeado (vinho filtrado) e o retentado.

Figura 7: Diagrama de uma instalação de filtração tangencial



Fonte: SOU. Denizot, IFV (2018).

Com a evolução tecnológica, os equipamentos de filtração tangencial passaram a oferecer diversidade de equipamentos e capacidade de processamento. Esse método adapta-se, não só a pequenas produções artesanais, mas também a operações industriais de grande escala. O Instituto Francês Da Vinha E Do Vinho (2018), destaca que a tecnologia se tornou um elemento central nas vinícolas que objetivam eficiência, sustentabilidade e qualidade do produto.

Assim sendo, o funcionamento da filtração tangencial fundamenta-se em princípios físicos bem definidos e em um design de instalação que permite flexibilidade operacional, economia de insumos e alta precisão na clarificação e estabilização dos vinhos.

4.5. Controles na Filtração Tangencial: Turbidez, Controle Microbiológico

A filtração tangencial é uma das etapas críticas no processo de estabilização e acabamento de vinhos. Sua eficácia e segurança microbiológica são asseguradas mediante acompanhamento de diversos parâmetros de controle durante a operação, os quais destaca-se a turbidez, controle microbiológico e testes de integridade das membranas.

Abordando, especificamente a turbidez, essa é definida como um indicador direto da eficiência da filtração, representando a quantidade de partículas em suspensão no vinho. Ela é expressa em unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Conforme o Instituto Frances da Vinha e do Vinho (2018), a filtração tangencial, quando bem conduzida, reduz a turbidez a níveis inferiores a 1,0 NTU, sendo este o valor considerado ideal antes do engarrafamento. A persistência de turbidez em níveis elevados pode indicar falhas no processo, como entupimento parcial das membranas ou a presença de colóides. O seu controle é realizado com turbidímetros em linha ou por coleta de amostras para análise laboratorial.

Outro parâmetro é o controle microbiológico, que se caracteriza pela remoção de microrganismos indesejáveis, tais como, leveduras e bactérias que podem comprometer a qualidade e a estabilidade dos vinhos. A eficiência microbiológica da filtração está diretamente relacionada ao tamanho dos poros da membrana, seu estado e tipo de vinho tratado. (INSTITUTO FRANCÊS DA VINHA E DO VINHO, 2018). Na tabela abaixo é possível ver a eficiência da filtração tangencial na

eliminação de bactérias do gênero *Brettanomyces*.

Tabela 2: Desempenho da microfiltração tangencial no tratamento curativo após contaminação por *Brettanomyces*

Microrganismos (UFC/ml)	Vinho cru	Filtro tangencial	Filtro de bandeja
<i>Brettanomyces</i>	1.1 10 ³	<1	10 ³

Fonte: IFV (2003-2005)

Vernhet et al. (2004), explica que membranas corretamente selecionadas e mantidas conseguem reter microrganismos como *Brettanomyces*, *Lactobacillus* e *Oenococcus oeni*, garantindo a estabilidade do produto, especialmente antes do envase. Contudo, a eficiência microbiológica depende da barreira física, da sanitização periódica do sistema e do controle da pressão transmembranar (PTM). O IFV (2018) recomenda a realização de controles microbiológicos regulares por meio de análises laboratoriais, como cultivo em meio específico, com o objetivo de verificar a ausência de contaminação. Os dados na tabela 3 revelam o impacto do tamanho dos poros na remoção de bactérias e leveduras.

Tabela 3: Impacto do tamanho dos poros das membranas na estabilização microbiológica dos vinhos

Microrganismos (UFC)	Vinho cru	Diâmetro médio dos poros		
		0,2 µm	0,3 µm	0,45 µm
Leveduras	190/ml	<1/100 ml	<1/100ml	<1/100 ml
Bactérias	3.700/ml	<1/100ml	13/100ml	170/100ml

Fonte: M. Mietton-Peuchot, enologia ISVV UMR, Universidade Bordeaux (2007).

4.6. Testes de Integridade

O teste de integridade das membranas, realizado antes da filtração verifica se não há falhas estruturais, microfissuras ou poros abertos, além do especificado. Segundo Desseigne et al. (2011), os testes mais utilizados na enologia são o bubble point que avalia a pressão necessária para expelir ar pela membrana saturada de líquido. Além disso, aplica-se o teste de difusão de gás, responsável pela medição do fluxo de gás através da membrana sob pressão. Outro muito utilizado é o water intrusion test que consiste na avaliação da quantidade de água que penetra na membrana seca sob pressão constante.

