

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL – IFRS

Programa de Pós Graduação em Viticultura e Enologia – PPGVE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**RESINA DE TROCA IÔNICA EM VINHOS TINTOS PARA REDUÇÃO DE PH E  
MELHORIA DE PROCESSOS**

Elisandra Nunes da Silva

Orientador: Prof. Dr. Vitor Manfroi

Co-orientador: Prof. Dr. Evandro Ficagna

**BENTO GONÇALVES - RS**

**2024**

**ELISANDRA NUNES DA SILVA**

**RESINA DE TROCA IÔNICA EM VINHOS TINTOS PARA REDUÇÃO DE PH E  
MELHORIA DE PROCESSOS**

Relatório Técnico Conclusivo

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Programa de Pós  
Graduação em Viticultura e Enologia do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul, como  
requisito parcial para obtenção de Grau de  
Mestre em Viticultura e Enologia.

Dr. Vitor Manfroí (Orientador)

Dr. Evandro Ficagna (Co-orientador)

**BENTO GONÇALVES - RS**

**2024**

Dados Internacionais de Catalogação

Silva, Elisandra Nunes da.

Resina de troca iônica em vinhos tintos para  
redução de pH e melhoria de processos. / Elisandra Nunes  
da Silva. -- 2024.

143 f.

Orientador: Vitor Manfroí.  
Coorientador: Evandro Ficagna.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Instituto  
Federal do Rio Grande do Sul, Campus Bento  
Gonçalves, Programa de Pós-Graduação em Viticultura  
e Enologia, Bento Gonçalves, BR-RS, 2024.

1. Enologia. 2. Vinho tinto. 3. Propriedade  
Físico-Química. 4. Ph. I. Manfroí, Vitor, orient. II. Ficagna,  
Evandro, coorient. III. Título.

Catalogação na publicação: Bárbara Pilatti Piffer CRB10/2020

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Estatística das análises físico-químicas do vinho da safra 2022..... 47

Tabela 2 - Estatística das análises físico-químicas do vinho da safra 2023..... 52

Tabela 3 - Estatística das análises de minerais do vinho da safra 2022. .... 56

Tabela 4 - Estatística das análises de minerais do vinho da safra 2023. .... 57

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Distribuição de açúcares, potássio, acidez e pH nos cachos de uva.<br>.....                                                                          | 16 |
| Figura 2 - Evolução dos ácidos málico e tartárico durante a maturação da uva.<br>.....                                                                          | 18 |
| Figura 3 - Comparativo do ponto de colheita ideal da uva considerando o efeito climático. ....                                                                  | 22 |
| Figura 4 - Modelo esquemático de equilíbrios das antocianinas de Flanzy (2003) e Brouillard (1982). ....                                                        | 28 |
| Figura 5 - Relação da % de SO <sub>2</sub> livre presente no SO <sub>2</sub> molecular para diferentes pH. ....                                                 | 29 |
| Figura 6 - Equilíbrio das Antocianinas em Função do pH e do SO <sub>2</sub> . ....                                                                              | 30 |
| Figura 7 - Distribuição do dióxido de enxofre livre ativo e salificado em função do pH. ....                                                                    | 31 |
| Figura 8 - Equipamento de troca iônica da empresa Luvison. ....                                                                                                 | 40 |
| Figura 9 - Painel de degustadores da análise sensorial. ....                                                                                                    | 44 |
| Figura 10 - Amostras codificadas para a degustação. ....                                                                                                        | 44 |
| Figura 11 - Representação gráfica de correções de Metabissulfito dos vinhos da safra 2022 seguindo os cálculos propostos por Moroney <i>et al.</i> (2022). .... | 49 |
| Figura 12 - Representação gráfica de correções de Metabissulfito dos vinhos da safra 2023 seguindo os cálculos propostos por Moroney <i>et al.</i> (2022). .... | 53 |
| Figura 13 - Resultado da avaliação Sensorial do PN.ES.22. ....                                                                                                  | 59 |
| Figura 14 - Resultado da avaliação Sensorial do ML.SL.22. ....                                                                                                  | 60 |
| Figura 15 - Resultado da avaliação Sensorial do TN.SL.22. ....                                                                                                  | 61 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Figura 16 - Resultado da avaliação Sensorial do PN.ES.23 ..... | 62 |
| Figura 17 - Resultado da avaliação Sensorial do MT.QA.23.....  | 63 |
| Figura 18 - Resultado da avaliação Sensorial do TN.SL.23.....  | 64 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

Ca    Cálcio

Mg    Magnésio

Cu    Cobre

Zn    Zinco

K    Potássio

Na    Sódio

IPT    Índice de Polifenóis Totais

pH    Potencial Hidrogeniônico

## RESUMO

No meio enológico, existem várias discussões de como um processo pode ajudar a reduzir o tempo e o investimento, aumentando a qualidade de um vinho, principalmente se este é um vinho fino com potencial de guarda. E muitos fatores podem ajudar neste aspecto, um deles é o pH, responsável por melhorias desde a cor ao paladar de um vinho. A relação entre acidez e pH é inversa, quando um está alto, o outro consequentemente está baixo, e esta correção de pH se faz, atualmente, em sua maioria ajustando a acidez por meio de adição de ácido tartárico, que já é um ácido encontrado naturalmente na uva, porém cada uva possui uma capacidade de tamponamento. Para indicar a dose ideal desta adição, é necessária uma análise laboratorial, o que não acontece em grande escala, podendo levar o vinho a um desequilíbrio em seu pH, que alteraria toda a função de sua estabilidade microbiológica e, consequentemente, de correção de anidrido sulfuroso, bem como a estabilização tartárica. Existe, então, uma alternativa que vem ganhando espaço no meio enológico, que é a utilização de resinas de troca iônica, capaz de captar o potássio e liberar hidrogênio para a solução, fazendo com que essa reação baixe o pH do vinho. Assim, o seguinte estudo visa unir a relação de processo de redução de pH de três vinhos tintos distintos e de regiões diferentes do RS a uma passagem de 20% na resina de vinho tinto para baixar o pH e avaliar seu resultado nas safras 2022 e 2023, avaliando parâmetros de análises físico-químicas, minerais e sensoriais. No estudo, foi possível avaliar que o comportamento do vinho da safra 2022 foi similar ao da safra 2023, salvo algumas diferenças, podendo ser atribuídas ao clima das regiões, onde, no geral, 2023 foi um ano mais chuvoso do que 2022. Podemos observar que ocorrendo a redução de pH, obtivemos, de forma geral, um melhoramento na cor, sendo avaliado pelas análises de IPT, intensidade de cor e as absorbâncias 420, 520 e 620, um aumento da acidez total e do SO<sub>2</sub> livre presente, o que contribui para uma diminuição da adição de conservante quando se fala da relação entre pH e SO<sub>2</sub> molecular. Nos minerais (Mg, Cu, Zn, Ca, Na e K) também pode ser visto uma diminuição nos vinhos tratados com resina, o que, em resumo, demonstra uma melhora para a estabilidade desses vinhos, principalmente para posterior envelhecimento dos mesmos. Sensorialmente, os vinhos de ambas as safras não obtiveram diferenças estatísticas, de um modo geral, isto pode ser considerado um resultado positivo, pois embora não traga melhoria sensoriais, também não significa qualquer prejuízo do tratamento sobre os vinhos. Ao final do estudo, pode-se considerar que o objetivo principal do trabalho foi alcançado, demonstrando a eficácia da aplicação de uma técnica para baixar o pH de vinhos tintos.

**Palavras-chave:** resina de troca iônica; vinho estável; potencial de guarda.



## ABSTRACT

In the oenological field, there are several discussions on how a process can help reduce time and investment while increasing the quality of a wine, especially if it is a fine wine with aging potential. Many factors can contribute to this aspect, one of which is pH, responsible for improvements ranging from color to taste in a wine. The relationship between acidity and pH is inverse; when one is high, the other is consequently low. Currently, pH correction is mostly done by adjusting acidity through the addition of tartaric acid, which is already naturally found in grapes. However, each grape has a buffering capacity. Determining the ideal dosage for this addition requires laboratory analysis, which is not commonly done on a large scale, potentially leading to pH imbalance in the wine, altering its microbiological stability and, consequently, the correction of sulfur dioxide and tartaric stabilization. An alternative gaining ground in the oenological field is the use of ion exchange resins, capable of capturing potassium and releasing hydrogen into the solution, thereby lowering the wine's pH. Thus, the following study aims to combine the process of pH reduction in three different red wines from different regions of RS with a 20% passage through red wine resin to lower the pH and evaluate its results in the 2022 and 2023 harvests, assessing parameters of physicochemical, mineral, and sensory analyses. In the study, it was possible to evaluate that the behavior of the 2022 vintage wine was similar to that of the 2023 vintage, with some differences that could be attributed to the climate of the regions, where, in general, 2023 was a rainier year than 2022. It was observed that the pH reduction resulted in overall improvement in color, as assessed by IPT analysis, color intensity, and absorbances at 420, 520, and 620 nm, an increase in total acidity and free SO<sub>2</sub> present, contributing to a decrease in preservative addition when considering the relationship between pH and molecular SO<sub>2</sub>. In terms of minerals (Mg, Cu, Zn, Ca, Na, and K), a decrease was also observed in wines treated with resin, which, in summary, demonstrates an improvement in the stability of these wines, especially for their subsequent aging. Sensory-wise, wines from both vintages did not show statistically significant differences overall. This can be considered a positive result because although there were no sensory improvements, there was also no detriment from the treatment to the wines. In conclusion, the main objective of the study was achieved, demonstrating the effectiveness of applying a technique to lower the pH of red wines.

**Keywords:** Ion exchange resin; stable wine; aging potential.

## SUMÁRIO

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO                                             | 11 |
| 2. JUSTIFICATIVA                                          | 12 |
| 3. APLICABILIDADE DOS RESULTADOS E IMPACTOS               | 13 |
| 4. REFERENCIAL TEÓRICO                                    | 13 |
| 4.1.Composição da Uva                                     | 13 |
| 4.1.1. Os Ácidos das Uvas                                 | 17 |
| 4.1.1.1 Ácido Tartárico                                   | 17 |
| 4.1.1.2. Ácido Málico                                     | 18 |
| 4.2. Aspectos vitícolas que alteram a uva e o pH do vinho | 19 |
| 4.2.1. Clima                                              | 19 |
| 4.2.2.Nutrição do solo                                    | 23 |
| 4.2.3.Fases de Maturação da uva                           | 24 |
| 4.3.O pH e acidez do vinho nos processos enológicos       | 25 |
| 4.3.1. Definindo pH e Acidez                              | 25 |
| 4.3.2. Alteração na Cor                                   | 27 |
| 4.3.3. Relação pH e SO <sub>2</sub>                       | 28 |
| 4.4. Minerais no vinho                                    | 32 |
| 4.5. Métodos e Legislação acerca da Acidez e pH do vinho  | 33 |
| 4.6. Resina de troca iônica                               | 35 |
| 5. HIPÓTESES/PROPOSIÇÕES/SUGESTÕES DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES  | 37 |
| 6. OBJETIVOS                                              | 37 |
| 6.1. Objetivo Geral                                       | 37 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 6.2. Objetivos Específicos                                     | 37 |
| 7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS                                 | 37 |
| 7.1 Características climáticas e do solo das regiões do estudo | 37 |
| 7.2 Aplicação dos vinhos em resina de troca iônica             | 39 |
| 7.3 Análises físico – químicas                                 | 41 |
| 7.4 Análise sensorial                                          | 43 |
| 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO                                      | 45 |
| 8.1. Análises físico-químicas                                  | 45 |
| 8.1.1 Experimentos da Safra 2022                               | 45 |
| 8.1.2 Experimentos da Safra 2023                               | 51 |
| 8.2. Análise de minerais                                       | 55 |
| 8.2.1 Experimentos da Safra 2022                               | 55 |
| 8.2.2 Experimentos da Safra 2023                               | 56 |
| 8.3. Análise sensorial                                         | 58 |
| 8.3.1 Experimentos da Safra 2022                               | 58 |
| 8.3.2 Experimentos da Safra 2023                               | 61 |
| 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS                                        | 64 |
| REFERÊNCIAS                                                    | 66 |
| APÊNDICES                                                      | 76 |

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a elaboração de um vinho, dentre os parâmetros físico-químicos analisados está a acidez real que, segundo Togores (2018), é expressa em potencial hidrogeniônico (pH), que equivale à concentração das funções dos ácidos livres no vinho, ou seja, à concentração dos íons  $H^+$  estritamente responsáveis pela acidez. Este conhecimento é de grande importância para o enólogo, que deve acompanhar a evolução do parâmetro desde a maturação da uva até a conservação do vinho (FLANZY, 2003).

Quando se fala de minerais, potássio e o cálcio são os principais, e a presença destes dois cátions nos vinhos, principalmente do primeiro, leva a um aumento notável no valor do pH, que se traduz em uma ampla proporção de inconvenientes, dos quais se destaca uma menor estabilidade microbiana e de limpidez dos vinhos, bem como uma maior facilidade em sua oxidação, além dos problemas derivados da insolubilização dos sais do ácido tartárico com esses cátions na forma de bitartarato de potássio e tartarato de cálcio, sobretudo. A magnitude deste problema é atualmente muito pronunciada nos vinhos tintos, motivada pela sua elaboração por meio de macerações cada vez mais intensas com a película das uvas, e isto faz com que o mecanismo de acúmulo de potássio e cálcio deva ser estudado em maior profundidade (TOGORES, 2018).

Segundo estudos, dentre os quais se destacam os realizados por Dias (2006) e Guerra; Zanús (2003), durante o processo de maturação das uvas, ocorrem diversos processos biológicos e fisiológicos, tais como o acúmulo de açúcares, a redução da acidez, a migração de minerais, a modificação das paredes celulares, a evolução das substâncias nitrogenadas, dos compostos fenólicos e das substâncias aromáticas. A maturação tecnológica é alcançada quando há um equilíbrio entre o aumento significativo de açúcares nas bagas de uva e a expressiva diminuição da acidez. Logo podemos dizer que um solo pobre em nutrientes, especialmente em potássio, pode resultar em uma deficiência desse elemento na planta, o que pode levar a uma maturação inadequada das

uvas e ao aumento da acidez. Por outro lado, um solo com excesso de potássio pode levar ao aumento da maturação das uvas e à diminuição da acidez.

O pH também está ligado a ação do principal conservante do vinho, A efetividade do uso de anidrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) varia conforme diferentes fatores, especialmente com o pH. Segundo Canto (2016), uma determinada dosagem da fração molecular de  $\text{SO}_2$  se obtém com adições menores do composto em vinhos de pH igual ou menor a 3,5, aumentando em vinhos de pH maior.

Para a modificação do pH dos vinhos, a alternativa mais usual é o aumento da acidez pela adição de ácido tartárico, combinado ou não a cortes com vinhos mais ácidos. Em alguns casos, no entanto, estas práticas não tem sido o suficiente, fazendo com que novas tecnologia ganhem espaço dentro do setor vitivinícola. Uma das alternativas é o uso de resinas de troca iônica, que vem ganhando espaço, como ferramenta para ajustar e melhorar a qualidade do vinho. As resinas servem para estabilização tartárica dos vinhos através da eliminação parcial de cálcio e potássio, e podem também ser utilizadas para acidificar os mesmos (TOGOIRES, 2018).

Segundo o exposto, este estudo visa à aplicabilidade do uso de resina de troca iônica para baixar o pH de vinhos tintos, em uma vinícola de média escala de produção situada no Rio Grande do Sul, com vistas a aumentar a estabilidade e a longevidade dos vinhos tintos tratados.

## **2. JUSTIFICATIVA**

O uso de uma resina capaz de reduzir o pH de um vinho sem adição direta de insumos enológicos foi regulamentado pela Organização Internacional da Uva e do Vinho (OIV) apenas no ano de 2000. Desde então inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas com a utilização dessas resinas, porém ainda se faz essencial conhecer melhor a influência do tratamento em diversos cenários vitivinícolas com vistas a prover conhecimentos e práticas que permitam indicações práticas, simples e tecnicamente adequadas e viáveis ao setor.

Como afirmam Cosme; Vilela; Jordão (2017), o ácido tartárico, o ácido mais abundante nas uvas, é claramente influenciado por diferentes variáveis como as condições climáticas e de maturação, a composição do solo, entre outras. Mesmo em regiões distintas do Rio Grande do Sul, a vinha vem sofrendo com as alterações de clima. Por isso a escolha de realizar o projeto com cultivares tintas e de regiões distintas.

### **3. APLICABILIDADE DOS RESULTADOS E IMPACTOS**

O seguinte estudo traz um impacto quando busca contribuir com o setor vitivinícola, para que o processo de redução de pH seja o mais adequado e viável para o produto, trazendo o impacto prático no processo de redução de pH dos vinhos.

Estes fatores culminam na melhoria da qualidade dos vinhos tintos do Rio Grande do Sul, sendo possível que após este estudo mais pesquisadores e técnicos a repliquem, chegando a ainda mais parâmetros finamente ajustados para diferentes vinhos e regiões vitivinícolas.

## **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **4.1. Composição da Uva**

A *Vitis vinifera*, também conhecida como videira europeia, pertence à família das *Ampelídeas*, caracteriza-se por uma ampla variabilidade morfológica e fisiológica, apresentando frutos de excelente qualidade que se transformam ao longo de um período de maturação (TOGOES, 2018; ALLEWELDT; POSSINGHAM, 1988). Apresenta flores e posteriores frutos em cachos, formados por um conjunto variável de bagas, conectadas diretamente à planta através dos feixes vasculares (floema e xilema) que passam no interior do pedicelo e do pedúnculo, Essas bagas apresentam, em todos os casos, uma estrutura formada por uma película exterior, chamada casca ou película, uma

massa interna que preenche a baga, conhecida como polpa, e, no centro, um número variável de sementes (TOGOIRES, 2018; BORGHEZAN, 2017).

A casca da uva pode se destacar pela proteção do interior do fruto, incluindo as sementes e o suco, contra danos físicos, ataques de patógenos e raios ultravioleta do sol, bem como a regulação da troca de oxigênio, dióxido de carbono e outros gases entre o ambiente externo e o interior da uva. A composição aromática do vinho também está ligada à película, uma vez que guarda compostos aromáticos como terpenos e compostos fenólicos, os quais contribuem para os aromas varietais.

Para as uvas tintas, também falamos da contribuição para a cor do vinho, pois os pigmentos presentes na película, como as antocianinas, são responsáveis pela cor dos vinhos tintos. Destaca-se também a influência nas características gustativas, em função dos taninos, substâncias que contribuem para a estrutura, adstringência e textura do vinho. A película da uva também contém uma pequena quantidade de açúcares, e são ricas em celulose, além de serem compostas por cerca de um quarto ou um quinto de seu peso em pectinas insolúveis e proteínas. Também existe a presença do ácido málico no período herbáceo, que desaparece durante a maturação, e também pequenas quantidades de ácido tartárico e um pouco mais de ácido cítrico (TOGOIRES, 2018; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006).

As sementes são formadas por matérias glicídicas, óleo, taninos, matérias nitrogenadas, matérias minerais e ácidos graxos. Durante a maturação da uva, os taninos das sementes diminuem em função de migrarem para a casca. Os taninos nas sementes são responsáveis por características sensoriais como acidez e adstringência, mas desempenham um papel importante na estabilização da cor em vinhos tintos de guarda. É importante manter a integridade das sementes durante o processo de vinificação para evitar a liberação de substâncias indesejadas que vão conferir amargor, e garantir a qualidade do vinho final. Pode-se dizer, portanto, que a maturação das uvas ocorre devido a um excesso de substâncias de reserva acumuladas na polpa e

não utilizadas pelas sementes (TOGOIRES, 2018; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006).

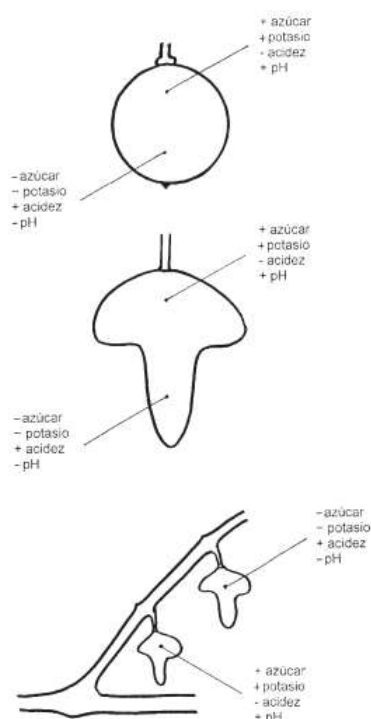
A polpa é a parte mais volumosa do grão de uva, representando de 75% a 85% do seu peso, do qual a maior parte é água. Trata-se de uma água biologicamente pura, que é principalmente absorvida pelas raízes da videira e em menor proporção pelas folhas, e sua principal função é servir de solvente para os demais compostos da uva.

Os açúcares são os compostos mais abundantes do mosto, sendo a videira capaz de sintetizar a maior quantidade de açúcares com consumo mínimo de água. Os açúcares predominantes são a glicose e a frutose, sendo esta relação alterada conforme a maturação, podendo chegar a igualar a quantidade de ambos.

Os ácidos orgânicos, juntamente com os açúcares, são os compostos mais importantes presentes na polpa. Os ácidos mais presentes são o tartárico, o málico e, em menor quantidade, o cítrico. Os ácidos se encontram em todos os órgãos verdes da planta e, nos grãos de uva, sua concentração diminui à medida que ocorre o ciclo de maturação, podendo ser encontrados na forma livre ou salificada, por meio da combinação com cátions extraídos do solo, sendo esta última forma a de migração pela planta. Durante a maturação, a acidez dos grãos diminui devido à respiração e pode ocorrer transformação em açúcares. O ácido málico desaparece mais rapidamente do que o ácido tartárico. A distribuição dos ácidos nos grãos de uva varia, com maior concentração na parte central em torno das sementes (Figura 1). O ácido cítrico está fixado nas paredes celulares, dificultando sua extração durante o processamento.



Figura 1 - Distribuição de açúcares, potássio, acidez e pH nos cachos de uva.



Fonte: Togores, 2018.

Dos minerais presentes na polpa da uva, temos o potássio como o cátion mais abundante, depois vem o cálcio, seguido pelo magnésio, o sódio, ferro e outros elementos minoritários. Esses normalmente encontram-se mais próximos às sementes e a película. Dentre outros compostos presentes na polpa, podemos falar dos compostos nitrogenados, os quais, na forma mineral ou amoniacal é a mais facilmente assimilada pelas leveduras, e os aminoácidos, correlacionados à riqueza de ácidos orgânicos, sendo que uvas colhidas mais ácidas são sempre mais ricas em aminoácidos.

Na polpa também são encontradas pequenas quantidades de álcoois, aldeídos e ésteres, os quais contribuem para o aroma da uva, juntamente com os compostos presentes nas cascas. Também encontra-se um pouco de polifenóis que são principalmente do tipo não flavonoide (TOGORES, 2018; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006).

É importante ressaltar que todas as características da uva podem ser alteradas dependendo de vários fatores, como região/local de cultivo da videira; características do solo/topografia; cultivar e porta-enxerto; safra/condições climáticas; condições de cultivo, como sistema de condução, tipo de poda, etc.; manejo agrônomo do vinhedo; técnicas de elaboração do vinho; condições de estabilização do vinho (GUERRA, 2002). Estas alterações evidentemente se expressam nas características e qualidade intrínseca do vinho.

#### **4.1.1. Os Ácidos das Uvas**

Como explica Giovaninni (2014), muitos são os ácidos orgânicos presentes na uva e no vinho, porém os mais presentes são os ácidos tartárico e málico, e depois desses, os ácidos ascórbico, cítrico e fosfórico. São sintetizados nas folhas e principalmente nos próprios cachos. Apesar de sua semelhança química, são formados por vias muito distintas, e sua evolução ao longo do ciclo de maturação também difere. Durante este processo, a acidez diminui devido à combustão dos ácidos durante a respiração, neutralização ou salificação pelos cátions importados e diluição com a contribuição de água nos bagos de uva, apesar da síntese contínua nos cachos e folhas (TOGOIRES, 2018).

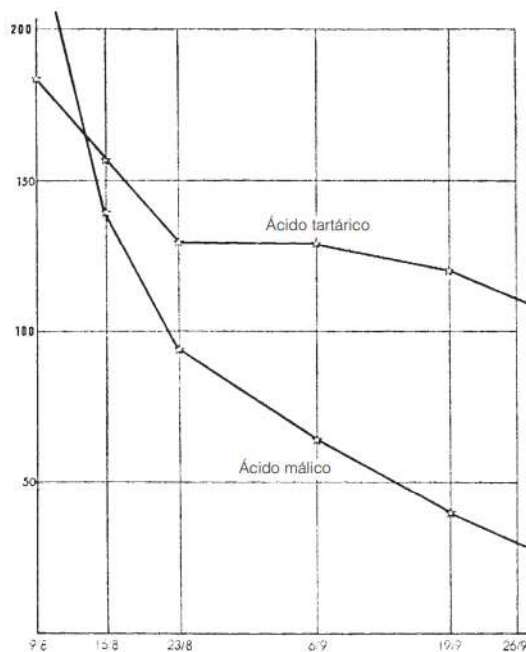
##### **4.1.1.1 Ácido Tartárico**

Durante a fase de crescimento herbáceo, os ácidos tartárico e málico exercem uma papel iônico (DIAS, 2006), enquanto que a relação sais/ácidos livres sempre aumenta durante o todo o processo de maturação da uva, e isso ocorre principalmente devido à degradação do ácido málico, elevando, assim, o pH (GIOVANINNI, 2014).

O ácido tartárico é um subproduto do metabolismo dos açúcares, sendo sintetizado de forma lenta, principalmente nos grãos de uva e, em menor proporção, nas folhas.

Leva-se sempre em consideração para a colheita da uva a chamada maturação tecnológica, a razão ácido tartárico/ácido málico (Figura 2) pois é um indicativo do grau de maturação (RIZZON; SGANZERLA, 2007).

Figura 2 - Evolução dos ácidos málico e tartárico durante a maturação da uva.



Fonte: Peynaud, 2006.

Segundo Garzón (2011), o ácido tartárico é um ácido forte que exerce influência direta no pH do vinho, apresentando uma concentração média entre 1,5 e 4 g·L<sup>-1</sup>. No vinho, pode ser encontrado em três formas diferentes: ácido tartárico (H<sub>2</sub>T), o íon bitartarato (HT<sup>-</sup>) e o íon tartarato (T<sup>2-</sup>), podendo formar precipitados com o potássio (bitartarato ou hidrogenotartarato de potássio, KHT) e o cálcio (tartarato de cálcio, CaT).

#### 4.1.1.2. Ácido Málico

Segundo Dias (2006), o ácido málico é produzido de forma metabólica na biossíntese dos açúcares, de modo que, durante o período herbáceo, todo o açúcar produzido dá origem ao ácido málico e a partir da fase pintor, este começa a diminuir, sendo este ácido muito importante para regulação do pH.

Uma possível explicação é a transformação da glicose em ácido-5-cetoglicônico, que se converte em aldeídos tartárico e glicólico, sendo o primeiro transformado em ácido tartárico por oxidação e o segundo em ácidos glicólico, oxálico e glioxílico. Outra possível hipótese está relacionada à transformação conhecida do ácido ascórbico em ácido tartárico, embora ainda não se saiba exatamente como o primeiro composto é formado a partir dos açúcares. Após a maturação das uvas, a concentração de ácido tartárico diminui ligeiramente (TOGOIRES, 2018).

O ácido málico desempenha um papel fundamental na bioquímica da respiração, pois é responsável por fixar as moléculas de dióxido de enxofre no ciclo de Krebs ou dos ácidos tricarboxílicos através do ácido fosfoenolpirúvico. Em condições de baixa iluminação, a relação entre açúcares e ácido málico é baixa, indicando que, com a mesma maturação ou síntese de açúcares, o teor de ácido málico na colheita é mais elevado. No entanto, a temperatura é o fator que mais influencia o nível desse ácido na uva (TOGOIRES, 2018).

Segundo Giovaninni (2014), o ácido málico é facilmente respirado no fruto, formando  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , e os fatores ambientais influenciam na síntese e degradação desse ácido. Durante a maturação, a baga necessita mais energia para acumular glicose e frutose, tal energia é retirada da degradação do ácido málico. Na baga da uva, é muito pequena a quantidade produzida de ácido málico, a qual é totalmente consumida, por isso em campo algumas práticas para estimular o vigor da videira causam o aumento do ácido málico na uva, como as adubações com nitrogênio e abundância de potássio no solo.

## **4.2. Aspectos vitícolas que alteram a uva e o pH do vinho**

### **4.2.1. Clima**

A faixa ideal de temperatura para o cultivo da videira está compreendida entre 25 °C e 32 °C (JACKSON, 2001). Qualquer temperatura abaixo desta faixa ideal limita o crescimento vegetativo, bem como temperaturas acima da faixa reduzem a taxa fotossintética da planta, com o aumento da respiração

(GLADSTONE, 1992). A videira requer uma quantidade maior de calor durante o período entre a floração e a maturação (GIOVANNINI, 2008). Na fase final da maturação, temperaturas próximas a 30 °C são necessárias para evitar que a acidez seja muito elevada. Os controles de maturação devem ser feitos especialmente em relação aos níveis de acidez e pH, pois são muito sensíveis às condições de seca e altas temperaturas (TOGOES, 2018).

Jackson; Lombard (1993) afirmam em seu estudo que as temperaturas elevadas aceleram o crescimento e a maturação das uvas, resultando em bagas com maior teor de sólidos solúveis, pH elevado, baixa acidez e menor conteúdo de antocianinas e precursores de aroma. Por outro lado, noites frias associadas a temperaturas elevadas durante o dia reduzem o pH e a degradação dos ácidos orgânicos. A amplitude térmica entre o dia e a noite também desempenha um papel relevante nesses processos. Togores (2018) pontua que a influência do clima também altera a escolha da variedade: em climas frios, as variedades de ciclo de maturação curto, especialmente as brancas, se adaptam melhor, já as variedades tintas precisam de uma exposição solar mais intensa para a síntese de polifenóis; ou seja o ideal é ajustar cada variedade ao clima, possibilitando uma maturação ideal da uva.

Segundo estudos de Bergqvist *et al.* (2001) e Conde *et al.* (2007), à medida que a temperatura aumenta, as necessidades energéticas das células da videira também crescem. Para suprir essa demanda, a célula recorre ao ácido málico armazenado, por meio do aumento na atividade da enzima málica. Logo, uvas colhidas em regiões mais frias normalmente apresentam maior teor de ácido málico do que as uvas provenientes de regiões quentes. Cosme *et al.*, (2016) também corroboram estes mecanismos quando afirmam que temperaturas mais amenas diminuem a degradação do ácido málico, resultando em maior acidez do mosto.

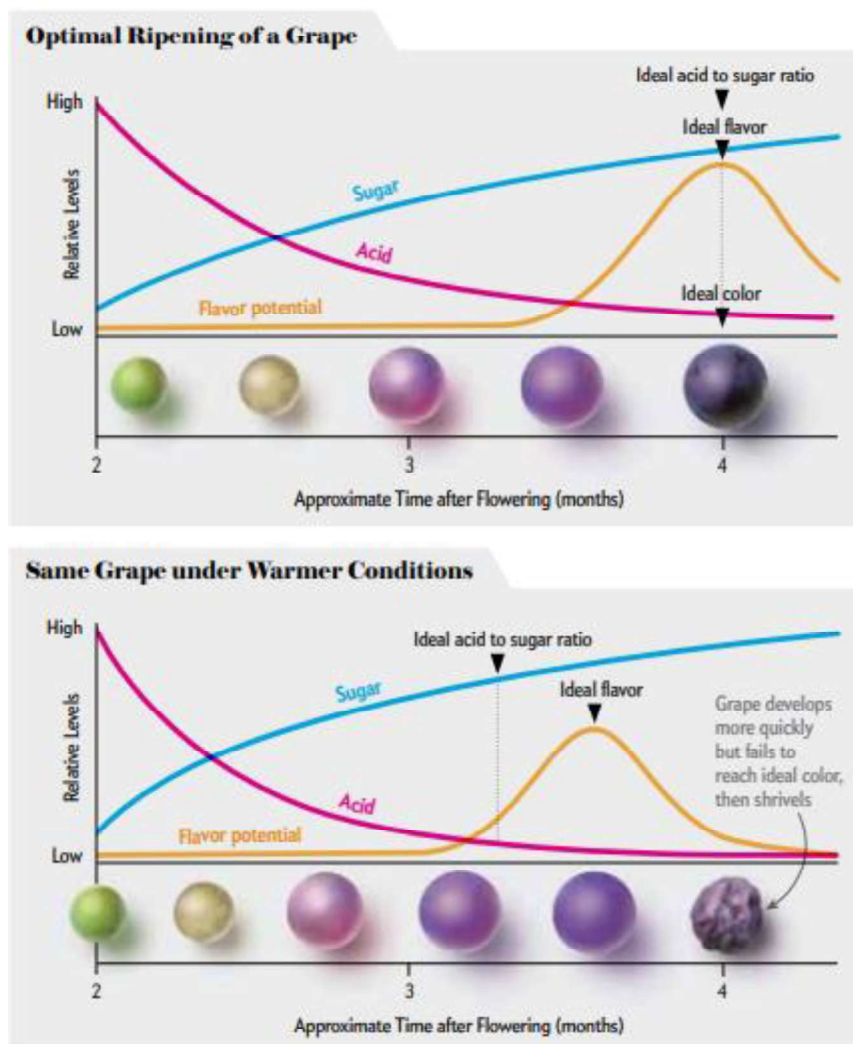
Estudos como de Hale (1977) e de Williams e Biscay (1991) demonstram o quanto a baixa acidez está diretamente relacionada a um pH elevado, sendo essa relação afetada pela acumulação de potássio, a qual é influenciada pela

temperatura. Durante a maturação da uva, os níveis de potássio aumentam significativamente nos cachos, devido à redistribuição proveniente de outras partes superiores. Essas altas temperaturas aumentam os níveis de potássio e reduzem a acidez total, levando a um aumento do pH. Em climas quentes, é comum alcançar valores de pH acima de 4, mas esses valores também já foram registrados em climas frios (SIGLER, 2010).

Muito já se fala sobre as alterações climáticas que vem ocorrendo com o passar dos anos. Nicholas (2015) destaca o quanto as mudanças na quantidade e no tempo das chuvas em uma região podem alterar a qualidade da uva de várias maneiras, e a umidade excessiva pode acelerar as podridões fúngicas, tendo em vista que a temperatura determina o equilíbrio dos compostos de açúcar, ácido e sabor nas uvas, e também pode resultar em consequências não lineares que diminuirão as antocianinas em seu processo de maturação, como mostra a Figura 3. O autor ainda afirma que, se as temperaturas globais continuarem subindo, algumas regiões vinícolas podem sofrer e diminuir seu potencial, assim como novas podem florescer. Exemplo dessas alterações já podem ser vistas em estudos como Chaurel (2006), que demonstra a tendência de aumentar o pH dos vinhos nos últimos 20 anos, interferindo no gosto e na preservação dos mesmos.

Estudo como de POSTINGHER (2024) corroboram quando a utilização de resinas de troca catiônica podem auxiliar nos vinhos tintos, para que ocorra uma modificação de teores de ácidos, pH e cátions, no qual vinhos tratados com resinas aumentaram significativamente a acidez na mesma proporção que baixava o pH.

Figura 3 - Comparativo do ponto de colheita ideal da uva considerando o efeito climático.



Fonte: Nicholas (2015)

#### 4.2.2. Nutrição do solo

Nutrientes são essenciais à videira, pois afetam características metabólicas e fisiológicas, sendo os principais nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, cloro, ferro, manganês, molibdênio, sódio e zinco (GIOVANINNI, 2014).

O potássio é o elemento utilizado pela videira em maior quantidade, sendo absorvido na forma de íon  $K^+$ . A necessidade é mais intensa na fase de lignificação dos ramos e maturação dos frutos. O transporte do potássio no xilema, da raiz aos ramos, é regulado pela capacidade de fornecimento da raiz ao xilema, e possivelmente não depende tanto da transpiração das folhas. O floema, tecido condutor de seiva elaborada, contribui para o transporte do potássio em direção aos órgãos em crescimento, como folhas, brotos e bagas, e pode ocorrer uma retranslocação dos ramos para as raízes, após o que o potássio é redirecionado para o xilema. Isso ocorre quando o xilema fornece mais potássio do que o necessário pelo ramo ou devido a condições deficientes de potássio nas células das raízes, ou seja, redistribuído dos tecidos vegetais mais velhos para os mais jovens (TOGOIRES, 2018).

As principais funções do potássio na planta são estimular a fotossíntese, neutralizar os ácidos orgânicos, regular as atividades de outros nutrientes minerais, ativar enzimas, ajudar a regular a necessidade hídrica da planta, e amenizar os danos causados pelo frio. Porém, este nutriente em excesso pode causar dessecamento da ráquis, retardar o início de brotação e diminuir a acidez do mosto. Já a deficiência do potássio relacionada ao baixo teor de potássio no solo ou a uma adubação potássica deficiente (GIOVANINNI, 2014) provoca a redução do tamanho do cacho, dificulta a maturação da uva e aumenta a acidez no mosto.

É necessário um manejo adequado da adubação potássica, e inúmeros estudos são realizados, tendo em vista que em algumas regiões já tem-se detectado elevados teores de potássio nas uvas, como é o caso da Campanha Gaúcha (ZOCHE, 2017), e do Vale do São Francisco, onde, apesar da natural



concentração elevada do mineral, segue sendo aplicadas adubações potássicas inadequadas (SILVA *et al.*, 2017). Em contrapartida, modificação das características químicas do solo do vinhedo, seleção adequada de porta enxerto, estratégias de irrigação e manejo do dossel vegetativo são intervenções agrônômicas capazes de diminuir o teor de potássio do solo e sua absorção pela videira (MPELASOKA *et al.*, 2003).

#### **4.2.3. Fases de Maturação da uva**

A primeira fase compreende o período de crescimento herbáceo, dura em média 45 a 65 dias e, ao finalizar este período, a uva contém apenas cerca de 20 gramas de açúcares por quilograma de polpa e quase a mesma quantidade de acidez. As bagas apresentam uma atividade metabólica acentuada, caracterizada por uma alta intensidade respiratória e rápida acumulação de ácidos (TOGOIRES, 2018; DIAS, 2006).

Na segunda fase, conhecida como pintor, é quando as castas brancas ganham a coloração amarelo translúcido e as tintas, vermelho escuro. O volume da baga aumenta, do mesmo modo que ocorre rapidamente com o teor de açúcares, ao passo que a acidez começa a diminuir. Esta fase varia, em média, de 35 a 65 dias, e é nela que as grainhas atingem a maturação fisiológica e aumentam o acúmulo de polifenóis (TOGOIRES, 2018; DIAS, 2006).