Esses testes devem ser realizados anteriormente e posteriormente a filtração. Além do mais são geralmente automatizados em sistemas modernos. Aplicá-los garante a rastreabilidade e validação do processo, atendendo às exigências de qualidade e segurança alimentar.

4.7. Operações de Enxágue e Limpeza no Processo de Filtração

A manutenção da eficiência operacional dos sistemas de filtração tangencial depende diretamente da correta execução dos procedimentos de enxágue e limpeza (CIP – *Cleaning in Place*). Esses processos visam remover depósitos acumulados nas membranas, garantindo a recuperação do fluxo de permeado, prolongando a vida útil dos módulos filtrantes e a preservação da qualidade microbiológica dos vinhos processados (IFV, 2018).

4.7.1. Enxágue Durante Ciclos de Filtração

Durante o ciclo normal de filtração, partículas coloidais, leveduras e resíduos de clarificantes tendem a se acumular na superfície das membranas, mesmo em fluxo tangencial. A fim de limitar o entupimento progressivo, realiza-se enxágues intermediários com água quente ou fria (IFV, 2018).

O IFV (2018), enfatiza que os enxágues são essenciais para restaurar parcialmente a permeabilidade da membrana, removendo depósitos superficiais e estabilizando os fluxos de filtração instantâneos. Contudo, sua frequência deve ser criteriosamente avaliada com o objetivo de evitar desperdício de água e perda de produtividade. A água utilizada no enxágue deve ser potável, isenta de cloro livre para evitar danos às membranas e idealmente aquecida a temperaturas entre 30 °C e 50 °C para aumentar sua eficácia.

4.7.2. Limpeza Química (CIP – *Cleaning in Place*)

Em muitas situações o enxágue por si só não restaura o desempenho das membranas, torna-se imprescindível a aplicação de uma limpeza química completa. Esse procedimento visa remover entupimentos persistentes e depósitos de proteínas.

De acordo com Vernhet et al. (2004), o protocolo de limpeza deve ser

adaptado ao tipo de membrana, seja ela orgânica ou cerâmica e à natureza dos compostos acumulados. Dentre os principais produtos utilizados incluem-se:

- Alcalinos (soda cáustica 0,5–2%): eficazes contra compostos orgânicos, polissacarídeos e proteínas.
- Ácidos (nítrico ou cítrico 0,5–1%): usados para remover precipitados minerais e resíduos inorgânicos.
- Detergentes neutros e enzimáticos: aplicados em casos específicos, especialmente em vinhos ricos em mucilagens.

Faz-se necessário frisar que membranas cerâmicas, por sua resistência térmica e química, permitem limpezas mais intensas e possuem vida útil superior. Isso se torna economicamente viável para as vinícolas de médio e grande porte (IFV, 2018).

O ciclo de CIP é caracterizado por uma sequência padrão que contempla enxágue com água, alcalinização, enxágue, acidificação e enxágue final. As soluções devem ser preparadas com controle de temperatura que variam entre 40 °C e 60 °C e recirculadas durante um intervalo de tempo de 30 a 60 minutos (IFV, 2018).

A limpeza adequada dos filtros tangenciais é essencial para manter o desempenho técnico e para garantir a segurança microbiológica dos vinhos. Em síntese, a padronização dos procedimentos de limpeza e o registro dos ciclos executados são requisitos de grande valia para rastreabilidade, auditorias de qualidade e conformidade com normas internacionais de segurança alimentar (ESCUDIER et al., 2005).

4.8. Filtrabilidade de Mostos e Vinhos

A filtrabilidade de mostos e vinhos é um parâmetro técnico de grande valia para a eficiência dos processos de clarificação e estabilização por filtração, especialmente em sistemas tangenciais. Esse conceito diz respeito à facilidade com que um determinado líquido pode atravessar uma membrana filtrante, sendo influenciado por diversos fatores físicos, químicos e microbiológicos presentes na matriz enológica.