A terceira fase trata-se da maturação, quando a película cresce menos que a polpa e deixa a baga suscetível a ataques como a de *Botrytis cinerea*, os açúcares aumentam e a acidez tende a diminuir. Nesta fase, considera-se a relação açúcares/acidez, ou seja quando se atinge o grau de maturação ideal para produção do vinho planejado (maturação tecnológica), e muito se considera também a acidez como um parâmetro que avalia o equilíbrio da maturação da uva, com base no teor alcoólico provável e no pH do mosto. Ele é utilizado para determinar o momento ideal para a colheita das uvas, levando em consideração a relação entre a quantidade de açúcar (representada pelo teor alcoólico provável) e a acidez do mosto. Outros fenômenos que acontecem estão relacionados à migração das matérias minerais, modificação das substâncias

nitrogenadas, evolução dos compostos fenólicos e das substâncias aromáticas (TOGOIRES, 2018; DIAS, 2006).

Depois dessa fase, temos a sobrematuração, que não pode ser considerada como uma fase do ciclo vegetativo da uva por ser o período que excede a maturação. Ocorre perda de água por evaporação, e dependendo da condição climática, é facilitado o aparecimento da “podridão nobre”, porém nesta fase as bagas continuam respirando, o que leva à queima de pequenas quantidades de açúcares e quantidades maiores de ácidos, especialmente ácido málico, perdendo assim bastante acidez. A sobrematuração pode ser total ou parcial. Quando total, chama-se de passificação da uva, que pode ser alcançada de várias formas, como a secagem artificial em estufas ou secadores, uma exposição natural ao sol, ou no frio, ou até mesmo os cachos são deixados nas próprias videiras sem serem colhidos em tempo que depende de cada variedade de uva, grau de maturação e, principalmente, das condições climáticas, que podem variar de um a dois dias até uma a três semanas, conjugados ao tipo de vinho que se deseja elaborar (TOGOIRES, 2018; DIAS, 2006; NETO *et al.* 2017).

Os vinhos que passam por sobrematuração no Brasil geralmente fazem parte do grupo de vinhos nobres, cuja legislação define como um vinho elaborado exclusivamente a partir de uvas da espécie *Vitis vinifera* que apresentam teor alcoólico de 14,1 % a 16 % em fração volúmica, elaborado mediante processos tecnológicos adequados, e há casos em que são elaborados vinhos licorosos, isto é, com graduação alcoólica ainda superior, de 14,1 % a 18 % (BRASIL, 2018).

#### **4.3. O pH e acidez do vinho nos processos enológicos**

##### **4.3.1. Definindo pH e Acidez**

A acidez é expressa em acidez total, acidez volátil, acidez fixa e acidez real, cada uma delas com importância distinta em relação ao equilíbrio físico-químico e organoléptico do vinho. A acidez total representa a acidez determinada pela neutralização química das funções ácidas dos ácidos minerais e orgânicos

presentes no meio. A acidez volátil, que faz parte da acidez total, é composta por todas as formas livres e salificadas dos ácidos voláteis, sendo o ácido acético o principal componente dessa acidez no vinho. A acidez fixa é obtida subtraindo-se a acidez volátil da acidez total (TOGOIRES, 2011).

Durante a elaboração de um vinho, dentre os parâmetros físico-químicos analisados está a acidez real que, segundo Togores (2011), é expressa em potencial hidrogeniônico (pH), que equivale à concentração das funções dos ácidos livres no vinho, ou seja, à concentração dos íons  $H^+$  estritamente responsáveis pela acidez. Este conhecimento é de grande importância para o enólogo, que deve acompanhar a evolução do parâmetro desde a maturação da uva até a conservação do vinho (FLANZY, 2003).

Ribéreau Gayon *et al.* (2003) afirmam que quanto maior o teor de acidez da uva, maior é a proteção deste mosto em relação ao processo de oxidação, e menor a concentração de potássio neste mosto, garantindo um pH baixo. Curvelo e Garcia (1988) e Colette (1997) destacam a importância destes parâmetros em relação a seu impacto futuro no vinho, podendo afetar tratamentos como as clarificações proteicas e as aplicações de dióxido de enxofre.

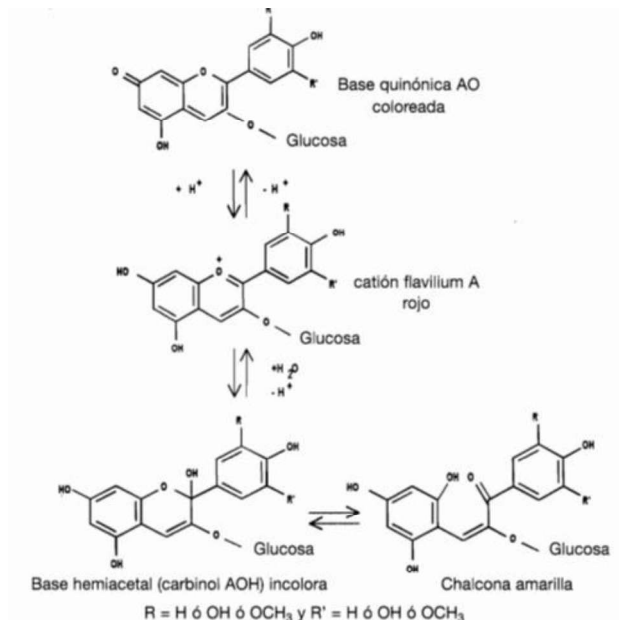
Segundo Kunz *et al.* (2010), o pH e a acidez são um dos principais parâmetros analisados na qualidade de um vinho, pois influenciam na qualidade, sabor, estabilidade e capacidade de envelhecimento. De acordo com De Ávilla (2002), o pH do vinho tem efeitos na resistência a alterações microbianas, na intensidade da cor das antocianinas, no sabor, no potencial de oxirredução e na taxa de  $SO_2$  livre e combinado. Para Vigara e Amores (2010), a escolha do pH final do vinho depende do tipo de vinho que se pretende produzir. Vinhos com pH em torno de 3,2 são mais estáveis do ponto de vista microbiológico e podem suportar envelhecimentos prolongados. No entanto, também tendem a ser mais duros e ácidos no paladar. A decisão sobre o pH final do vinho também deve levar em consideração o perfil sensorial desejado.

#### 4.3.2. Alteração na Cor

A cor das antocianinas no vinho está diretamente relacionada ao pH do meio. Entre 3,2 e 3,5, quanto mais baixo o pH, mais avermelhada será a tonalidade do vinho, especialmente quando associado a uma boa maturação com microoxigenação. Nesse contexto, as antocianinas e os taninos se ligam através de pontes de etanal, o que mantém a coloração dos vinhos mais intensa por mais tempo e os taninos ficam mais polimerizados, resultando em uma textura suave no paladar e aumentando a maciez do vinho (CUNHA, 2014).

Singleton (1987) pontua que vinhos com pH superior a 3,9 são mais suscetíveis a oxidações e a perderem a sua cor jovem. As cores podem variar da cor malva à cor azul, para valores de pH acima de 4, e em meio neutro ou alcalino apresentam uma cor amarela tênue (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006). Flanzy (2003) afirma que a cor das antocianinas em solução depende do pH do meio, uma vez que estas se encontram em várias formas de equilíbrio, de cores diferentes, dependentes deste parâmetro. Em pH menor que 2,0, a ressonância estabilizada e a forma de flavilium de cor vermelha domina amplamente. Além disso, as interações das antocianinas entre si e com os demais constituintes do meio (copigmentação) e a formação de complexos com íons metálicos se traduzem em mudanças de cor. Assim, dentro do vacúolos, a cor da forma predominante das moléculas de antocianina depende não só do pH, mas também do estabelecimento dessas interações (Figura 4).

Figura 4 - Modelo esquemático de equilíbrios das antocianinas de Flanzky (2003) e Brouillard (1982).



Fonte: Flanzky (2003).

#### 4.3.3. Relação pH e SO<sub>2</sub>

O dióxido de enxofre pode existir em várias formas, dependendo do pH e das condições. Em pH inferior a 3,5 SO<sub>2</sub> se dissocia em ânions bissulfito (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>); em um meio alcalino (pH superior a 4), uma pequena quantidade de SO<sub>2</sub> se dissocia em ânions sulfito (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). O SO<sub>2</sub> em forma livre e não dissociada em soluções ácidas possui apenas de 1 % a 7 % de SO<sub>2</sub> molecular (Figura 5). Em síntese, pH mais baixo origina maior teor de SO<sub>2</sub> molecular (MILLER, 2012; TOGORES, 2018; RIBEREAU-GAYON, *et al.*, 2006).

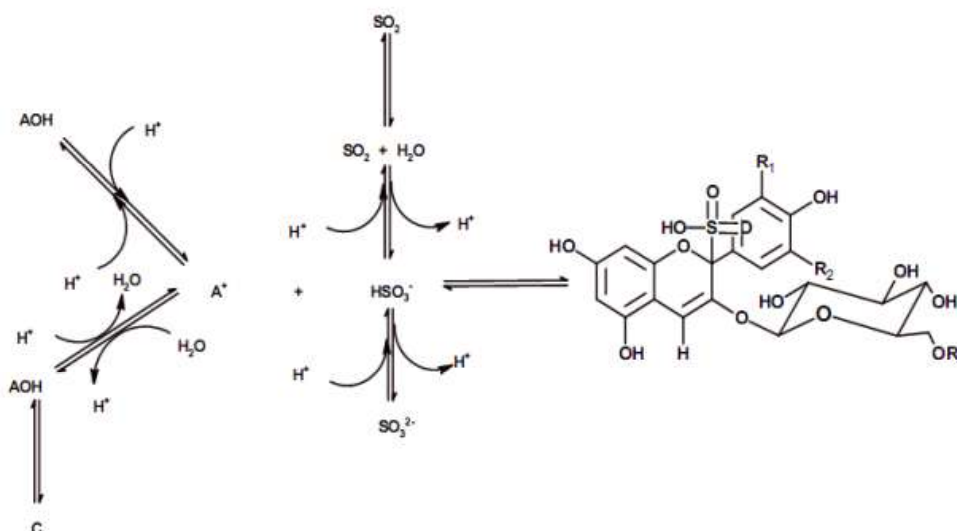
Figura 5 - Relação da % de SO<sub>2</sub> livre presente no SO<sub>2</sub> molecular para diferentes pH.

| pH do vinho | % como SO <sub>2</sub> molecular |
|-------------|----------------------------------|
| 3,0         | 6,06                             |
| 3,1         | 4,88                             |
| 3,2         | 3,91                             |
| 3,3         | 3,13                             |
| 3,4         | 2,51                             |
| 3,5         | 2,00                             |
| 3,6         | 1,60                             |
| 3,7         | 1,27                             |
| 3,8         | 1,01                             |
| 3,9         | 0,81                             |
| 4,0         | 0,64                             |

Fonte: Miller, 2012.

Um pH mais baixo resulta em maior fração de SO<sub>2</sub> molecular livre, afeta a suscetibilidade à turvação pelo fosfato de ferro, a precipitação de bitartarato de potássio e a atividade enzimática, especialmente da polifenoloxidase responsável pela oxidação (DE ÁVILLA, 2002). O SO<sub>2</sub>, em correlação com o pH, também afeta a coloração do vinho, principalmente durante o envelhecimento dos vinhos tintos, por isso a sua utilização de maneira prudente é um fator importante para contribuir com a qualidade final do vinho (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006). Segundo Bento (2010) as soluções de antocianinas são fortemente descoloridas na presença do dióxido de enxofre, influenciado pelo pH. Em pH 3,2, o anidrido sulfuroso (SO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O) reage sob a forma de HSO<sup>-3</sup> (ânion bissulfito). O ânion bissulfito reage com o cátion flavílio, sendo o produto final desta reação o AHSO<sub>3</sub> (incolor). Com a formação do anion bissulfito, os diversos equilíbrios em que as antocianinas se encontram são deslocados na direção da formação do cátion flavílio, que por sua vez reage com o anion bissulfito, dando origem a uma espécie incolor acima referida. A presença de substituintes na estrutura do cátion flavílio influencia a reação deste com o SO<sub>2</sub> (Figura 6).

Figura 6 - Equilíbrio das Antocianinas em Função do pH e do SO<sub>2</sub>.



Fonte: Bento, 2010.

Quando taninos estão presentes, as antocianinas são menos afetadas pelo dióxido de enxofre, e após 48 horas de reação, recuperam grande parte da cor (GLORIES, 1984). Do ponto de vista enológico, um vinho rico em antocianinas, no qual estas podem ou não estar combinadas com taninos, é menos descolorido pelas doses normais de utilização de SO<sub>2</sub> (20-30 mg·L<sup>-1</sup>), em relação a um vinho mais pobre em antocianinas (BENTO, 2010).

A interação do pH com o SO<sub>2</sub> está relacionada a um dos erros mais frequentes: ao não adequar os níveis de SO<sub>2</sub> de acordo com o pH do vinho, o SO<sub>2</sub> livre pode chegar a um nível excessivo para um vinho de baixo pH ou deficiente para um vinho de pH alto (ZANUS, 2007). Ribéreau-Gayon *et al.* (2007) afirmam que a ação do SO<sub>2</sub> aumenta em torno de 20 % com uma diminuição do pH em 0,1, contribuindo para uma melhor estabilidade microbiológica e químico-física. Segundo a Legislação Brasileira (Lei nº 10970 de 12/11/2004), é permitido no vinho o máximo de 350 mg·L<sup>-1</sup> de dióxido de enxofre total, sem qualquer regulação do nível de SO<sub>2</sub> livre, o qual fica a critério

das vinícolas. Existem parâmetros de referência para chegarmos ao valor ideal de  $\text{SO}_2$  molecular em função do pH e do  $\text{SO}_2$  livre (TOGOIRES, 2018), dentre outros parâmetros, simplificados na Figura 7. Convém lembrar que preocupações com a saúde e com um uso progressivamente menor de aditivos e coadjuvantes alimentícios têm estado em destaque. Lisanti (2019) aponta uma tendência de redução do uso de  $\text{SO}_2$  em função de fatores como potenciais efeitos clínicos adversos em indivíduos sensíveis.

Figura 7 - Distribuição do dióxido de enxofre livre ativo e salificado em função do pH.

| pH-SO <sub>2</sub> livre | 10  | 35  | 35  | 35  | 35  | 35  | 40  | 35  | 35  | 35  | 35  | 65   | 70   | 85   | 85   |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 2,7                      | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 4,8 | 5,6 | 6,4 | 7,2 | 8,0 | 8,8 | 9,5 | 10,3 | 11,1 | 11,9 | 12,7 |
| 2,8                      | 1,3 | 2,0 | 2,6 | 3,3 | 3,9 | 4,6 | 5,2 | 5,9 | 6,5 | 7,2 | 7,8 | 8,5  | 9,1  | 9,8  | 10,5 |
| 2,9                      | 1,1 | 1,6 | 2,1 | 2,7 | 3,2 | 3,7 | 4,3 | 4,8 | 5,3 | 5,9 | 6,4 | 6,9  | 7,5  | 8,0  | 8,5  |
| 3,0                      | 0,9 | 1,3 | 1,7 | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,5 | 3,9 | 4,3 | 4,8 | 5,2 | 5,6  | 6,1  | 6,5  | 6,9  |
| 3,1                      | 0,7 | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,1 | 2,5 | 2,8 | 3,2 | 3,5 | 3,9 | 4,2 | 4,6  | 4,9  | 5,3  | 5,6  |
| 3,2                      | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 2,8 | 3,1 | 3,4 | 3,7  | 4,0  | 4,2  | 4,5  |
| 3,3                      | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9  | 3,2  | 3,4  | 3,6  |
| 3,4                      | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 2,1 | 2,0 | 2,2 | 2,4  | 2,5  | 2,7  | 2,9  |
| 3,5                      | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,6 | 1,3 | 1,0  | 1,0  | 2,2  | 2,3  |
| 3,6                      | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5  | 1,6  | 1,7  | 1,9  |
| 3,7                      | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2  | 1,3  | 1,4  | 1,5  |
| 3,8                      | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,2  |
| 3,9                      | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 0,9  |
| 4,0                      | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6  | 0,7  | 0,7  | 0,8  |
| 4,1                      | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5  | 0,5  | 0,6  | 0,6  |
| 4,2                      | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,5  |
| 4,3                      | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3  | 0,3  | 0,4  | 0,4  |
| 4,4                      | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2  | 0,3  | 0,3  | 0,3  |
| 4,5                      | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |

- Para bloquear bacterias (20 mg/l de  $\text{SO}_2$  L a pH 3,5)
- Para bloquear Brettanomyces (30 mg/l de  $\text{SO}_2$  L a pH 3,5)
- Para embotellado de vinos dulces (50 mg/l de  $\text{SO}_2$  L a pH 3,5)
- Para parar la fermentación alcohólica (80 mg/l de  $\text{SO}_2$  L a pH 3,5)

Fonte: Togores, 2018.



#### 4.4. Minerais no vinho

Os elementos minerais presentes nas uvas e nos vinhos são absorvidos do solo pelo sistema radicular da videira e estão, principalmente, localizados nas cascas, sementes e na parede celular da polpa da uva. Um mineral é uma substância sólida de ocorrência natural com uma composição de elementos definida e uma estrutura atômica ordenada. O principal mineral dissolvido no vinho provém de sais do metal potássio (K), com contribuições menores de sais de ferro (Fe), sódio (Na), cobre (Cu), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), manganês (Mn), e zinco (Zn) (WATERHOUSE, 2024).

O potássio representa quase 50% do total das substâncias minerais presentes na uva. É encontrado principalmente nas cascas, por isso sua passagem ao vinho depende da maceração (MOTA et al., 2006). O conteúdo típico de minerais dissolvidos (ou seja, metais) no vinho é de cerca de 1,5–3 g/L, principalmente na forma de potássio. Os metais alcalinos e alcalinos-terrosos (ou seja, Na, K, Mg e Ca), se acumulam durante a maturação da baga, e a uva é a principal fonte desses minerais no vinho acabado (WATERHOUSE, 2024).

Segundo Rizzon e Miele (2002) o teor de minerais varia conforme a região de cultivo, sendo influenciado por fatores como o solo, o clima, a variedade de uva, o porta-enxerto, as adubações e os tratamentos fitossanitários. Além disso, os processos de vinificação também afetam a concentração desses elementos. Isso ocorre por meio da utilização de produtos com composição química específica, práticas enológicas que promovem a extração de compostos da uva ou pelo contato do vinho com materiais e equipamentos durante as fases de elaboração, conservação, estabilização ou engarrafamento. Uma maceração prolongada tende a aumentar o teor de minerais nos vinhos, enquanto a estabilização ajuda a reduzir a concentração de minerais, especialmente potássio e cálcio.

O pH do mosto é influenciado pelo tipo e concentração dos ácidos orgânicos, bem como pela concentração de cátions, com destaque para o potássio (CHAMPAGNOL, 1988). Para Boulton, (1980), o equilíbrio ácido-base do mosto

pode ser simplificado pela interação entre o ácido tartárico e o potássio. E vários fatores podem alterar esse equilíbrio e, conseqüentemente, o pH do vinho, Rizzon et al., (1998) relaciona: a dissolução de minerais e ácidos orgânicos presentes na casca da uva durante a maceração; a formação de ácidos orgânicos durante a fermentação alcoólica; a degradação do ácido málico durante a fermentação malolática; e a precipitação de ácido tartárico na forma de bitartarato de potássio e tartarato neutro de cálcio.

Waterhouse (2024), explica que a precipitação de sais de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  do ácido tartárico também influencia as propriedades de sabor e sensação na boca do vinho ao alterar o pH do vinho e, no caso do bitartarato de potássio, reduzir a acidez titulável. Além disso, defeitos organolépticos podem surgir como resultado indireto dos metais de transição no vinho, aumentando a taxa de oxidação e a formação de componentes voláteis e não voláteis do vinho (por exemplo, etanol, compostos aromáticos, polifenóis e antioxidantes adicionados), resultando em mudanças no aroma e na cor do vinho. Outra possibilidade é que os metais possam afetar a cor do vinho tinto ao complexar com antocianinas (e outros copigmentos) e deslocar os máximos de absorção.