Segundo o Instituto Francês da Vinha e do Vinho (2018), a filtrabilidade está diretamente relacionada à composição do mosto ou vinho, em especial à presença de partículas coloidais, como polissacarídeos (glucanos, arabinogalactanas),

proteínas instáveis, leveduras e resíduos celulares oriundos da fermentação. Essas substâncias formam estruturas viscosas e aderentes que obstruem rapidamente a superfície e os poros das membranas, reduzindo o fluxo de permeação.

Nos mostos, a presença de pectinas e mucilagens naturais da uva representa um desafio à filtrabilidade. O IFV (2018), frisa que a aplicação de enzimas pectolíticas na etapa de pré-clarificação melhora significativamente a eficiência dos processos posteriores de filtração, diminuindo o risco de entupimento precoce das membranas. Em vinhos fermentados, a liberação de manoproteínas pelas leveduras, sobretudo em fermentações prolongadas, também impacta de modo negativo a filtrabilidade (MIETTON-PEUCHOT, 2011).

A filtrabilidade pode ser quantificada por meio de testes-padrão, como o Índice de Filtrabilidade (IF), que mede o tempo necessário para filtrar um volume definido de vinho sob pressão constante. Valores baixos de IF sinalizam boa filtrabilidade, enquanto valores elevados refletem tendência à obstrução. De acordo com Vernhet et al. (2004), vinhos tintos apresentam geralmente menor filtrabilidade que os brancos, isso ocorre devido ao maior teor de compostos fenólicos e partículas coloidais complexas.

Além disso, práticas enológicas como a adição de bentonite, carvão ativado e outros clarificantes devem ser avaliadas com cautela, pois podem afetar negativamente a filtrabilidade se não forem seguidas de decantação adequada (IFV, 2018). A utilização de agentes clarificantes deve ser balanceada entre sua eficácia na estabilização e os impactos operacionais que geram no sistema de filtração.

Conclusivamente, soluções modernas para melhorar a filtrabilidade incluem o uso de módulos filtrantes de pré-tratamento, decantação estática prolongada e centrifugação antes da microfiltração tangencial. A correta preparação do vinho antes da filtração otimiza o rendimento do processo, em como prolonga a vida útil das membranas, reduzindo os custos operacionais.

4.9. Influência Organoléptica da Filtração Tangencial em Vinhos

A filtração tangencial tem se consolidado como uma tecnologia de alto desempenho na clarificação e estabilização microbiológica de vinhos, oferecendo vantagens operacionais e ambientais em comparação à filtração tradicional. Todavia, enólogos e pesquisadores questionam o possível impacto sensorial que essa técnica

pode causar sobre os vinhos tratados.

Recentemente, estudos realizados demonstram que, quando corretamente dimensionada e conduzida, a filtração tangencial não altera significativamente os parâmetros organolépticos do vinho. Isso contribui na preservação das características visuais, olfativas e gustativas (DESSEIGNE et al., 2011).

O IFV (2018), conduziu diversas análises comparativas entre vinhos filtrados e não filtrados. Os resultados demonstraram que não há perdas perceptíveis nos compostos voláteis responsáveis pelos aromas varietais ou fermentativos.

No que tange a filtração tangencial moderna, esta opera com controle térmico eficiente, evitando elevações significativas de temperatura que poderiam volatilizar componentes aromáticos. Os aumentos de temperatura observados durante a operação são mínimos, variando de 1,5 °C a 2,5 °C, insuficientes para provocar modificações relevantes na expressão sensorial dos vinhos (IFV, 2018).

Neste contexto, outro fator de grande prestígio é a avaliação sensorial que está relacionada à textura e estrutura de boca, especialmente em vinhos brancos e espumantes. Mietton-Peuchot (2011) observa que a remoção de colóides protetores, como manoproteínas e polissacarídeos, pode resultar em leve diminuição da sensação de volume e untuosidade, particularmente quando a filtração é aplicada com porosidade inferior a 0,2 micrômetros (μm).

Vernhet et al. (2004), contrariando, destacam que os equipamentos mais modernos, aliados ao correto preparo do vinho antes da filtração, minimizam esse efeito. Além do mais, explicam que a maior parte das substâncias sensoriais positivas são de tamanho molecular inferior ao limite de retenção da microfiltração tangencial, passando integralmente para o permeado.

Em consequência, a filtração tangencial contribui para uma clarificação eficaz e homogênea, conferindo aos vinhos um aspecto brilhante e límpido. Tais atributos são especialmente valorizados em vinhos brancos e rosés. (IFV, 2018).

Logo, a filtração tangencial, quando corretamente aplicada, não compromete as qualidades organolépticas dos vinhos e pode, inclusive, contribuir para sua valorização sensorial, garantindo a bebida maior limpidez, brilho e estabilidade. Vale destacar, portanto, que os impactos perceptíveis são mínimos e controláveis previamente com o preparo adequado do vinho, escolha da membrana e monitoramento dos parâmetros operacionais.

4.10. Desenvolvimento e Perspectivas da Filtração Tangencial

O desenvolvimento da filtração tangencial na enologia representa uma das principais inovações tecnológicas nas últimas décadas no setor vitivinícola. Sua introdução gradual a partir da década de 1980, inicialmente como uma solução de clarificação para vinhos difíceis, evoluiu para uma tecnologia amplamente aplicada, substituindo sistemas tradicionais como os filtros de placas e de terra diatomácea.

De acordo com o Instituto Francês da Vinha e do Vinho (2018), a filtração tangencial passou a ser vista não apenas como uma alternativa tecnológica, mas como uma ferramenta estratégica para melhorar a eficiência operacional das adegas, reduzir o impacto ambiental dos processos de filtração e garantir a estabilidade microbiológica dos vinhos de forma contínua.

O avanço dos filtros tangenciais esteve diretamente relacionado ao desenvolvimento de novos materiais de membrana, à automação dos sistemas e à integração com outras etapas da vinificação. O IFV (2018) destaca que os novos equipamentos oferecem operação contínua, rastreabilidade, controle preciso dos parâmetros operacionais (como pressão transmembranar, vazão de permeado e velocidade tangencial), e uma redução significativa da intervenção manual.

Além disso, a crescente adoção de membranas cerâmicas ampliou a vida útil dos sistemas, permitindo múltiplos ciclos de filtração e limpeza com menor degradação da performance, tornando o investimento mais atrativo em longo prazo. Isso também contribuiu para a diminuição dos resíduos sólidos (ausência de terra de filtração) e da pegada hídrica do processo (IFV, 2018).

Do ponto de vista qualitativo, estudos conduzidos pelo IFV (2018) demonstraram que a filtração tangencial moderna preserva as características sensoriais dos vinhos, com impacto térmico mínimo e alta capacidade de clarificação, atingindo níveis de turbidez inferiores a 1 NTU. Essa verificação favoreceu a expansão da técnica para a filtração de vinhos finos e espumantes, inclusive como etapa final antes do engarrafamento.

Logo, a filtração tangencial deixou de ser apenas uma solução de problemas técnicos para se consolidar como uma tecnologia de base na enologia contemporânea. Seu contínuo desenvolvimento, impulsionado por centros de pesquisa como o IFV (2018), garante novas oportunidades de melhoria em termos

de qualidade, sustentabilidade e rentabilidade para o setor vitivinícola.

5. Etapas da Elaboração do Espumante Método Charmat

Após a elaboração dos vinhos base, inicia-se uma nova etapa fundamental na produção de espumantes pelo método *Charmat*, que é a preparação para a segunda fermentação alcoólica, que contempla as etapas descritas na sequência.

5.1. Assemblage

Assemblage é o processo de mistura de diferentes vinhos-base que precede a segunda fermentação, na produção de espumantes. É uma essencial para conferir estilo, consistência e a qualidade do produto final. Esta etapa, de acordo com Jackson (2014), permite que os enólogos encontrem o equilíbrio das características de vinhos distintos, tais como, acidez, corpo e aromas. O objetivo é a busca da harmonia no espumante.

Corroborando com isso, Peter Liem (2017), enfatiza que a habilidade de realizar combinações de vinhos de safras distintas é de grande valia. Isso porque garante a padronização no que se refere as características do espumante, mesmo diante de safras climáticas desafiadoras.

Nesse sentido, o assemblage não é definido apenas como um método de ajuste, mas sim um processo que relaciona ciência, sensibilidade e criatividade na produção de espumantes de alta qualidade.

5.2. Correção do Teor de Açúcar

A correção do açúcar no vinho base, realizado antes da segunda fermentação, é uma etapa fundamental na elaboração de espumantes pelo método Charmat. Para garantir a pressão desejada na bebida, entre 5 e 6 atmosferas, adiciona-se geralmente entre 20 e 26 g/L de sacarose fermentescível, que serve como substrato para as leveduras transformarem o açúcar em álcool e dióxido de carbono (GUERRA et al., 2015).