#### **4.5. Métodos e Legislação acerca da Acidez e pH do vinho**

Atualmente se utilizam várias técnicas para correção de acidez e de pH de vinhos e mostos. A acidificação do mosto poderá ser realizada da seguinte forma: pelo corte com mostos de acidez mais elevada; com a ajuda de resinas trocadoras de cátions fortes ou sob forma livre; pelo emprego de substâncias químicas; ou por acidificação microbiológica (ZATTERA, 2011).

Em alguns casos, como relatado por Mpelasoka *et al.* (2003), quando se inicia a elaboração de um mosto com pH alto, este tem de ser corrigido no processo de vinificação, sendo a adição de ácido tartárico a prática mais comum. Togores (2018) deixa claro que o momento mais adequado para acidificar com ácido tartárico é fazer uma primeira adição ao final da fermentação alcoólica com

a quantidade necessária, e depois corrigir definitivamente o vinho antes de sua estabilização tartárica pelo frio, quando testes apropriados devem ser realizados para calcular a quantidade a ser adicionada, considerando que parte dela se insolubilizará na forma de tartaratos. A acidificação tardia antes do engarrafamento do vinho pode levar a um desequilíbrio no mesmo, resultando em possíveis precipitações na garrafa e uma sensação de aspereza na boca (TOGOIRES, 2018).

Segundo Togores (2018), a acidificação direta é realizada exclusivamente com a adição de ácidos orgânicos autorizados, sendo expressamente proibido o uso de ácidos minerais como ácido sulfúrico, ácido clorídrico ou ácido fosfórico, que às vezes são fraudulentamente usados buscando uma correção do pH para níveis mais baixos. Isso acontece porque o pH é difícil de modificar com os ácidos orgânicos autorizados, devido ao significativo "efeito tampão" presente no vinho. A legislação brasileira impõe o limite de correção de acidez em até 54 meq·L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2014), considerando o uso dos aditivos autorizados legalmente. Porém nem sempre esta correção de acidez se faz de forma ideal, pois quando um ácido ou uma base é adicionado, o sistema tampão do vinho minimiza a variação no pH, e os ácidos presentes reagem com ela, limitando a elevação do pH.

A capacidade de tamponamento no vinho, também está relacionado a fatores primários que retardam ou impedem a atividade malolática das bactérias lácticas, segundo Togores (2018) em vinhos com pH elevadas as bactérias lácticas devem fazer um esforço para tamponar o seu pH intracelular logo, quando o pH é baixo, o início da fermentação maloláctica pode ser facilitado.

O vinho possui uma capacidade de tamponamento devido à presença de ácidos fracos e suas respectivas formas conjugadas de íons ácidos e bases que em equilíbrio atuam como um sistema de amortecimento, evitando mudanças bruscas no pH. Por isso, a maior dificuldade encontrada, durante a adição de ácido tartárico, é justamente tentar antecipar qual será a diminuição do pH do mosto ou do vinho, levando a acidificação pretendida de um vinho a requerer o

conhecimento prévio da relação entre as concentrações iniciais de ácido tartárico e potássio (RIBEREAU-GAYON,, *et al.*, 2006).

#### **4.6. Resina de troca iônica**

Uma das técnicas que vem sendo utilizada para redução de pH em vinhos, é utilização de resinas de troca catiônica, que já é uma prática legal para a Organização Mundial da Uva e do Vinho (OIV), definida pelo Codex Enológico segundo a resolução Oeno 43/2000, e atualizado pela resolução Oeno 443/2012. Segundo estas normativas, a diminuição do pH não pode ser superior a 0,3 e o pH obtido não deve ser menor que 3,0, além do que a parcela tratada deve retornar ao seu vinho original (OIV, 2012). As normativas ainda disciplinam que a resina é passível de regeneração em ciclo ácido.

O fenômeno de troca iônica foi descoberto em 1852 por Thompson e Way, químicos ingleses estudando propriedades do solo. A primeira resina sintética de troca iônica foi desenvolvida em 1935 por Adams e Holmes, também ingleses, permitindo a desmineralização da água em escala industrial. Com o tempo, surgiram resinas de gerações posteriores, como as de 2ª geração à base de poliestirenos, utilizadas na deionização parcial da água, porém menos eficientes na filtração de sumos devido à baixa porosidade. As resinas de 3ª e 4ª geração, como as macroporosas e poliacrílicas, mostraram boa estabilidade mecânica e resistência a ácidos, tornando-se avanços significativos na tecnologia de troca iônica (DARDEL E ARDEN, 1989; ABRAMS E MILLAR, 1997; ANDRADE, 2012).

As resinas de troca iônica para mostos e vinhos são materiais sintéticos constituídos por polímeros como o poliestireno, obtidos através de condensação e polimerização do estireno e divinilbenzeno (MIRA *et al.*, 2006). Essas resinas possuem uma matriz porosa tridimensional que suporta os grupos trocadores. Por meio da sulfonação, são obtidos derivados solúveis em água. Para criar a estrutura porosa, é necessário adicionar um agente reticulante, o divinilbenzeno, que forma "pontes" entre as cadeias de poliestireno durante a polimerização. No processo de troca iônica, a resina possui uma estrutura porosa tridimensional

com cargas elétricas na superfície e nos poros, ligadas a íons. Esses íons são móveis e podem ser substituídos por outros íons de mesma carga presentes na solução através de um processo de difusão.

Essas resinas funcionam através da regeneração com um ácido mineral, como o ácido sulfúrico, que fixa íons de hidrogênio ( $H^+$ ), trocados pelos cátions presentes no vinho. Com isso, é possível realizar a acidificação com uma significativa redução do pH, ao mesmo tempo em que se reduz o cálcio e o potássio, estabilizando o vinho contra precipitações tartáricas (TOGORES, 2018).

Vários trabalhos sustentam esta prática como benéfica na elaboração de vinhos. Borges *et al.* (2019) constataram uma redução generalizada de vários cátions e de forma significativa de potássio. Mira *et al.* (2004) compararam vários tipos de resinas, chegando ao resultado de que é possível estabilizar vinhos tintos e brancos utilizando resinas de permutas iônicas. Coria *et al.* (2012) ressaltam a sustentabilidade da utilização de resinas, pontuando-a como sustentável e econômica em relação a outros tratamentos utilizados.

No entanto, há também estudos que, se não desabonam as qualidades da troca iônica, minimamente, não chegam a conclusões contundentes. Ao tratar vinhos base para espumantes, Cisilotto (2017) deixa clara a necessidade de mais estudos brasileiros sobre a utilização de resinas de troca iônica. Rizzon *et al.* (1998) quanto a acidez de uvas tintas de distintas regiões do Rio Grande do Sul (Campanha e Serra Gaúcha), mostram que em vinhos tintos provenientes de Santana do Livramento foi encontrado elevados teores de K e baixos teores de ácido tartárico, logo com maior pH quando comparados a Bento Gonçalves e Pinheiro Machado, deixando claro o que evidenciou Cunha (2014) em vinhos tintos da região da Campanha Gaúcha, ou seja, que se faz necessário mais estudos quanto a essa relação do pH.

## **5. HIPÓTESES/PROPOSIÇÕES/SUGESTÕES DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES**

Hipótese: A redução de pH do vinho por resina de troca iônica é capaz de conferir melhoras a um vinho tinto independente da região de plantio da uva.

Proposição: O pH influencia diretamente na cor, conservação, aromas e paladar de um vinho.

Sugestão de possíveis soluções: Utilização de resina de troca iônica para chegar a um valor adequado de pH para que se tenha um vinho estável.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo Geral**

Aplicar o tratamento de troca iônica na redução de pH de vinhos tintos que apresentem pH alto, buscando um produto estável.

### **6.2. Objetivos Específicos**

- Buscar a redução de pH de vinhos da safra 2022 e 2023 com uvas provenientes de regiões distintas do RS, considerando o volume de vinhos em sua passagem na resina de troca iônica para baixar o pH dos vinhos.
- Avaliar as análises físico-químicas desses vinhos;
- Avaliar sensorialmente os vinhos.

## **7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **7.1 Características climáticas e do solo das regiões do estudo**

O estudo foi realizado nas safras 2022 e 2023, sendo para a Safra 2022 selecionado os vinhos das uvas Pinot Noir de Encruzilhada do Sul-RS

(PN.ES.22), Marselan de Santana do Livramento-RS (ML.SL.22) e Tannat (TN.SL.22) de Santana do Livramento – RS .

Para a região de Encruzilhada do Sul o ano de 2022 foi caracterizado por uma temperatura média anual foi de 17°C, sendo a média de janeiro a março de 22,5°C, e a temperatura mínima no ano foi de 11°C no mês de junho e a temperatura máxima do ano foi 25°C em janeiro; houve uma precipitação de 1.349 mm no ano de 2022, sendo no período de janeiro a março que compreende a maturação da uva, um total de 339mm (INMET, 2022). Segundo Hoff *et al*, 2009 os solos dessa região têm origem em rochas graníticas, apresentando uma textura franco arenosa, boa drenagem e baixos teores de matéria orgânica.

Para a região de Santana do Livramento o ano de 2022 ocorreu uma precipitação anual de 1.315 mm, sendo nos meses de maturação da uva (janeiro, fevereiro e março ) de 350 mm, a temperatura mínima do ano foi de 17,5°C onde a menor registrada foi em junho com 9°C e maior foi de 25,5°C em janeiro, no verão (INMET, 2022). Segundo Medeiros *et al.* (2013) a viticultura que compreende Santana do Livramento, Quaraí e Rosário do Sul ocorre sobre solos arenosos pobres em nutrientes, sendo predominantemente Argissolos Vermelhos Distróficos e Alissolos Crômicos Argilúvicos desenvolvidos sobre arenitos, que apresentam baixos níveis de fertilidade e necessitam correção de acidez.

E para a safra 2023 foram selecionados os seguintes vinhos: Merlot de Quaraí-RS (MT.QA.23), Tannat (TN.SL.23) de Santana do Livramento-RS e Pinot Noir (PN.ES.23) de Encruzilhada do Sul-RS.

Na safra de 2023 em Santana do Livramento – RS que tem uma altitude de 196m, teve uma precipitação anual de 1.419mm, sendo nos meses de maturação da uva (janeiro, fevereiro e março) de 211,8mm, a temperatura média anual foi de 18°C e a média de janeiro a março de 24°C; a temperatura mínimas registrada foi de 15,6°C no mês de junho e a temperatura máxima registrada no ano foi de 25,2°C em janeiro (INMET, 2023).

Para a região de Quaraí- RS, que tem uma altitude de 113.08m, o ano de 2023 teve um total de precipitação de 1507,8mm, sendo que nos meses de janeiro a fevereiro um total de 418,8mm, a temperatura média anual foi de 19,9°C e a média de janeiro a março de 26,4°C; a temperatura mínima registrada foi de 15°C no mês de junho e a temperatura máxima registrada no ano foi de 27,8°C em janeiro (INMET, 2023).

Quando falamos de Encruzilhada do Sul- RS, que está a 427.75 m de altitude, o ano de 2023 foi um ano que teve uma precipitação anual de 2.158,8mm a temperatura média anual foi de 18,3°C e a média de janeiro a março de 23,4°C; a temperatura mínima registrada foi de 12,7°C no mês de julho e a temperatura máxima registrada no ano foi de 24,2°C em janeiro (INMET, 2023).

## **7.2 Aplicação dos vinhos em resina de troca iônica**

Os vinhos foram elaborados em uma vinícola de porte industrial localizada na cidade de Canela (RS) em parceria com os enólogos executantes e com os enólogos assessores da empresa, que seguiram seus protocolos para elaboração de vinhos Gran Reserva da vinícola sendo esses com volume de 5.000l, ou seja, vinhos que estagiam posteriormente em barricas de carvalho. Ao final da fermentação malolática, os vinhos foram separados para aplicação de tratamento de troca iônica, sendo utilizado o protocolo de passagem de 20% na resina em todos os vinhos.

Para a aplicação do tratamento de troca iônica, foi utilizado um equipamento de troca iônica da empresa Luvison que está na vinícola parceira desde 2021 (FIGURA 8). Segundo o fabricante, o seguinte equipamento de troca iônica remove o potássio e libera hidrogênio para a solução, essa reação baixa o pH (potencial de hidrogênio, pH mais baixo). Quando ocorre a saturação da resina pelo acúmulo de potássio, é necessária uma regeneração, esta é realizada com a passagem do reagente ácido (Acid+®) o qual realiza a troca do hidrogênio com o potássio, reativando a resina. E a cada cinco regenerações, se faz necessário



uma lavagem de ação desagregante da matéria orgânica, utilizando uma solução de 6% de detergente com ação higienizante a base Hidróxido de sódio.

Este equipamento é utilizado com 41kg de resina de troca iônica que possui o nome comercial "pH-STAB" da empresa AEB-group, que vai dentro do cilindro, esta tem a capacidade de passar até 1.000l/H, e a cada 1.000l passados, ocorre a regeneração da resina.

Figura 8 - Equipamento de troca iônica da empresa Luvison.



Foto: autor, 2022.

Quando selecionados os vinhos para o experimento, estes foram primeiramente separadas as amostras padrões, ou seja aquelas que não passaram por tratamento na resina, foram colocadas em garrafas de vidro de 750ml e identificadas. Posteriormente esses vinhos foram submetidos a tratamento de 20% do volume (1.000l de vinho) e pós passagem é restituindo ao volume final (5.000l de vinho) e remontados por cerca de 40 minutos para homogeneização do vinho, para então ocorrer a retirada das amostras tratadas, e colocadas em garrafas de vidro de 750ml e identificadas.

Vale ressaltar que os parâmetros do tratamento foram aplicados nos vinhos determinados pela vinícola como Gran Reserva que posteriormente iriam para barricas de carvalho. No qual o trabalho foi aplicado em situação da realidade de uma vinícola de médio porte. E que todos os tratamentos foram comparados a seu respectivo controle.

### **7.3 Análises físico – químicas**

As análises físico-químicas de anidrido sulfuroso livre ( $\text{SO}_2$  Livre), Acidez Volátil, Acidez Total, pH,  $\lambda$  420nm,  $\lambda$  520nm,  $\lambda$  620nm e Índice de Polifenóis Totais foram realizadas no laboratório da empresa parceira Enovitis, enquanto as análises de cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn), potássio (K) e sódio (Na) no Laboratório de Enologia do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Bento Gonçalves.

As amostras foram separadas em garrafas de vidro de 750ml, colocadas rolhas de cortiça e identificadas por códigos que apenas a autora havia acesso, e enviadas para os laboratórios.

Para a análise de  $\text{SO}_2$  Livre foi aplicado o Método por aspiração, descrito por Rankine (1989), que baseia-se na eliminação do dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) de uma amostra de vinho por aspiração através de uma coluna de condensação em uma solução de peróxido de hidrogênio para oxidar o  $\text{SO}_2$  em ácido sulfúrico sendo titulado com uma solução padrão de Hidróxido de Sódio.

Para análise de Acidez Volátil, foi realizada por titulometria aplicando o método descrito por Rizzon (2010), tendo como princípio para esta a análise a descrição de que a acidez volátil corresponde à soma dos ácidos graxos da série acética presentes no vinho no estado livre ou salificado. A separação dos ácidos voláteis acontece por meio do arraste do vapor da água e retificação dos vapores. Para quantificação, adiciona-se solução padronizada de Hidróxido de Sódio ao destilado até a sua neutralização (pH de aproximadamente 7).

A determinação da Acidez Total, fundamenta-se na reação de neutralização dos ácidos com solução padronizada de Hidróxido de Sódio (pH de aproximadamente 7), seguindo o método do MAPA no Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres, descrito no Método 05 (2005).

Para análise de pH foi realizado com medição direta em pH-metro, sendo este previamente calibrado com solução tampão de pH 4 e pH7. Seguindo o método do MAPA no Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres, descrito no Método 04 (2005).

O Índice de Polifenóis Totais (espectrofotometria) tem como princípio que os polifenóis totais correspondem ao conjunto de todos os compostos fenólicos do vinho. O princípio utilizado para a determinação do conjunto dos compostos fenólicos do vinho baseia-se no fato de que os vinhos tintos absorvem consideravelmente radiação ultravioleta (UV) com um mínimo de 280 - 282 nm, essencialmente à absorção dos núcleos benzênicos, característicos dos compostos fenólicos. Sendo aplicado o método de Espectrofotometria descrito por Rizzon (2010).

Para as análises de cor (absorbâncias 420, 520 e 620; Intensidade de cor), aplicando a técnica de Espectrofotometria designada por Rizzon (2010), no qual as características cromáticas de um vinho são designadas de cromaticidade e luminosidade. A luminosidade depende da transmitância e varia inversamente com a intensidade da cor do vinho. A cromaticidade depende do comprimento de onda dominante e pureza. Convencionalmente, e por conveniência, as características cromáticas de vinhos tintos e rosés são descritos pela intensidade

de cor e tonalidade. E para a intensidade da cor que é dada pela soma das absorbâncias usando um percurso óptico de 1 mm e radiações de comprimentos de onda 420, 520 e 620 nm e a tonalidade é expressa como a razão de absorbância em 420 nm para absorbância em 520 nm.

Os metais foram quantificados por métodos preconizados por Rizzon (2010), expressos em mg•L<sup>-1</sup>. Os metais alcalinos terrosos analisados, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), assim como os íons metálicos de transição, cobre (Cu) e zinco (Zn), foram determinados por espectrometria de absorção atômica. A determinação dos teores dos metais alcalinos analisados, potássio (K) e sódio (Na), foi por espectrometria de emissão de chama descritas por Rizzon (2010)

#### **7.4 Análise sensorial**

A análise sensorial utilizou a técnica de Análise Descritiva Qualitativa (ADQ), segundo o método de Stone *et al.* (1974) A ADQ objetiva identificar e quantificar os atributos sensoriais em um produto, com a participação de avaliadores e a aplicação de análise estatística para o levantamento e descrição detalhada dos resultados (STONE e SIDEL, 2004). Para isto a ficha (Apêndice I) utilizada visa avaliar as diferentes características dos vinhos quanto a análises visual, olfativa e gustativa. O painel de avaliação foi formado por 12 provadores especialistas da área (Figura 9) com habilidade para quantificar descritores aromáticos, visuais e gustativos em vinhos tintos, todos maiores de 18 anos. As amostras foram codificadas e apresentadas às cegas aos degustadores (Figura 10). A análise sensorial foi realizada na Vinícola Jolimont em Canela, RS no dia 05 de abril de 2024.

Figura 9 - Painel de degustadores da análise sensorial.



Fonte: Acervo da autora.

Figura 10 - Amostras codificadas para a degustação.



Fonte: Acervo da autora.

A pesquisa envolvendo seres humanos em prova sensorial foi submetida e aprovada pelo, Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFRS no dia 01 de abril de 2024 estando registrado com o número do Certificado de Apresentação de

Apreciação Ética (CAAE): 78273824.9.0000.8024, seguindo todas as diretrizes e documentações do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice II) e o termo de Autorização de Imagem (Apêndice III) e só ocorreu a análise sensorial após aprovação.

Para as estatísticas das análises físico químicas e sensorial, foi aplicado o Teste T de Student com nível de confiança de 5 % e homoscedasticidade constatada pelo teste de Bartlett, utilizando o programa de Statistica<sup>®</sup> versão 14.0, StatSoft Inc., EUA.

Foi utilizado este teste pois O Teste t de Student é uma técnica estatística usada para determinar se existe uma diferença significativa entre as médias de duas amostras independentes. O nível de confiança de 5% é uma medida que indica a probabilidade de que os resultados do teste sejam considerados estatisticamente significativos. A homoscedasticidade refere-se à igualdade das variâncias entre os grupos comparados, quando há homoscedasticidade, as variâncias das diferentes amostras são iguais. O teste de Bartlett é uma ferramenta estatística utilizada para verificar se as variâncias entre os grupos são estatisticamente iguais. Se o teste de Bartlett mostra homoscedasticidade, isso significa que as variâncias são consideradas iguais e a pressuposição do teste t de Student é atendida, o que permite sua aplicação com segurança.

## **8. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **8.1. Análises físico-químicas**

#### **8.1.1 Experimentos da Safra 2022**

Na safra 2022 podemos analisar os vinhos quanto aos seus parâmetros físico-químicos, com o auxílio da Tabela 1. Quanto a análise estatística todos os vinhos obtiveram diferenças significativas no antes e depois da aplicação da resina nos parâmetros acidez total, pH e SO<sub>2</sub> Livre, sendo este resultado também encontrado nos parâmetros de acidez total e pH por Wegmann-Herr e Nickolaus (2023) quando aplicam permutadores de troca catiônica para redução de pH.

Ainda quanto a estes parâmetros, no pH pode-se verificar que o mesmo baixou após passar 20% do volume do vinho na resina: no Marselan (ML.SL.22) o pH baixou 0,16, e conseqüentemente sua acidez total aumentou 4,67mEq/L, no Tannat (TN.SL.22) o pH baixou 0,17 e aumentou em 5,33mEq/L a sua acidez total, enquanto no Pinot Noir (PN.ES.22) teve uma redução de 0,15 de seu pH e um aumento de 4,34mEq/L na acidez total. Ocorrendo uma diminuição na concentração de potássio dos vinhos o que condiz com a função da resina, já que esta remove o potássio e libera hidrogênio, onde os prótons ( $H^+$ ) substituem os íons de potássio no vinho assim como explicam Payan *et al.* (2023).

Tabela 1 - Estatística das análises físico-químicas do vinho da safra 2022.

| Estatísticas das Análises físico-químicas dos vinhos da Safra 2022 |                                 |                 |                                    |                                   |                |                    |                     |                     |                               |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|
|                                                                    | <i>Acidez total<br/>(mEq/L)</i> | <i>pH</i>       | <i>SO<sub>2</sub> livre (mg/L)</i> | <i>Acidez volátil<br/>(mEq/L)</i> | <i>IPT</i>     | <i>Cor (420nm)</i> | <i>Cor (520 nm)</i> | <i>Cor (620 nm)</i> | <i>Intensidade<br/>de cor</i> |
| <b>PN.ES.22<br/>(Antes Resina)</b>                                 | 69,66 ± 2,08                    | 3,86 ± 0,02     | 24,6 ± 4,132                       | 9,433 ± 0,152                     | 50,2 ± 1,609   | 0,262 ± 0,01       | 0,260 ± 0,02        | 0,066 ± 0,01        | 0,589 ± 0,04                  |
| <b>PN.ES.22<br/>(Depois da Resina)</b>                             | 74 ± 1                          | 3,713 ± 0,04    | 31,33 ± 0,763                      | 8,733 ± 0,305                     | 51,01 ± 2,298  | 0,2806 ± 0,01      | 0,290 ± 0,007       | 0,07 ± 0,005        | 0,646 ± 0,02                  |
| <b>Valor de p</b>                                                  | <b>0,036*</b>                   | <b>0,04*</b>    | <b>0,05*</b>                       | <b>0,02*</b>                      | <b>0,64</b>    | <b>0,222</b>       | <b>0,08</b>         | <b>0,216</b>        | <b>0,11</b>                   |
| <b>ML.SL.22<br/>(Antes Resina)</b>                                 | 69,33 ± 1,154                   | 4,03 ± 0,02     | 28,2 ± 2,424                       | 10,13 ± 0,416                     | 68,866 ± 0,98  | 0,473 ± 0,02       | 0,674 ± 0,03        | 0,185 ± 0,006       | 1,33 ± 0,05                   |
| <b>ML.SL.22<br/>(Depois Resina)</b>                                | 74 ± 1,73                       | 3,87 ± 0,02     | 35,4 ± 0,529                       | 10,53 ± 0,23                      | 63,06 ± 4,562  | 0,498 ± 0,009      | 0,716 ± 0,02        | 0,180 ± 0,005       | 1,39 ± 0,01                   |
| <b>Valor de p</b>                                                  | <b>0,01*</b>                    | <b>0,001***</b> | <b>0,007**</b>                     | <b>0,21</b>                       | <b>0,09</b>    | <b>0,13</b>        | <b>0,157</b>        | <b>0,345</b>        | <b>0,16</b>                   |
| <b>TN.SL.22<br/>(Antes Resina)</b>                                 | 68 ± 1                          | 4,07 ± 0,10     | 30,03 ± 0,305                      | 9 ± 1                             | 104,66 ± 0,703 | 0,579 ± 0,001      | 1,068 ± 0,002       | 0,238 ± 0,001       | 1,885 ± 0,01                  |
| <b>TN.SL.22<br/>(Depois Resina)</b>                                | 73,33 ± 0,577                   | 3,9 ± 0,02      | 32,43 ± 1,386                      | 9,5 ± 0,1                         | 107,30 ± 0,5   | 0,605 ± 0,009      | 1,149 ± 0,002       | 0,250 ± 0,009       | 2,004 ± 0,009                 |
| <b>Valor de p</b>                                                  | <b>0,001***</b>                 | <b>0,04*</b>    | <b>0,04*</b>                       | <b>0,437</b>                      | <b>0,006**</b> | <b>0,009*</b>      | <b>0,0001***</b>    | <b>0,106</b>        | <b>0,0002***</b>              |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%.

(\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%.

(\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1%

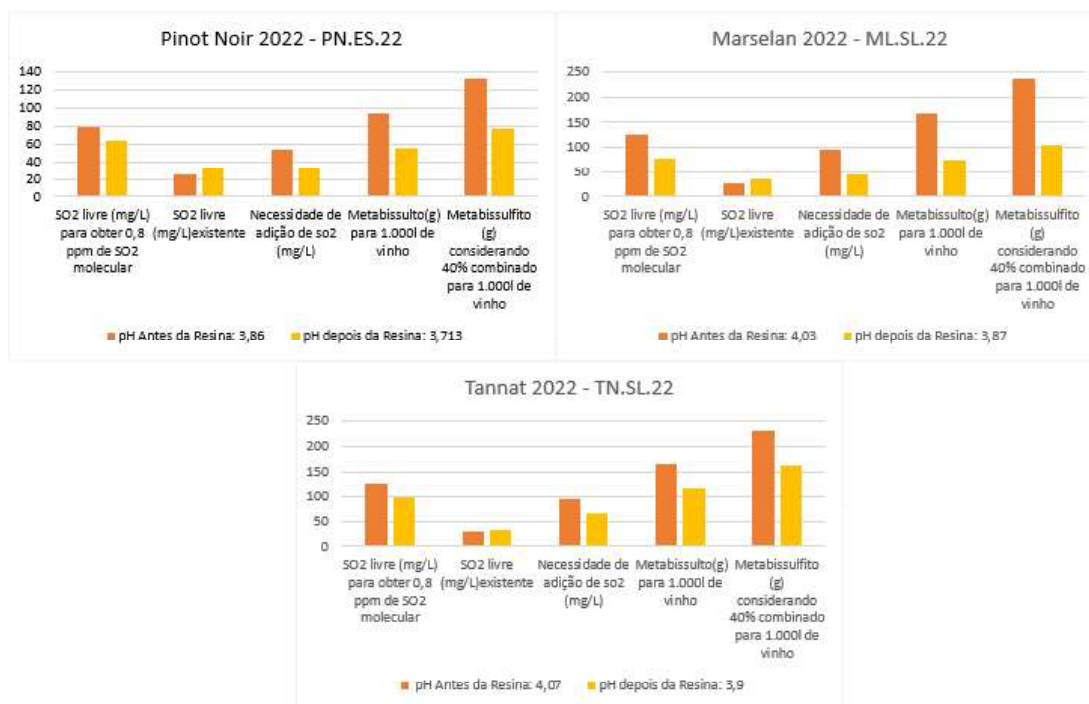
IPT : Índice de Polifenóis Totais.



Ainda no estudo de Payan *et al.* (2023), a explicação sobre o pH é voltado para seu impacto na eficiência do dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), que se explica que no vinho este é encontrado sob duas formas:  $\text{SO}_2$  livre e  $\text{SO}_2$  combinado e o  $\text{SO}_2$  livre existe em três formas:  $\text{SO}_2$  molecular, bissulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ) e sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) no qual a proporção destas três formas depende do pH do vinho e desses o  $\text{SO}_2$  molecular compreende 0,5 a 6% do  $\text{SO}_2$  livre total e está ligado principalmente com o efeito antisséptico. E Giovannini e Manfroï, (2013), afirmam que em um vinho com pH mais elevado este tende a obter uma menor atividade antibacteriana do  $\text{SO}_2$ , necessitados maiores doses de conservantes para proteger os vinhos da deterioração precoce e das alterações organolépticas em especial para os vinhos destinados a guarda.

Podemos notar quanto ao  $\text{SO}_2$  livre dos vinhos da safra 2022 um aumento nos vinhos que baixaram o pH, o que condiz com o trabalho de Ribéreau-Gayon *et al.* (2006) que explicam que a percentagem de dióxido de enxofre livre na forma molecular depende do pH. Logo se utilizarmos de um cálculo simples, indicado por Moroney *et al.* (2022) para correção de metabissulfito de potássio baseado no  $\text{SO}_2$  molecular suficiente para preservar a qualidade do vinho, podemos observar pela Figura 11, o quanto a necessidade de metabissulfito diminui consideravelmente sendo ideal para proteção antimicrobiana e antioxidante e utilizando da manutenção de 0,8 ppm de  $\text{SO}_2$  molecular.

Figura 11 - Representação gráfica de correções de Metabissulfito dos vinhos da safra 2022 seguindo os cálculos propostos por Moroney *et al.* (2022).



Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto a acidez volátil dos vinhos da safra 2022, podem-se observar que apenas o Pinot Noir (PN.ES.22) obteve uma diferença estatística, porem todos ficaram dentro do limite da legislação brasileiro (BRASIL, 1988) para padrões de identidade e qualidade (20 meq L<sup>-1</sup> máximo), indicando que os vinhos encontram se em um estado sanitário favorável. Biasoto (2008) explica em seu trabalho que as altas concentrações de acidez volátil em vinhos não são desejáveis, pois estão relacionadas principalmente à presença do ácido acético e podem denotar uma possível contaminação por bactérias do gênero *Acetobacter*, esta que desenvolve especialmente em pH acima de 4 (LEPE e LEAL, 2004).

Quando observa-se os parâmetros de cor dos vinhos da safra 2022, apenas o vinho TN.SL.22 (Tannat) apresentou diferenças estáticas, exceto no parâmetro A 620 nm. Enquanto que os vinhos da variedades Marselan (ML.SL.22) e Pinot Noir (PN.ES.22), foram as que apresentaram vinhos com maior estabilidade dos atributos de cor, não registrando qualquer diferença significativa.

O que podemos notar também foi um aumento após a passagem do vinho na resina na tonalidade da absorbância 420nm que está relacionado a cor vermelho, que segundo Glories (1984) pode estar relacionado com a polimerização dos taninos e a combinação dos mesmos com as antocianinas, Mazza e Miniatti (1993) nos explicam que no vinho, as antocianinas coexistem sob quatro formas químicas diferentes: catiônica, quinônica, base carbinol e chalcona. E Essas formas são dependentes do pH. Onde a pH 3,2, ou a forma catiônica representa cerca de 15% do total das antocianinas do vinho, e quando mais próximo ao pH 4,0 esse percentual diminui para menos de 10%. Ou seja, quando baixamos o pH dos vinhos a tonalidade vermelha dos mesmo ficou mais presente. O Mesmo aumento também foi possível de avaliar no Índice de polifenóis totais (IPT) de todos os vinhos que passaram na resina.

De acordo com Glories (1984), a intensidade da cor dos vinhos é determinada pela soma das densidades ópticas 420 nm, 520 nm e 620 nm, que refletem a quantidade de taninos e sua polimerização, além da interação destes com as antocianinas. A análise também sugere uma correlação entre maior quantidade de antocianinas e a tendência dos vinhos para tonalidades vermelhas, assim como uma inclinação para tonalidades violeta-azul. O que foi verificado nos vinhos da safra 2022.

### 8.1.2 Experimentos da Safra 2023

Os vinhos da Safra 2023 conforme a Tabela 2, pode-se verificar que apenas no parâmetro cor (620) do vinho MT.QA.23, não se obteve diferença significativas, os demais todos obtiveram diferenças significativas.

Na relação acidez total e pH, os resultados foram como os esperados, ou seja, baixa o pH e aumenta a acidez total dos vinhos, mostrando que a resina foi capaz de trocar o hidrogênio com o íon potássio do vinho, assim como também foi relatado no trabalho de Cruz (2014). Para a safra 2023, quando passaram os 20% dos vinhos nas resinas obteve-se no PN.ES.23 que quando o pH baixou 0,05 sua acidez total aumentou 3mEq/L; o Merlot (MT.QA.23), quando o pH baixou 0,1 a acidez aumentou em 6mEq/L; e para o TN.SL.23 (Tannat) quando seu pH baixou 0,6 sua acidez aumentou 3mEq/L.

A acidez volátil, um composto indesejável, e o desejável é que esteja sempre em baixas concentrações no vinho, este é causado especialmente pelas Espécies de Acetobacter que se responsabilizam pela deterioração denominada pique acético, essas bactérias que são as que transformam o etanol em ácido acético, ou seja, diminuem a graduação alcoólica e elevam a acidez volátil (SILVA, 2021).

Tabela 2 - Estatística das análises físico-químicas do vinho da safra 2023.

| Estatísticas das Análises físico-químicas dos vinhos da Safra 2023 |                                 |                  |                                        |                                   |                  |                    |                     |                     |                               |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|
|                                                                    | <i>Acidez total<br/>(mEq/L)</i> | <i>pH</i>        | <i>SO<sub>2</sub> livre<br/>(mg/L)</i> | <i>Acidez volátil<br/>(mEq/L)</i> | <i>IPT</i>       | <i>Cor (420nm)</i> | <i>Cor (520 nm)</i> | <i>Cor (620 nm)</i> | <i>Intensidade<br/>de cor</i> |
| <b>PN.ES.23<br/>(Antes Resina)</b>                                 | 88 ± 1                          | 3,39 ± 0,01      | 17,63 ± 0,15                           | 7,23 ± 0,05                       | 72,33 ± 0,15     | 0,337 ± 0,001      | 0,472 ± 0,001       | 0,091 ± 0,001       | 0,9 ± 0,001                   |
| <b>PN.ES.23<br/>(Depois da Resina)</b>                             | 91 ± 1                          | 3,34 ± 0,01      | 19,2 ± 0,1                             | 5,7 ± 0,1                         | 67,8 ± 0,1       | 0,317 ± 0,001      | 0,454 ± 0,001       | 0,086 ± 0,001       | 0,857 ± 0,001                 |
| <b>Valor de p</b>                                                  | <b>0,02*</b>                    | <b>0,003**</b>   | <b>0,0001***</b>                       | <b>0,0002***</b>                  | <b>0,0002***</b> | <b>0,0001***</b>   | <b>0,0002***</b>    | <b>0,003**</b>      | <b>0,0007***</b>              |
| <b>MT.QA.23<br/>(Antes Resina)</b>                                 | 80 ± 1                          | 3,57 ± 0,01      | 23,5 ± 0,5                             | 9,8 ± 0,2                         | 65,63 ± 0,208    | 0,412 ± 0,002      | 0,674 ± 0,004       | 0,146 ± 0,002       | 1,236 ± 0,008                 |
| <b>MT.QA.23<br/>(Depois Resina)</b>                                | 86 ± 1                          | 3,47 ± 0,01      | 29,8 ± 0,2                             | 8,1 ± 0,1                         | 61,9 ± 0,1       | 0,428 ± 0,001      | 0,764 ± 0,01        | 0,146 ± 0,001       | 1,339 ± 0,01                  |
| <b>Valor de p</b>                                                  | <b>0,001***</b>                 | <b>0,0002***</b> | <b>0,0003***</b>                       | <b>0,0001***</b>                  | <b>0,0001***</b> | <b>0,0007***</b>   | <b>0,0003***</b>    | <b>0,829</b>        | <b>0,0005***</b>              |
| <b>TN.SL.23<br/>(Antes Resina)</b>                                 | 75 ± 0,01                       | 3,87 ± 0,01      | 23,93 ± 0,90                           | 14,4 ± 0,001                      | 88,8 ± 0,01      | 0,598 ± 0,01       | 0,992 ± 0,001       | 0,257 ± 0,001       | 1,847 ± 0,001                 |
| <b>TN.SL.23<br/>(Depois Resina)</b>                                | 78 ± 1                          | 3,81 ± 0,01      | 28 ± 0,1                               | 13,8 ± 0,1                        | 89,233 ± 0,15    | 0,618 ± 0,001      | 1,531 ± 0,003       | 0,264 ± 0,001       | 2,413 ± 0,004                 |
| <b>Valor de p</b>                                                  | <b>0,006**</b>                  | <b>0,001***</b>  | <b>0,001**</b>                         | <b>0,0004***</b>                  | <b>0,007**</b>   | <b>0,0004***</b>   | <b>0,001**</b>      | <b>0,0002***</b>    | <b>0,0001***</b>              |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%.

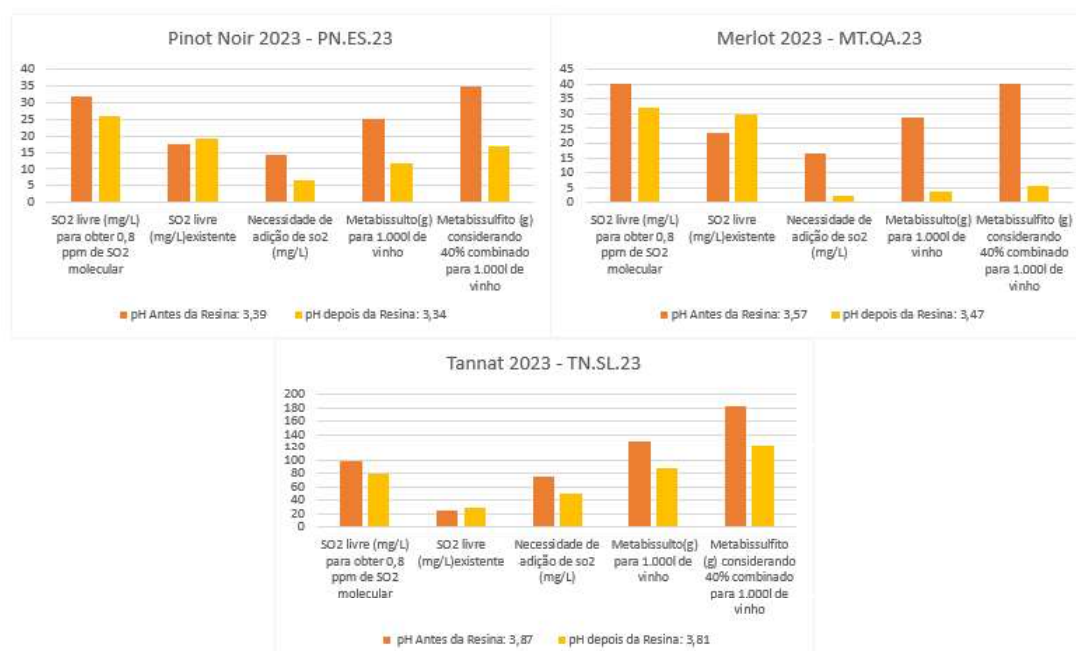
(\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%.

(\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1%

IPT : Índice de Polifenóis Totais.