Essa fermentação secundária não apenas promove a formação da efervescência característica, mas também aumenta o teor alcoólico da bebida em cerca de 1 a 1,4% v (JACKSON, 2014).

5.3. Filtração Antes da Segunda Fermentação

Após a adição do licor de tiragem, realiza-se a filtração, de forma criteriosa, com o objetivo de assegurar a qualidade microbiológica e físico química do espumante. Esse processo prepara o vinho base para a fase de fermentação na autoclave.

Sendo assim, nessa etapa, a filtração visa eliminar partículas sólidas indesejáveis ou eventuais contaminantes que possam comprometer a fermentação e a qualidade do produto final. Nesse sentido, a filtração antes contribui para um ambiente mais limpo, aumentando a eficiência da segunda fermentação (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

Além do mais, com um vinho base estável microbiológica e quimicamente, a tendência é que o espumante apresente uma boa qualidade sensorial, juntamente com menos risco de contaminação ou defeitos. Em síntese, a filtração antes da segunda fermentação é uma etapa de suma importância, que confere qualidade produto final.

5.4. Segunda fermentação

A segunda fermentação dos vinhos espumantes no método Charmat realiza-se em tanques herméticos e pressurizados, na grande maioria das vezes de aço inoxidável. O êxito desta etapa decorre das características do vinho base, sendo de fundamental importância que esteja limpo, microbiologicamente estável e com propriedades sensoriais adequadas, a fim de evitar alterações indesejáveis ao longo do processo fermentativo (RIZZON; MENEGUZZO, 2007).

Na sequência, posteriormente ao preparo do vinho base, inicia-se a elaboração do pé-de-cuba, uma cultura ativa obtida por meio da reidratação e aclimatação de leveduras selecionadas, normalmente da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Esse manejo garante que as leveduras estejam em adequadas condições fisiológicas para realizar a fermentação alcoólica em ambiente pressurizado (JACKSON, 2014).

No que tange a fermentação, esta ocorre em baixas temperaturas, normalmente variando entre 14 e 16 °C. Tal aspecto é primordial para preservar os aromas primários da uva e favorecer a formação de bolhas finas e persistentes. Recentes estudos demonstram que o controle térmico rigoroso nessa faixa diminui a

produção de compostos voláteis indesejáveis, como álcoois superiores em excesso e, conseqüentemente valoriza ésteres frutados que conferem frescor e delicadeza ao espumante. Além disso, a temperatura mais amena favorece a atividade enzimática das leveduras, resultando em maior diversidade e complexidade aromática, sem comprometer sua eficiência metabólica (MENGESHA et al., 2022).

Ao concluir a etapa de fermentação, comumente no período de 10 a 30 dias, o espumante permanece em contato com as borras temporariamente contribuindo com leve complexidade sensorial. Esse contato limitado evita excessiva autólise das leveduras, resultando em espumantes mais frescos e frutados (SAWYER et al., 2022).

5.5. Estabilização tartárica

A estabilização tartárica é um processo aplicado na vinificação com o objetivo de evitar a formação de cristais de bitartarato de potássio após o engarrafamento, realizada tanto em vinhos tintos e rosés, como também em vinhos brancos e espumantes. Esses cristais podem surgir na garrafa quando o vinho é exposto a baixas temperaturas, comprometendo seu visual, embora não afetem o sabor (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

O método da estabilização tartárica, é conhecido como estabilização a frio, no qual o vinho é resfriado a temperaturas próximas, ou normalmente abaixo a 0°C por um período de dias ou semanas. Dessa forma, a baixa temperatura provoca a cristalização dos sais de tartarato, que acabam se grudando nas paredes ou se depositando ao fundo do tanque. Esses cristais são posteriormente separados através de trasfega ou filtração (RIBÉREAU-GAYON et al., 2021).

Segundo a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2021), as alternativas modernas incluem o uso de aditivos como ácido metatartárico e Carboximetilcelulose (CMC), além de goma arábica e resinas de troca iônica que atuam como inibidores da cristalização. Esse processo é eficaz e amplamente adotado na indústria vinícola, pois minimiza a probabilidade de formação de cristais após o engarrafamento.

5.6. Centrifugação

Após a etapa de estabilização tartárica, ocorre uma nova centrifugação, processo explicado anteriormente no item 3.1.6. É comum o vinho espumante apresentar um acúmulo significativo de leveduras mortas e partículas em suspensão, conhecidas como borras finas. Para assegurar a limpidez do produto e facilitar a filtração final sob pressão, utiliza-se novamente a centrifugação como etapa de clarificação, que permite a separação eficiente das borras sem comprometer os compostos voláteis e aromáticos do espumante (JACKSON, 2014).

Conforme explica Ribéreau-Gayon et al. (2021), após a fermentação em tanque pressurizado, o vinho deve ser clarificado antes do engarrafamento, podendo-se empregar filtração isobárica ou centrifugação para a remoção das leveduras residuais. Esta etapa contribui para a estabilidade físico-química do produto, melhora a eficiência do envase e previne entupimentos nos sistemas de filtração, sendo particularmente indicada para espumantes jovens que não passam por longos períodos de autólise.

5.7. Licor de expedição

O licor de expedição determina as diferentes categorias de espumante em relação ao teor de açúcar (brut, demi-sec etc.). Sua composição é basicamente formada por sacarose e vinho base ao qual se pode adicionar ácidos orgânicos ou mesmo algum outro tipo de produto vínico, como destilado de vinho ou brandy (GIOVANINNI; MANFROI, 2009).

No licor de expedição, considerando o método Charmat, a quantidade de açúcar adicionado varia de acordo com o estilo final do espumante desejado. Assim sendo, a dosagem de açúcar é fundamental na determinação do nível de doçura da bebida. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é o órgão responsável que regulamenta e classifica os espumantes de acordo com o teor de açúcar. A tabela a seguir expõe essa classificação.

Tabela 4: Classificação dos espumantes quanto ao teor de açúcar.

Classificação dos espumantes quanto ao teor de açúcar

Classificação	Teor de açúcar (g/L)
Nature	0 – 3
Extra-brut	3,1 – 8
Brut	8,1 – 15
Sec ou Dry	15,1 – 20
Demi-sec ou Meio-doce	20,1 – 60
Doce	Superior a 60

Fonte: MAPA. (2014)

A adição do licor de expedição influencia a experiência sensorial do consumidor. Contribui fortemente com as características específicas, tornando cada espumante único e adequado às distintas preferências.

5.8. Filtração Pré-envase

Devido a particularidade sensorial dos espumantes, especialmente a preservação da efervescência e frescor, a filtração deve ser realizada com métodos que minimizem a alteração do perfil organoléptico da bebida. Logo, a filtração tangencial pré-envase representa uma etapa decisiva para assegurar que o espumante alcance o consumidor final com suas propriedades sensoriais intactas e livre de contaminantes microbiológicos (MIETTON-PEUCHOT, 2011).

Conforme explica Mietton-Peuchot (2011), na etapa pré-envase, a filtração tangencial destaca-se por sua capacidade de remover microrganismos como leveduras e bactérias que podem causar refermentação indesejada dentro da garrafa. Adicionalmente, partículas em suspensão que comprometem a clareza e a estabilidade do espumante também são eliminadas.

Sintetizando o que já foi mencionado anteriormente, conforme Desseigne et al. (2011) e Mietton-Peuchot (2011), a filtração tangencial possibilita um funcionamento contínuo e apresenta menor consumo energético, fatores que otimizam os processos produtivos e garantem a preservação das características sensoriais do produto final. Essa combinação de eficiência e qualidade torna a filtração tangencial um método vantajoso e amplamente adotado na enologia moderna.

6. CONCLUSÃO

A realização deste relatório contribuiu para a consolidação de conhecimentos significativos que articularam teoria e prática na formação do curso de Viticultura e Enologia. A participação nas atividades da vinícola, especialmente nas etapas relacionadas à filtração tangencial, juntamente com estudos feitos, por meio de referenciais teóricos possibilitou, com propriedade, a compreensão das características, princípios e relevância dessa tecnologia no processo de produção de espumantes.

Com base nos saberes construídos no decorrer da realização deste trabalho é de grande valia enfatizar que a filtração tangencial é considerada um método inovador no contexto da enologia contemporânea. Como consequência da sua implementação, um cenário configurado pela eficiência operacional, sustentabilidade, segurança microbiológica e preservação das características sensoriais do espumante torna-se visível.