Ao avaliar o SO<sub>2</sub> livre dos vinhos na safra 2023, também pode-se verificar que houve em todos os vinhos um aumento estatisticamente significativo. E aplicando também o cálculo indicado por Moroney et al. (2022) para correção de proteção do vinho baseado na utilização do SO<sub>2</sub> molecular suficiente e utilizando o metabissulfito de potássio temos conforme a Figura 12 que assim como esperado a necessidade de metabissulfito diminui consideravelmente. Lepe e Leal (2004) explicam que a fração de sulfito livre, quando ao pH do vinho diminui, ou seja, se torna mais ácido, o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) tende a permanecer mais na forma molecular (SO<sub>2</sub> livre) em vez de estar na forma de íons, como bisulfito (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e sulfito (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). Portanto, em condições de pH mais baixo, a quantidade de SO<sub>2</sub> livre tende a aumentar. Sendo este importante pois o SO<sub>2</sub> livre fica mais eficaz como antioxidante e antimicrobiano no vinho. E quando se faz uma redução de correção de sulfuroso do vinho isso ajuda que não ocorra um odor excessivamente sulfuroso durante a degustação.

Figura 12 - Representação gráfica de correções de Metabissulfito dos vinhos da safra 2023 seguindo os cálculos propostos por Moroney et al. (2022).



Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto a cor dos vinhos de 2023, foi observado matizes distintas conforme a variedade. Tendo em vista que as medidas dos comprimento de onda 420nm, 520 nm e 620 nm, são correspondentes as cores vermelho, amarelo e azul e a Intensidade de cor é a soma dos mesmos e o índice de polifenóis totais (IPT) é uma medida que quantifica a quantidade total de polifenóis presentes em um vinho. Vale ressaltar que além dos constituintes fenólicos dos vinhos, a cor se deve também a diversos parâmetros físico-químicos, como o pH (GLORIES, 1984) assim, podemos então avaliar cada vinho.

O Pinot Noir (PN.ES.23) da safra 2023, após a passagem na resina obteve uma baixa na tonalidade vermelha (420nm), um aumento na tonalidade amarela (520nm), uma baixa na tonalidade azul (620nm) e consequentemente também baixou sua Intensidade de cor e IPT. Essas matizes também foram similares ao descrito no estudo de Miele *et al.* (2010). Para o vinho Merlot (MT.QA.23) este apresentou após a resina um vinho com menor índice de IPT, um aumento nas absorbância 420nm (vermelho) e 520nm (amarelo), e se manteve na absorbância da cor azul (620nm). Ficando similar ao estudo de Cruz (2014). Quanto ao Tannat (TN.SL.23), ocorreu um aumento de todos os parâmetros de cor: IPT, 420nm, 520nm, 620nm e consequentemente na Intensidade de Cor. Logo podemos constatar que o pH do vinho atuou contribuindo para esta variedade na polimerização dos taninos e a combinação dos mesmos com as antocianinas ao aumentar a absorbância 420nm e ao mesmo tempo não degradando as antocianinas (GLORIES, 1984).

## 8.2. Análise de minerais

### 8.2.1 Experimentos da Safra 2022

Os principais constituintes de sais do vinho são os ânions minerais, sulfato, fosfato, cloreto e sulfito, e, os orgânicos, tartarato, malato e lactato, além de alguns cátions como o  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  e  $Cu^{2+}$  (VOGT, 1986).

Na safra 2022 podemos observar que em todos os minerais houve uma diminuição em todos os vinhos após a passagem na resina. Estatisticamente como podemos observar na Tabela 3 o ML.SL.22 obteve diferenças significativas quanto ao Ca e ao K; enquanto que o TN.SL.22 obteve diferenças estatísticas no Mg, Cu, Zn, Ca e Na.

Com essa diminuição de minerais em especial o potássio (K) podemos avaliar que o vinho terá uma melhor estabilidade, justamente porque o potássio é o cátion mais importante do vinho, onde a sua concentração é fundamental para determinar a estabilidade em relação ao bitartarato de potássio (RIZZON, 2010). A quantidade de  $K^+$ , por sua vez, interfere no valor do pH do vinho, sendo no vinho tinto mais elevado devido ao maior tempo de contato com a casca (RIZZON; MIELE, 2002). Assim como o cobre (Cu) e o zinco (Zn) também auxilia na estabilidade e sua quantidade excessiva pode provocar escurecimento e precipitações no vinho, por isso é importante uma concentração menor deste no vinho (TASEV *et al.*, 2006)

A concentração de Mg no vinho contribui para a caracterização da tipicidade, participa da estabilidade, dos aspectos organolépticos e até mesmo de determinadas alterações (CRESWELL; ESCHENBRUCH, 1981), sendo o teor de magnésio normalmente encontrado no vinho variando entre 50 mg L<sup>-1</sup> e 90 mg L (RIZZON, 2010), estando todos dentro de valor e em alguns casos mais baixos que isso.

Quanto ao sódio (Na) este relacionado ao solo e ao processo de vinificação temos todos bem abaixo do esperado pela legislação que é de 200 mg.L<sup>-1</sup> (expresso em cloreto de sódio). A concentração de Ca dos vinhos é limitada pelo



pH e grau alcoólico, ajudando na solubilização que no caso do tartarato de cálcio diminui com o aumento do grau alcoólico e com a alteração de pH (HASHIZUME, 1970; RIZZON, 2010).

Tabela 3 - Estatística das análises de minerais do vinho da safra 2022.

| Estatísticas das Análises de minerais dos vinhos da Safra 2022 |                    |                 |                    |                   |                  |                    |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|
|                                                                | Mg                 | Cu              | Zn                 | Ca                | Na               | K                  |
| <b>PN.ES.22 (Antes Resina)</b>                                 | 35,52 ± 8,59       | 0,77 ± 0,09     | 0,39 ± 0,07        | 39,615 ± 7,09     | 13,35 ± 1,15     | 745 ± 15           |
| <b>PN.ES.22 (Depois da Resina)</b>                             | 17,37 ± 4,9        | 0,525 ± 0,04    | 0,245 ± 0,04       | 34,74 ± 14,21     | 11,5 ± 0,9       | 720 ± 5            |
| <b>valor de p</b>                                              | <b>0,078852</b>    | <b>0,088678</b> | <b>0,08882</b>     | <b>0,706215</b>   | <b>0,093248</b>  | <b>0,05198</b>     |
| <b>ML.SL.22 (Antes Resina)</b>                                 | 59,88 ± 39,8       | 0,603 ± 0,21    | 0,73 ± 0,24        | 84,93 ± 13,74     | 16,05 ± 3,25     | 1005 ± 15          |
| <b>ML.SL.22 (Depois Resina)</b>                                | 18,44 ± 15,1       | 0,53 ± 0,11     | 0,55 ± 0,37        | 48,49 ± 10,715    | 14,35 ± 1,55     | 900 ± 25           |
| <b>valor de p</b>                                              | <b>0,167362</b>    | <b>0,626765</b> | <b>0,51862</b>     | <b>0,022324**</b> | <b>0,459409</b>  | <b>0,003365***</b> |
| <b>TN.SL.22 (Antes Resina)</b>                                 | 28,2 ± 1,8         | 0,31 ± 0,05     | 0,54 ± 0,02        | 76,42 ± 10,7      | 13,8 ± 0,9       | 1097 ± 52          |
| <b>TN.SL.22 (Depois Resina)</b>                                | 16,53 ± 0,32       | 0,25 ± 0,06     | 0,38 ± 0,005       | 24,83 ± 0,78      | 13,3 ± 0,8       | 1075 ± 65          |
| <b>valor de p</b>                                              | <b>0,000384***</b> | <b>0,45741*</b> | <b>0,000427***</b> | <b>0,002842**</b> | <b>0,511797*</b> | <b>0,667458</b>    |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%.

(\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%.

(\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1%.

### 8.2.2 Experimentos da Safra 2023

Para a safra 2023 pode-se avaliar pela com a Tabela 4, que novamente em todos os minerais houve uma diminuição após os vinhos serem tratados com a resina, ocorrendo em vários parâmetros diferenças estatísticas.

O teor de Magnésio ficou bem abaixo do esperado, que seria ao redor de 50 mg L<sup>-1</sup> e 90 mg L, segundo Rizzon (2010), e sendo notável em todos os vinhos uma baixa bem considerável após o tratamento, sendo que o pH, o tempo e a temperatura de conservação também exercem uma influência no teor de magnésio dos vinhos.

Nos minerais que podem interferir na estabilidade do vinho (Cu, Zn e K), o cobre participa dos processos de turvação e oxidação dos vinhos, e quando está em concentrações maiores que 0,7 mg.L-1, poderá provocar a casse cúprica, principalmente durante a conservação do vinho, e no MT.QA.23 pode-se observar que a resina ajudou a evitar tal problema. No potássio nota-se uma diminuição benéfica, sendo que este ao se combinar com o ácido tartárico pode formar o bitartarato de potássio, em especial na estocagem do vinho, o qual pode impactar negativamente na cor, sabor e estabilidade microbiológica do vinho (RIZZON, MIELE e ZANUS, 1998; RIBEREAU-GAYON, *et al.*, 2006; RIZZON, 2010).

Tabela 4 - Estatística das análises de minerais do vinho da safra 2023.

| Estatísticas das Análises de minerais dos vinhos da Safra 2023 |                    |                  |                  |                    |                   |                 |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
|                                                                | Mg                 | Cu               | Zn               | Ca                 | Na                | K               |
| <b>PN.ES.23 (Antes Resina)</b>                                 | 15,03 ± 2,34       | 1 ± 0,5          | 0,53 ± 0,015     | 30,87 ± 8,59       | 9,75 ± 0,25       | 752 ± 137       |
| <b>PN.ES.23 (Depois da Resina)</b>                             | 9,86 ± 4,95        | 0,02 ± 0,17      | 0,395 ± 0,07     | 18,755 ± 6,75      | 9,45 ± 0,25       | 682 ± 109       |
| <b>valor de p</b>                                              | <b>0,314425</b>    | <b>0,021786*</b> | <b>0,044729*</b> | <b>0,257303</b>    | <b>0,215585</b>   | <b>0,630683</b> |
| <b>MT.QA.23 (Antes Resina)</b>                                 | 43,06 ± 2,9        | 0,78 ± 0,08      | 0,74 ± 0,09      | 46,59 ± 3,61       | 8,7 ± 0,5         | 575 ± 75        |
| <b>MT.QA.23 (Depois Resina)</b>                                | 4,61 ± 0,71        | 0,65 ± 0,02      | 0,525 ± 0,06     | 5,22 ± 0,1         | 8,2 ± 0,2         | 517 ± 52        |
| <b>valor de p</b>                                              | <b>0,000025***</b> | <b>0,063495</b>  | <b>0,064225</b>  | <b>0,000038***</b> | <b>0,183079</b>   | <b>0,339057</b> |
| <b>TN.SL.23 (Antes Resina)</b>                                 | 30,06 ± 3,09       | 0,68 ± 0,11      | 0,89 ± 0,06      | 72,19 ± 12,77      | 9,4 ± 0,2         | 740 ± 10        |
| <b>TN.SL.23 (Depois Resina)</b>                                | 7,105 ± 0,77       | 0,14 ± 0,02      | 0,53 ± 0,16      | 38,56 ± 2,82       | 8 ± 0,4           | 726 ± 23        |
| <b>valor de p</b>                                              | <b>0,009528**</b>  | <b>0,022534*</b> | <b>0,104345</b>  | <b>0,011215*</b>   | <b>0,005609**</b> | <b>0,418972</b> |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%.

(\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%.

(\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1%

### 8.3. Análise sensorial

#### 8.3.1 Experimentos da Safra 2022

Para a safra 2022 podemos observar pelo Apêndice IV que os vinhos não obtiveram diferenças significativas na estatística quanto à análise sensorial.

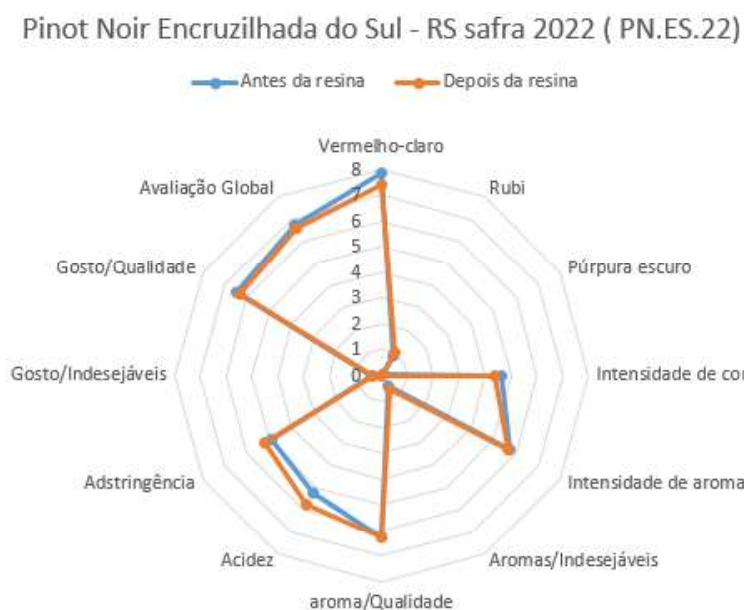
Quanto ao vinho Pinot Noir da safra 2022 (PN.ES.22) (Figura 13) vemos que os avaliadores deram uma boa intensidade de cor tendendo sua cor para o vermelho-claro, o que condiz com a característica da uva, como Valentin *et al.* (2016) explana o vinho de Pinot Noir tem uma cor mais clara em comparação com outros vinhos devido às menores concentrações de fenóis (taninos e antocianinas) nos bagos da uva.

Outro ponto avaliado se refere à questão aromática, que não apresentou aromas indesejáveis em ambas variáveis, isso se torna importante, como afirma Saenz-Navajas *et al.* (2015), visto que o aroma é importante para compreender a percepção do consumidor sobre a qualidade intrínseca do vinho tinto. Principalmente quando não existe aromas indesejáveis no limiar de reconhecimento.

Na questão da acidez, a percepção foi pouca para os degustadores, o que nos mostra um equilíbrio a percepção da qualidade tátil no gosto, essa percepção da acidez em análise sensorial é esperada quando se tem um aumento pequeno na acidez total do vinho como também foi visto no trabalho de Wegmann-Herr e Nickolaus (2023).

No geral a amostra antes e depois da resina de Pinot Noir na safra 2022 sofreram poucas alterações perceptíveis dentro dos aspectos avaliados e não obtiveram diferenças estatísticas (apêndice IV).

Figura 13 - Resultado da avaliação Sensorial do PN.ES.22.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o Marselan de Santana do Livramento- RS (ML.SL.22) a safra de 2022 (Figura 14), tivemos uma intensidade de cor voltada para a cor rubi, sem características indesejáveis, apresentando pequenos pontos de diferença entre o antes da resina e depois da resina na adstringência, qualidade e avaliação global, condizendo com o potencial da variedade em sua cor e intensidades também encontrados no Marselan da Campanha Gaúcha descritos por Müller (2016) e Rabelo e Braga (2017), que chegaram a uma caracterização do Marselan em regiões brasileiras com a cor violeta, aromas de frutas vermelhas, notas adocicadas e madeirizadas sem defeitos, taninos leves, corpo médio, acidez média e teor alcóolico médio. Estatisticamente as amostras não obtiveram diferenças (Apêndice IV).

Figura 14 - Resultado da avaliação Sensorial do ML.SL.22.

### Marselan Santana do Livramento - RS safra 2022 ( ML.SL.22)



Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto ao Tannat de Santana do Livramento-RS da safra 2022 (TN.SL.22) não se obteve diferenças estatísticas (Apêndice IV), porém observando na figura 15, podemos avaliar que, os provadores ficaram mais tendendo para a cor rubi, mantendo um pouco da diferença na acidez e adstringência do vinhos quanto a passagem da resina, obtendo características sensoriais para este vinho similar ao descrito por Zocche (2009) com uvas provenientes de Bagé-RS e em ponto de maturação industrial.

Figura 15 - Resultado da avaliação Sensorial do TN.SL.22.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 8.3.2 Experimentos da Safra 2023

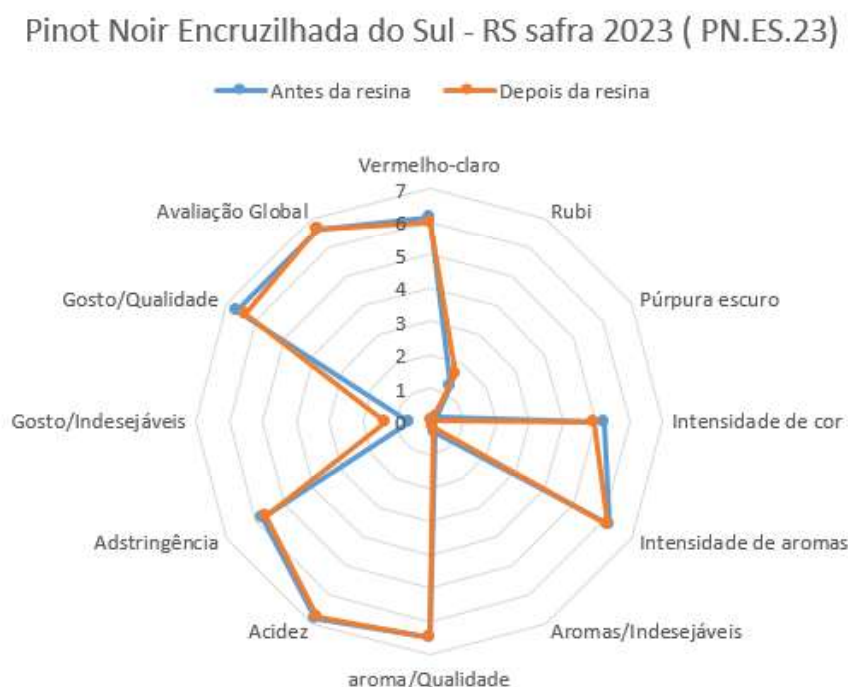
Para a safra 2023 os vinhos não obtiveram diferenças significativas na estatística (Apêndice V) quanto à análise sensorial.

Para o vinho Pinot Noir (PN.ES.23) podem-se observar pela figura 16, que o mesmo não obteve fatores indesejáveis, que sua coloração tendeu para o vermelho-claro assim como da safra 2022, mostrando como uma característica da uva. Dimitrovska *et al.* (2011) apontam em seu estudo que as antocianinas (compostos responsáveis pela cor) são um dos fatores genéticos que desempenham um papel determinante na formação do padrão específico da cultivar de uva. Sendo praticamente constante e independente das condições ambientais. Isso faz com que as antocianinas sejam consideradas marcadores

químicos úteis para diferenciar as diversas cultivares de uva, sendo a Pinot Noir caracterizada pela menor quantidade de antocianinas totais (254,7 mg/kg uva).

Podemos notar também que ambas amostras mantiveram uma boa expressão quanto a acidez e intensidade de aromas, se mostrando similar ao descrito no estudo de Pereira *et al.* (2018) que descreveram o resultado de sua degustação de Pinot Noir com média persistência olfativa e em boca ligeiramente ácido, com frescor e persistente.

Figura 16 - Resultado da avaliação Sensorial do PN.ES.23

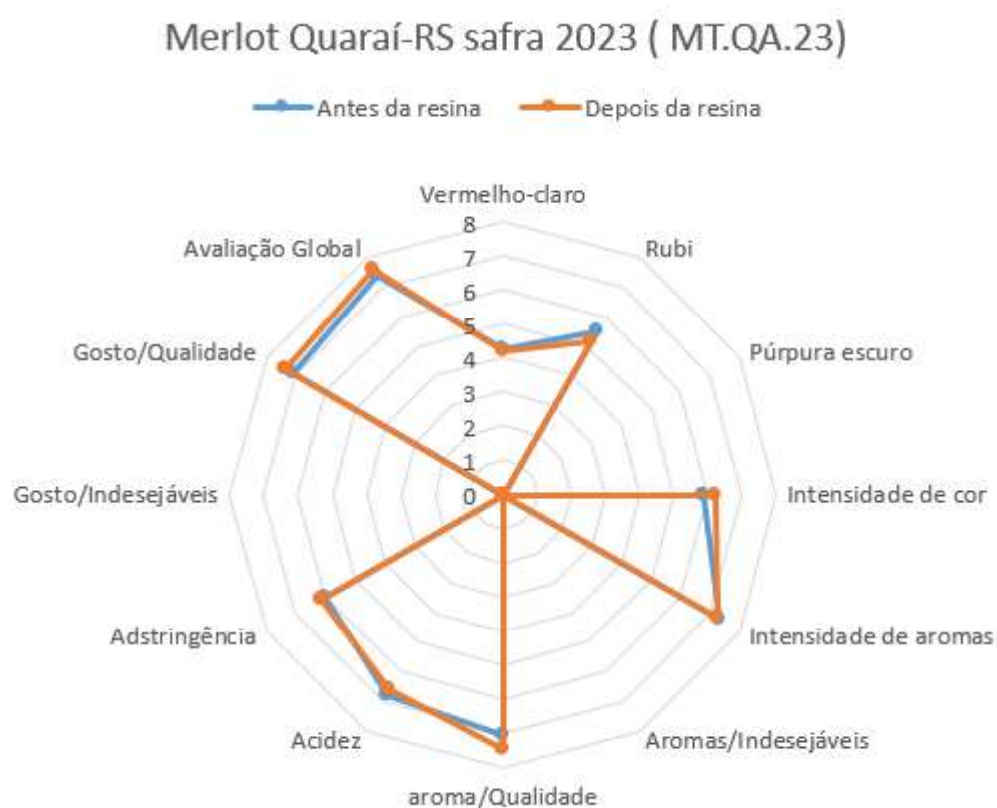


Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto ao Merlot (MT.Q.A.23), este também não mostrou diferenças significativas estatisticamente (Apêndice V). Na figura 17 podem-se notar que, segundo os avaliadores, a cor tendeu para um rubi, tendo uma boa avaliação global, em ambas as amostras, não apresentando nenhuma sensação indesejável em aroma e no gosto e boas notas de acidez e aromas, o que também foi relacionado por Rizzon e Miele (2003), que sensorialmente

caracterizaram vinhos da variedade Merlot com cor vermelho-violáceo que lhe confere aspecto visual distinto e em boca, se distingue pela maciez, equilíbrio e fineza sem ser muito encorpado.

Figura 17 - Resultado da avaliação Sensorial do MT.QA.23.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o Tannat 2023 (TN.SL.23) avaliando a figura 18, podemos notar que os vinhos obtiveram notas que o deixou entre cor rubi e purpura escura condizendo aos resultados apresentados na sensorial de Rizzon e Miele (2004), que descreveram a cor do vinho Tannat como sendo uma das principais particularidades do vinho. A intensidade e acidez relativas e perceptíveis foi similar ao descrito por Carrau *et al.* (2011), que caracterizaram os vinhos Tannat com alta intensidade de cor e estrutura, valores médios de: acidez, adstringência,



intensidade de aroma, equilíbrio e persistência. Os vinhos não obtiveram diferenças estatísticas (Apêndice V) entre o antes e depois da resina.

Figura 18 - Resultado da avaliação Sensorial do TN.SL.23.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar de forma físico química e mineral os vinhos que passaram por resina trocadora de íons, pode-se observar que em ambas as safras se obteve resultados de melhoria. Algumas diferenças apresentadas podem estar relacionadas às condições climáticas da região na fase de maturação da uva e pela característica da cultivar, ressaltando que temperaturas mais quentes tem como resultado no vinho uma elevação do pH. Sendo que todos os vinhos apresentaram a esperada tendência de diminuição do pH após o tratamento iônico. De um modo geral, as variações observadas podem ser creditadas à

composição mineral de cada situação específica dos vinhos, assim como de seu potencial de tamponamento.

Em relação aos atributos de cor dos vinhos, houve grande concordância na tendência de aumentar ou diminuir em cada vinho analisado após o tratamento, com poucas exceções, de modo que um determinado vinho ou apresentava todos os comprimentos de onda e o índice de intensidade de cor com aumento ou diminuição ou estabilidade, ou apresentava aumento ou diminuição na maior parte dos atributos, com algum único atributo com estabilidade, nunca com tendência contrária a dos demais.

Quanto aos minerais, ocorreu um equilíbrio tornando os vinhos mais estáveis e mais aptos para guarda, pois com isso passam a ter uma maior estabilidade seja ela, de cor e em termos de oxidação bem como microbiológica.

Quanto à análise sensorial dos vinhos, pode-se observar que, praticamente todos os vinhos mantiveram suas características, e não houve diferenças significativas nas amostras com tratamento e sem o tratamento da resina. De um modo geral isto pode ser considerado um resultado positivo, pois embora não traga melhoria sensoriais significativas, também não significa qualquer prejuízo do tratamento sobre os vinhos. É importante ressaltar também que a expressão de um vinho sensorialmente não é necessariamente um reflexo absoluto de seus parâmetros analíticos.

Considera-se que o objetivo principal do trabalho foi alcançado, que foi demonstrar a eficácia da aplicação de uma técnica para baixar o pH de vinhos tintos para um problema real que, neste caso, está aplicada ao controle do processo e do produto final, mesmo em regiões e variedades distintas.

Uma sugestão para pesquisas futuras, seria explorar uma aplicação, visando estabelecer um parâmetro de porcentagem ideal para a aplicação da resina. Isso possibilitaria a padronização, complementação e definição de procedimentos planejados para essa nova ferramenta tecnológica.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMS, I. M.; MILLAR, J. R.; **A history of the origin and development of macroporous ion-exchange resins**. *Reactive and Functional Polymers*, v. 35, n. 1-2, p. 7-22, 1997.
- AERNY, J. **Définition de la qualité de la vendange**. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture, Nyon*. v.17, n.4, p.219-223, 1985.
- ALLEWELDT, G.; POSSINGHAM, J. V. **Progress in grapevine breeding**. *Theoretical and Applied Genetics*. v. 75, n. 5, p. 669-673, 1988
- ALVES, C. J.; OTERO, D.M.; KRUMREICH, F.D. **Análise Sensorial Clássica: fundamentos e métodos**. Mérida Publishers, Canoas, cap. 2, p. 32-62, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-0-5.c2>>, Acessado em 15 de dezembro de 2022.
- ANDRADE, M. J. C.; **Estabilização Tartárica de Vinhos Tintos por Combinação de Nanofiltração e Permuta Catiônica**. (Tese) - Mestrado em Ciência e Tecnologia do Vinho. Escola Superior de Biotecnologia. Universidade Católica Portuguesa. Porto, 2012.
- BENÍTEZ, G., PALACIOSV. M., MACIAS, P.S., ZEKELY, GOROSTIAGA, R., VEAS LÓPEZ, L. RODRÍGUEZ, P. **Comparison of electrodialysis and cold treatment on an industrial scale for tartrate stabilization of sherry wines**. *Journal of Food Engineering*, v. 58, n. 4, p. 373–378, 2003.
- BENTO, M. P. M. A. **Oxidação da matéria corante em vinhos tintos: O efeito de diferentes quantidades de oxigénio**. (Dissertação de Mestrado) - Master Thesis. 2010. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10400.5/3328>>. Acesso em: 25 de jul. de 2023.
- BERGQVIST, J., DOKOOZLIAN, N., EBISUDA, N. **Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California**. *American Journal of Enology and Viticulture*. v. 52, p.1-7. Davis, 2001.
- BIASOTO, A. C. T. Vinhos tintos de mesa produzidos no Estado de São Paulo: caracterização do processo de fabricação, de parâmetros físico-químicos, do perfil sensorial e de aceitação. 2008. 177 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- BORGES, R.; FERNANDES, C.; MARQUES, C.; VILELA, A.; FELIPE-RIBEIRO, L.; NUNES, F.M.; COSME, F. **Tratamento do vinho com resinas de troca iônica: Impacto no pH**. *Revista Tecnoalimentar: Dossiê Química Alimentar*, n. 18, p. 27-29, 2019.
- BORGES, R.; FERNANDES, C.; MARQUES, C.; VILELA, A.; FELIPE-RIBEIRO, L.; NUNES, F.M.; COSME, F. **Tratamento do vinho com resinas de**

**troca iônica:** Impacto no pH. Revista Tecnoalimentar: Dossiê Química Alimentar, n. 18, p. 27-29, 2019.

BORGHEZAN, M. **Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: Revisão.** Ciência Tecnologia e Vitivinicultura. v. 32, n. 2, p. 126-141, 2017. Disponível em: <<https://www.ctv-jve-journal.org/articles/ctv/ref/2017/02/ctv20173202p126/ctv20173202p126.html>>. Acesso em: 25 de jul. de 2023.

BRASIL. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 de fev. de 2014.

BRASIL. Instrução Normativa nº 48, de 31 de Agosto de 2018. **Estabelece as normas para a padronização da identidade e qualidade do sal.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 ago. 2018. Seção 1, p. 12-16. 2018.

BRASIL. Instrução Normativa nº 49, de 1º de Novembro de 2011. **Estabelece as Práticas Enológicas Lícitas para a elaboração de vinho e mosto de uva e para a uva destinada à industrialização.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 01 de jan. 2011. Seção 1, p. 28. 2011.

BRASIL. Lei nº 10.970, de 12 de novembro de 2004. **Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 de nov. de 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA. Lei nº 10970, de 12 de novembro de 2004. Normas referentes à complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho e dos derivados da uva e do vinho. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br> >. Acesso em: 25 de jun de 2024.

CANTO, E.L. **Por que o vinho é sulfitado?**. Edição para professores, n. 22, 2016. Disponível em: [www.professorcanto.com.br/boletins\\_qui/022.pdf](http://www.professorcanto.com.br/boletins_qui/022.pdf). Acessado em: 02 de janeiro de 2023.

CHAUREL, J.Y. **Effect of Potassium fertilization on soil, grapevine and wine in granitic soil.** Progress Agricole et Viticole, Montpellier, v.123, n.23, p.455-462, 2006.

CISILOTTO, B. **Utilização de resina de troca iônica pré-fermentativa para elaborar vinhos base de espumantes.** Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Gestão Vitivinícola) - Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, p. 129, 2017.

CONDE, C., SILVA, P., FONTES, N., DIAS, A.C.P., TAVARES, R.M., SOUSA, M.J., AGASSE, A., DELROT, S., GERÓS, H. **Biochemical changes**

**throughout grape berry development and fruit and wine quality.** Revista Food v.1, p. 1-22, 2007.

CORIA, C.; MURGO, M.; GARGANTINI, R.; Martín, S. **Efecto del tratamiento con resinas catiónicas utilizadas para la acidificación de vinos argentinos.** In: Congresso Mundial da Vinha e do Vinho, 2012, Izmir (Turquia). Anais... OIV, 2012.

COSME F., GONÇALVES B., INÊS A., JORDÃO A.M., VILELA A. **Grape and wine metabolites: biotechnological approaches to improve wine quality.** In: Grape and wine biotechnology. Morata A., Loira I. (eds.), INTECH, Rijeka (Croacia). p. 187-224, 2016.

COSME, F.; VILELA, A.; JORDÃO, A. M. **The role of tartaric acid in grapes and wines.** Advances In Chemistry Research, v. 40, p. 198-216, 2017.

CRESWELL, K. J.; ESCHENBRUCH, R. The variation in magnesium levels of some experimental grapes, grape juices and wines. Food Technology, v. 16, n. 1, p. 37-43, 1981.

Cruz, A. S. Estabilização tartárica de vinhos com resinas de troca catiónica. Diss. Tese de Mestrado em Química. Universidade de Aveiro, 2014. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/13798/1/estabiliza%C2%BA%C3%BAo%20tart%C3%ADrica%20de%20vinhos%20com%20resinas%20de%20troca%20cati%C2%A6nica.pdf>. Acesso em : 22 de jun. de 2024.

CUNHA, W. M. **Utilização de resinas de intercâmbio catiônico em vinho elaborado na campanha gaúcha.** (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, 2014.

DARDEL, F.; ARDEN, T. **Echange d'ions. Principes et applications.** Rohm and Haas Separation Technologies. Paris, 1989.

DE ÁVILA, L. D. **Metodologias Analíticas Físico-químicas.** Laboratório de Enologia. Bento Gonçalves, Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves, 2002.

DIAS, J.P. **Fases da Maturação da uva.** Centésimo Curso de Intensivo de vinificação. Ministério da Agricultura. 2006. Disponível em :< [http://www.drappc.min-agricultura.pt/base/documentos/maturacao\\_da\\_uva\\_centenario.pdf](http://www.drappc.min-agricultura.pt/base/documentos/maturacao_da_uva_centenario.pdf)>. Acesso em 10 de jul. de 2022.

DIMITROVSKA, M.; BOCEVSKA, M.; DIMITROVSKI, D.; MURKOVIC, M. **Anthocyanin composition of Vranec, Cabernet Sauvignon, Merlot and Pinot Noir grapes as indicator of their varietal differentiation.** European Food Research and Technology, v. 232, n. 4, p. 591–600, 2011. Doi:10.1007/s00217-011-1425-9.

FLANZY, C. **Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos.** 2ª edição. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2003.

GARZÓN, M. L. V. **Estabilização tartárica de vinhos produzidos na Serra Gaúcha através da eletrodialise**. Porto Alegre: UFRGS – PPGEM, 134p., 2011.

GIOVANNINI, E. **Manual de Viticultura**: Série Tekne. Editora Bookman, 259 p., 2014.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. Porto Alegre, Renascença, 362 p., 2008.

GIOVANNINI, E. ; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia: Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. 2. ed. Bento Gonçalves: Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 1. 364p . 2013.

GLADSTONE, J. S. **Viticulture and environment**: a study of the effects of environment on grapegrowing and wine qualities, with emphasis on present and future areas for growing winegrapes in Australia. Australia, Winetitles, 310p. 1992.

Glories, Y. (1984). La couleur des vins rouges. 2e partie: mesure, origine et interprétation. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 18(4), 253-271.

GLORIES, Y. La couleur des vins rouges, 2<sup>a</sup> Partie Mesure, Origine et Interprétation. Connaissance Vigne Vin, Talence, v. 18, p. 253-271, 1984.

GUERRA, C. C. **Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos**. In: Simpósio Mineiro de Viticultura e Enologia, ed. 1, p. 179-192, Andradas, MG. Viticultura e Enologia: atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG, 2002.

HALE, C. **Relation between potassium and malate and tartrate contents of grape berries**. Vitis, v. 16, n.1, p. 9-19, 1977. Disponível em: <<https://ojs.openagrar.de/index.php/VITIS/article/view/6977>>. Acesso em 20 de jul. de 2023.

HASHIZUME, T. O cálcio no vinho. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, v. 3, p. 87-113, 1970.

HOFF, R.; DUCATI, J. R.; BERGAMANN, M. **Comparação de dados de modelo digital de elevação - MDE: ASTER e SRTM por processamento digital de imagem para identificação de terroir vitivinícola na Folha Encruzilhada do Sul, RS, Brasil**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **BDMEP** - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa: dados da estação automática de Santana do Livramento, Quaraí e Encruzilhada do Sul em 2022 e 2023. Brasília. Disponível em: < <https://bdmep.inmet.gov.br/> > Acesso em: 20 de abril de 2024.

JACKSON, D. **Monographs in cool climate viticulture 2: Climate**. Wellington: Daphne Brasell Associates Ltd, 2001.

JACKSON, D.L.; LOMBARD, P.B. **Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality review**. American Journal of Enology and Viticulture. n. 4, p. 409-430, 1993.

KUNZ, J.C.; RÉVILLION, J.P.; NETO, E.K.; ZANUS, M.C.; MANFROI, V. **Caracterização físico-química de mostos e vinhos base para a elaboração de Espumantes**. Revista Brasileira de Viticultura e Enologia, n. 2, p. 75-82, 2010.

LEPE, J.A.S.; LEAL, I.B. (2004) Microbiologia enológica: Fundamentos de vinificación. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 761 p.

LISANTI, M. T.; BLAIOTTA, G.; NIOI, C.; MOIO, L. **Alternative methods to SO<sub>2</sub> for microbiological stabilization of wine**. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety v. 18, n. 2, p. 455-479, 2019.

MARCON FILHO, J.L. Raleio de cachos sobre a qualidade da uva e do vinho da cultivar Cabernet Franc em região de altitude. 2012. Dissertação - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

MARTÍNEZ-PÉREZ, M. P.; BAUTISTA-ORTÍN, A. B.; DURANT, V.; GÓMEZ-PLAZA, E. **Evaluating alternatives to cold stabilization in wineries: The use of carboxymethyl cellulose, potassium polyaspartate, electrodialysis and ion exchange resins**. Foods, DOI: 10.3390/foods9091275, v. 9, n. 9, 2020.

MAZZA, G.; MINIATTI, E. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. Boca Raton: CRC Press, 1993.

MEDEIROS, E. R.; PEDRON, F.A.; REINERT, D.J.; SCCOTI, A.A.V. **Filiação entre arenitos da formação Guará e sua cobertura pedológica no Rio Grande Do Sul**. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. v.37, n.3, p.555-564, 2013.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. **Discrimination of brazilian red varietal wines according to their sensory descriptors**. Cienc. Agrotec., Lavras, v. 35, n. 6, p. 1172-1177, 2011.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; ZANUS, M. C. Discriminação de vinhos tintos brasileiros de acordo com a região vitícola, varietal e vinícola. Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 30, p. 268 - 275, 2010.

MILLER, M. **How SO<sub>2</sub> and pH are Linked**. 2012. Disponível em: <<http://accuvin.com/wp-content/uploads/2015/04/How-SO2-and-pH-are-Linked.pdf>> Acesso em: 25 de jul. de 2023.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres. Método 05.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres. Método 04.

MIRA, H.; LEITE, P.; SILVA, J. M. R.; CURVELO GARCÍA, A. S.; **Use of ion exchange resins for tartrate wine stabilization**. Journal international des sciences de la vigne et du vin, v. 40, n. 4, p. 223-246, 2006.

MIRA, H.; LEITE, P.; SILVA, J. M. R.; CURVELO-GARCIA, A. S. **Resinas permutadoras de iões para estabilização tartárica de vinhos**. 6º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, p. 15-24, Portugal, 2004.

Moroney, M; Savits, J.; Watrelot, A. Sulfur Dioxide in Winemaking. Iowa State University. Extension and Outreach, 3p., 2022. Disponível em: <<https://store.extension.iastate.edu/product/Sulfur-Dioxide-in-Winemaking>>. Acessado em: 19 de mar. de 2024.

MOTA, R.V. et al. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.27, n.234, p.56-64, 2006.

MPELASOKA, B.S., SCHACHTMAN, D. P., TREEBY, M. T., THOMAS, M. R. **Review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation**. Australian Journal of Grape and Wine Research, Adelaide, v.9, n.3, p.154-168, 2003.

MULLER, R.E. **Potencial enológico de novas variedades cultivadas na campanha gaúcha**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do rio Grande do Sul – Porto Alegre, 73f. 2016.

NETO, F. J. D.; JUNIOR, A. P.; TECCHIO, M.A. **Maturação e colheita das uvas**. Revista Campo & Negócios Hortifrúti. Edição de 11 de abril de 2017. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/maturacao-e-colheita-das-uvas/>>. Acesso em: 20 de jul. de 2023.