Corroborando, a convivência no ambiente produtivo permitiu observar diretamente os benefícios e desafios operacionais dessa técnica, além de entender como a seleção adequada de membranas, o controle de parâmetros e as técnicas de limpeza refletem nos resultados.

É de grande valia frisar que a realização do presente relatório se destaca como um período preponderante para o desenvolvimento técnico e profissional, endossando a relevância da formação, aperfeiçoamento e posteriormente aplicação das aprendizagens na atuação profissional. A apropriação do embasamento teórico foi enriquecedora para a execução dos saberes no âmbito da viticultura e enologia. De igual modo, reverbera-se a magnitude de um enólogo e viticultor na busca constante de aprimoramento, bem como de ser um conhecedor dos avanços tecnológicos e das boas práticas exigidas pelo setor na contemporaneidade.

7. REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Regulamenta a Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 fev. 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8198.htm. Acesso em: 29 maio. 2025.

DESSEIGNE, Jean-Michel. Microfiltration tangentielle : mises en œuvre en œnologie. Itinéraire n.º 19. Montpellier: IFV – Institut Français de la Vigne et du Vin, 2011.

EL RAYESS, Youssef; ALBASI, Claire; BACCHIN, Patrice; RAYNAL, J.; TAILLANDIER, Patricia; MIETTON-PEUCHOT, Mme; DEVATINE, Audrey. Cross-flow microfiltration applied to oenology: A review. *Journal of Membrane Science*, v. 382, p. 1–19, out. 2011.

EMBRAPA UVA E VINHO. Condições meteorológicas e sua influência na safra vitícola de 2019. Bento Gonçalves: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1112202/1/Doc111.pdf>. Acesso em: 16 maio. 2025.

FLOTTWEG. Fabricação de vinho eficiente com centrífugas industriais da Flottweg. Disponível em: <https://www.flottweg.com/pt/aplicacoes/bebidas/vinho/>. Acesso em: 20 maio. 2025.

GIOVANINNI, Eduardo; MANFROI, Vitor. Viticultura e Enologia: Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros. 1ª Edição. Bento Gonçalves, RS: IFRS, 2009.

INSTITUT FRANÇAIS DE LA VIGNE ET DU VIN (IFV). *La filtration ou microfiltration tangentielle*. Itinéraire n.º19. Paris: IFV, 2018. Disponível em: <https://www.vignevin-occitanie.com/wp-content/uploads/2018/08/itineraire-filtration-tangentielle.pdf>. Acesso em: 15 abril. 2025

JACKSON, R. S. Wine science: principles and applications. 4. ed. San Diego: Academic Press, 2014.

LIEM, P. Champagne: the essential guide to the wines, producers, and terroirs. New York: Ten Speed Press, 2017.

MENGESHA, A. et al. Secondary fermentation and aroma formation in sparkling wines. *Food Chemistry*, v. 373, p. 131392, 2022.

OIV – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA VINHA E DO VINHO. Código internacional de práticas enológicas. Paris: OIV, 2021.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. Handbook of Enology. Volume 1: The Microbiology of Wine and Vinifications. [S.l.]: Wiley, 2021. PDF.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. Handbook of Enology. Volume 2: The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments. [S.l.]: Wiley, 2021. PDF.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Espumantes: elaboração, composição e qualidade. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. PDF

SALTON. A nossa história. Disponível em: <https://www.salton.com.br/a-salton/a-nossa-historia>. Acesso em: 16 maio. 2025.

SAWYER, Brandon D. et al. Autolysis and the duration of ageing on lees independently influence traditional method sparkling wine aroma composition. Australian Journal of Grape and Wine Research, [s.l.], v. 28, n. 1, p. 60–74, 2022

TMCI PADOVAN. Filtração tangencial e microfiltração: guia técnico. Itália: Padovan Division, 2021.

TOGORES, José Hidalgo. Tratado de enología Tomo I e II. 1ª ed. Espanha (Madrid): Mundi Prensa, 2003.

UBEDA, R. Molina. Teorías de La Clarificación de mostos y vinos y sus aplicaciones prácticas. A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid – Espanha, 2000.

VERNHET, A.; GRANGEON, A. Innovations dans la microfiltration des vins: membranes et procédés. Revue des Œnologues, n. 113, p. 37–40, 2004