NICHOLAS, K. A. **Will We Still Enjoy Pinot Noir?**. Scientific American, DOI: 10.1038/scientificamerican0115-60. v. 312, n.1, p. 60-67, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/271532965\\_Will\\_We\\_Still\\_Enjoy\\_Pinot\\_Noir](https://www.researchgate.net/publication/271532965_Will_We_Still_Enjoy_Pinot_Noir)>. Acesso em: 21 de jul. de 2023.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA VINHA E DO VINHO (OIV). **International Oenological codex, resolución OIV-OENO 43-2000**. Disponível em: <<https://www.oiv.int/public/medias/8632/codex-2022-en.pdf>>. Acesso em: 04 de Dezembro 2022.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA VINHA E DO VINHO (OIV). **Resolución OIV-Oeno 443-2012**. Disponível em: <https://www.oiv.int/public/medias/1470/oiv-oeno-443-2012-es.pdf> Acesso em: 04 de Dezembro 2022.

PAYAN. C.; GANCEL, A.L.; JOURDES, M.; CHRISTMANN, M.; TEISSEDRE, P.L. Wine acidification methods: a review. OENO One, Vol. 57 n.3, 2023. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.3.7476>.



PEREIRA, E.A.; GODOI, J.A.; PIRES, T. E. T.; NOBRE, G.A.; SAINZ, R.L.; CERBARO, D. **Descrição sensorial de vinho Pinot Noir elaborado com uvas provenientes da Serra do Sudeste - RS**. XXVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. UFEPEL - 4ª SEMANA INTEGRADA. 2018.

POSTINGHER, G; Aplicação de resina de troca iônica em vinhos tintos termovinificados utilizados na elaboração de espumantes rosés por assemblage. Dissertação – Instituto Federal do Rio Grando do Sul, Campus Bento Gonçalves. 2024. Disponível em: <https://dspace.ifrs.edu.br/xmlui/handle/123456789/1259>. Acesso em 01.08. 2024.

RABELO, S. C. V.; BRAGA, C. J. M. **Análise sensorial de vinhos brasileiros da casta Marcelan por métodos científicos**. Nutrivisa-Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde, v. 4, n. 2, p. 6-17, 2017.

RANKINE, BRYCE. Manual Práctico de Enología. Análisis del vino. Determinación de dióxido de azufre. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.,1989. p. 339 – 342.

RIBEREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. **Phenolic Compounds**. Handbook of Enology: The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments, v.2, p. 141-203, 2006.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A.; **Trattato di enologia I: Microbiologia del vino** Vinificazioni 3.ed. Edagricole: Italia, Bologna, 2007.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B; LONVAUD, D. A. **Tratado de Enologia I: Microbiologia del vino - Vinificaciones**. 2. Química del vino – Estabilización y tratamientos. 1.ed. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2003.

RIZZON, L. A., SGANZERLA, V. M. A., **Ácidos tartárico e málico no mosto de uva em Bento Gonçalves-RS**. Ciência Rural, v.37, n.3, mai-jun, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. **Avaliação Da Cv. Merlot para elaboração de Vinho tinto**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 23, p. 156–161. 2009.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. **Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 24, no. 2, p 223–229, 2004.

CARRAU, F.; BOIDO, E.; GAGGERO, C.; MEDINA, K.; FARIÑA, L.; DISEGNA, E.; DELLACASSA, E. **Vitis vinífera Tannat, chemical characterization and functional proprieties**. Ten ,kyears of research. Multidisciplinary Approaches on Food Science and Nutrition for the XXI, p. 53-71, 2011.

RIZZON, L. A.; MIELE, A.; ZANUZ, M. C. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 18, n. 2, p. 179-183, 1998.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. *Ciência Rural*, v. 32, n. 3, p. 511-515, 2002.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. **Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul.** *Food Science and Technology*, v. 18, p. 179–183, maio 1998.

RIZZON, L.A.; MIELE, A. Avaliação da c. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, v. 22, n. 2, p. 192-198, 2002.

Rizzon, Luiz Antenor. Metodologia para análise de vinho. Emprapa Informação Tecnológica. Brasília, 2010.

ROGIERS, S. Y.; COETZEE, Z. A.; WALKER, R. R.; DELOIRE, A.; TYERMAN, S. D. **Potassium in the Grape (*Vitis vinifera* L.) Berry:** Transport and Function. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, 2017.

SAENZ-NAVAJAS, M.P.; AVIZCURI, J.M.; BALLESTER, J.; FERNANDEZ-ZURBANO, P.; FERREIRA, V.; PEYRON, D.; VALENTIN, D. **Sensoryactive compounds influencing wine experts' and consumers' perception of red wine intrinsic quality.** *LWT - Food Science and Technolog.* ed, 60, v. 1, p. 400–11, 2015. Doi: 10.1016/j.lwt.2014.09.026.

SIGLER, J. **In den Zeiten des Klimawandels:** Von der Sübreserve zur Sauerreserve? In R. Orduña, Climate change associated effects on grape and wine quality and production, *Food Research International* v. 43, p. 1844-1855, 2010.

SILVA, G.A. Deterioração microbiológica do vinho e do suco de uva. Embrapa. Uva para processamento. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/uva-para-processamento/pos-producao/processamento-da-uva/deterioracao-microbiologica-do-vinho-e-do-suco-de-uva>. Acesso em : 22 de jun. de 2024.

SILVA, T. D. M.; DEON, M.; NUNES, G. D. S.; FERRAZ JUNIOR, R. S., RIBEIRO JUNIOR, P. M.; BIASOTO, A. **Influência da adição de potássio e cálcio sobre atributos do solo de área de videira destinada à elaboração de vinhos finos no Vale do Submédio São Francisco.** XII Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, 2017. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1073472/1/Paulolvan.pdf>>. Acesso em:16 de jul. de 2023.

SINGLETON, V. L. **Oxygen with phenols and related reactions in musts, wines, and model systems:** observations and practical implications. *American Journal of Enology and Viticulture*. v. 38, n. 1, p. 69-77, 1987.

SOMERS, T.C. **Le rapport entre les teneurs en potasse de la vendange et la qualité relative des vins rouges australiens.** International Symposium On The Quality Of The Vintage, Cape Town, p.143-148. 1977.

STONE H., SIDEL J., OLIVER S., WOOLSEY A., SINGLETON R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *FOOD TECHNOLOGY* 1974; 28:24-34. <https://doi.org/10.1002/9780470385036.ch1c>.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory Evaluation Practices**. 3.ed. Academic Press, Redwood City, California, 1993.

TASEV, K.; KARADJOVA, I.; ARPADJAN, S.; CVETKOVIC, J.; STAFILOV, T. Liquid/liquid extraction and column solid phase extraction procedures for iron species determination in wines. *Food Control*, v. 17, p. 484-488, 2006.

TOGOIRES, J. H. **Tratado de Enología**. Parte I. 3ª edição. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2018.

VALENTIN, D.; PARR, W.V.; PEYRON, D.; GROSE, C.; BALLESTER, J. **Colour as a Driver of Pinot Noir Wine Quality Judgments**: An Investigation Involving French and New Zealand Wine Professionals. *Food Qual. Prefer.* v.48, p. 251–261, 2016.

VERNHET, A., DUPRE, A., BOULANGE-PETERMANN, L., CHEYNIER, V., PELLERIN, P., MOUTOUNET, M. **Wine Thermosensitive Proteins Adsorb First and Better on Bentonite during Fining**: Practical Implications and Proposition of Alternative Heat Tests. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 68, n. 47, p. 13450–13458, 2020.

VIGARA, J. J. M.; AMORES, R. A. P.; **Química Enológica**. Mundi-Prensa: Madrid (Espanha), 2010.

VOGT, E. *El vino: obtencion, elaboracion y analisis*. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1986.

WATERHOUSE, A.L.; SACKS, G.L.; JEFFERY, D.W. *Understanding Wine Chemistry*. John Wiley & Sons Ltd. 2 ed., 560 p., 2024.

WEGMANN-HERR, P.; NICKOLAUS, P. **Verification of the practical suitability of cation exchangers for lowering the pH value in must and wine**. 43rd World Congress of Vine and Wine. v.56, n.02008,3p., 2023. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235602008>.

WILLIAMS, L.; BISCAY, P. **Partitioning of dry-weight, nitrogen, and potassium in Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest**. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 42, p. 113-117, 1991.

ZANUS, M. C. **A elaboração de vinhos de qualidade**. In: Seminário de Fruticultura da Fronteira Oeste, 2º Encontro Científico de Fruticultura do Bioma Pampa, Uruguaiana. Anais e resumos. p. 21-30, 2007. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/542273>>. Acesso em: 10 jun de 2023.

ZATTERA, F. **Relatório de estágio** – Cia. Piagentini de Bebidas e Alimentos 2010. Bento Gonçalves: Instituto Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves, 2011.

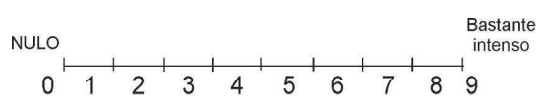
ZOCHE, R. G. S. **Potencial enológico de uvas Tannat, Cabernet Sauvignon e Merlot produzidas no município de Bagé–RS**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil. 2009.

ZOCHE, R. G. S.; JACOBS, S. A.; SAMPAIO, N. V.; SOUZA, V. Q.; CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; RIZZON, L. A.; ROMBALDI, C. V. **Vinhos produzidos com a uva 'Cabernet Sauvignon' da região de Bagé, no Rio Grande do Sul**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 52, n. 5, p. 311-318, 2017.

**APÊNDICES****APÊNDICE I – FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL UTILIZADA NO DIA DA AVALIAÇÃO SENSORIAL****FICHA DESCRITIVA VINHOS TINTOS – Teste ADQ****Provedor:****Data:**

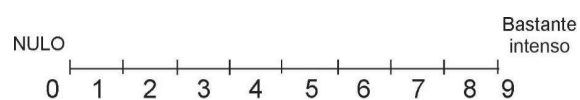
Caro avaliador, esta análise sensorial consiste em uma Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), no qual buscamos identificar e quantificar alguns atributos da amostra, por isso a amostra padrão será degustado junto do aplicador, para que possam tirar dúvidas de cada parâmetro analisado, posteriormente a análise segue codificada e as notas será unicamente de suas percepções de cada atributo.

Avalie os vinhos servidos a seguir e marque no quadro abaixo, de acordo com sua percepção sensorial atribuindo uma nota de zero (0) a nove (9) conforme intensidade percebida, seguindo o seguinte padrão de notas:



| CARACTERÍSTICAS             | AMOSTRA – SAFRA 2022 |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                             | Padrão               | 519 | 837 | 722 | 658 | 734 | 827 | 659 | 547 |
| <b>Análise Visual</b>       |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Vermelho – Claro            |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Rubi                        |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Púrpura escuro              |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Intensidade de cor          |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <b>Aroma/sabor</b>          |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Intensidades de Aromas      |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Indesejáveis                |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Qualidade                   |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <b>Gosto/Sensação tátil</b> |                      |     |     |     |     |     |     |     |     |





| CARACTERÍSTICAS        | AMOSTRA – SAFRA 2023 |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        | 286                  | 882 | 541 | 942 | 864 | 372 | 184 | 593 |
| <b>Análise Visual</b>  |                      |     |     |     |     |     |     |     |
| Vermelho – Claro       |                      |     |     |     |     |     |     |     |
| Rubi                   |                      |     |     |     |     |     |     |     |
| Púrpura escuro         |                      |     |     |     |     |     |     |     |
| Intensidade de cor     |                      |     |     |     |     |     |     |     |
| <b>Aroma/sabor</b>     |                      |     |     |     |     |     |     |     |
| Intensidades de Aromas |                      |     |     |     |     |     |     |     |
| Indesejáveis           |                      |     |     |     |     |     |     |     |



|                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Qualidade                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Gosto/Sensação tátil</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Acidez                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Adstringência               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Indesejáveis                |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Qualidade                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Avaliação Global</b>     |  |  |  |  |  |  |  |  |

**APÊNDICE II – TCLE APRESENTADO AO PAINEL DE AVALIADORES NO DIA DA ANÁLISE SENSORIAL.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL – IFRS**

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO –  
PROPPI**

**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado (a) Senhor (a):

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a para participar da análise sensorial do projeto de pesquisa intitulado: “Resina de troca iônica em vinhos tintos para redução de pH e melhoria de processos”. Este projeto está vinculado ao TCC de mestrado em Viticultura e Enologia, Edital 01/2022 CAG/PPGVE da instituição Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves. Nessa pesquisa pretendemos avaliar vinhos tintos que passaram por resina de troca iônica para baixar o pH, através de análises físico-químicas e aplicação sensorial através de uma Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) buscando uma melhoria no processo em relação a estabilidade e longevidade de vinhos tintos do Rio Grande do Sul.

A pesquisa será feita na Vitivinícola Jolimont, em Canela RS, e deverá durar em torno de 2hs, através de uma aplicação de Análise sensorial, no qual irá receber as amostras de vinhos tintos codificadas, realizar a degustação das mesmas, sendo necessária uma análise visual, olfativa e gustativa, não sendo necessário o consumo do vinho tinto, este pode apenas passar por toda a boca e ser descartado. Posteriormente o avaliador devera atribuir uma nota de 0 a 9 de sua impressão sobre cada requisito questionado da amostra.

Existe riscos na participação desta pesquisa caso você tenha alguma sensibilidade ao conservante do vinho, o dióxido de enxofre, também conhecido como anidrido sulfuroso, SO<sub>2</sub>, INS 220 ou apenas como sulfito. Caso haja reação alérgica, e necessário podemos encaminhar prontamente ao Hospital de Caridade de Canela, a fim de receber o acompanhamento necessário. Além disso, diante de qualquer tipo de questionamento ou dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato imediato com o pesquisador responsável pelo estudo. A sua participação na pesquisa nos beneficia quanto ao conhecimento à cerca de um processo de redução de pH através da utilização de um equipamento de troca iônica em escala industrial. Como benefício para os participantes, podemos citar: a experiência de degustar o mesmo vinho com pH distinto e como isso pode afetar seu aspecto de cor e paladar; proporcionar aos degustadores uma experiência de análise sensorial focada em vinhos tintos de regiões gaúchas e de duas safras sequenciais, por isso a importância da sua participação.

Serão mantidos todos os preceitos ético-legais durante e após o término da pesquisa, de acordo com a Resoluções 466/2012, 510/2016 e outras do Conselho Nacional de Saúde relacionadas à ética em pesquisa. Para participar desta avaliação você não terá nenhum custo e nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e em caso de desistência, não acarretará a qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo idealizador do estudo. O idealizador irá tratar sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de qualquer dano eventualmente produzido pela pesquisa. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a)  
do RG ou CPF nº \_\_\_\_\_, fui  
informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada.  
Recebi uma via assinada e rubricada deste termo de consentimento livre e  
esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.  
Diante dos esclarecimentos prestados, concordo em participar, como  
voluntário(a), da pesquisa intitulada: “Resina de troca iônica em vinhos tintos  
para redução de pH e melhoria de processos”.

Esse projeto foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa do IFRS CAAE:  
78273824.9.0000.8024

Canela, RS \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nome e

\_\_\_\_\_  
Nome e

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Assinatura do(a) participante

Contato do pesquisador:

**Nome:** Elisandra Nunes da Silva

**Instituição:** Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves

**Telefone:** 51 992772857

**e-mail:** sandra.nunes.s@outlook.com

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, por favor consulte o

**Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)** responsável pela avaliação. Um CEP é um colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, que tem Como objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

**CEP/IFRS**

**E-mail:** cepesquisa@ifrs.edu.br

**Endereço:** Rua General Osório, 348, Centro, Bento Gonçalves, RS, CEP: 95.700-000

**Telefone:** (54) 3449-3340

**APÊNDICE III – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM APRESENTADO  
AOS AVALIADORES NO DIA DA ANÁLISE SENSORIAL**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL  
MESTRADO EM VITICULTURA E ENOLOGIA  
TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM

Eu, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, nacionalidade \_\_\_\_\_, estado civil  
\_\_\_\_\_, portador da Cédula de identidade RG  
nº. \_\_\_\_\_, inscrito no CPF/MF sob  
nº \_\_\_\_\_, reside  
nte \_\_\_\_\_ à \_\_\_\_\_ Av./Rua  
\_\_\_\_\_, nº. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, município de \_\_\_\_\_/Rio Grande do  
Sul. AUTORIZO o uso de minha imagem em todo e qualquer material entre  
imagens de vídeo, fotos e documentos, para ser utilizada no Projeto de  
mestrado, intitulado “RESINA DE TROCA IÔNICA EM VINHOS TINTOS PARA  
REDUÇÃO DE PH E MELHORIA DE PROCESSOS” . A presente autorização é  
concedida a título gratuito, abrangendo o uso de sua imagem durante a avaliação  
sensorial para divulgação dos resultados desta pesquisa, das seguintes formas:  
(I) home page; (II) mídia eletrônica (vídeo-tapes, televisão, cinema, banners) e  
entre outros.

Fica ainda autorizada, de livre e espontânea vontade, para os mesmos fins, a  
cessão de direitos da veiculação das imagens não recebendo para tanto

qualquer tipo de remuneração.

Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à minha imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização em 02 vias de igual teor e forma.

\_\_\_\_\_, dia \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

(Assinatura)

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, poderei consultar: **Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Rio Grande do Sul. E-mail:** [cepesquisa@ifrs.edu.br](mailto:cepesquisa@ifrs.edu.br) **Telefone:** (54) 3449-3340 **Endereço:** Rua General Osório, 348, Centro, Bento Gonçalves, RS, CEP: 95.700-000 **Pesquisador(a) principal:** Elisandra Nunes da Silva **Telefone para contato:** (51) 992772857 **E-mail para contato:** [sandra.nunes.s@outlook.com](mailto:sandra.nunes.s@outlook.com)

#### APÊNDICE IV – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS VINHOS DA SAFRA 2022.

| Análise Estatística dos vinhos da safra 2022 |                 |                  |            |                 |                  |            |                 |                  |            |
|----------------------------------------------|-----------------|------------------|------------|-----------------|------------------|------------|-----------------|------------------|------------|
| Variáveis                                    | PN.ES.22        |                  |            | ML.SL.22        |                  |            | TN.SL.22        |                  |            |
|                                              | Antes da Resina | Depois da Resina | Valor de P | Antes da Resina | Depois da Resina | Valor de P | Antes da Resina | Depois da Resina | Valor de P |
| <b>Análise Visual</b>                        |                 |                  |            |                 |                  |            |                 |                  |            |
| Vermelho claro                               | 7,846 ± 1,068   | 7,384 ± 1,709    | 0,829      | 0 ± 0           | 0 ± 0            | 0          | 0 ± 0           | 0 ± 0            | 0          |
| Rubi                                         | 0,85 ± 1,63     | 1,00 ± 2,12      | 0,837      | 7,7 ± 1,25      | 7,58 ± 1,083     | 0,817      | 7,222 ± 2,108   | 7,666 ± 1,870    | 0,642      |
| Púrpura escuro                               | 0,076 ± 0,277   | 0 ± 0            | 0,327      | 0 ± 0           | 0 ± 0            | 0          | 7,00 ± 2,291    | 7,00 ± 2,357     | 1          |
| Intensidade de cor                           | 4,615 ± 1,609   | 4,384 ± 1,502    | 0,709      | 7,916 ± 0,792   | 7,730 ± 0,599    | 0,512      | 8,269 ± 0,926   | 8,307 ± 0,630    | 0,902      |
| <b>Aroma/Sabor</b>                           |                 |                  |            |                 |                  |            |                 |                  |            |
| Intensidade aromática                        | 5,769 ± 1,300   | 5,692 ± 1,601    | 0,894      | 6,461 ± 7,050   | 6,9230 ± 1,255   | 0,319      | 8 ± 0,816       | 7,692 ± 0,947    | 0,383      |
| Aromas indesejáveis                          | 0,461 ± 0,967   | 0,615 ± 1,043    | 0,700      | 0 ± 0           | 0 ± 0            | 0          | 0 ± 0           | 0 ± 0            | 0          |
| Qualidade aromática                          | 6,307 ± 1,250   | 6,307 ± 1,436    | 0,998      | 6,923 ± 0,759   | 7,076 ± 1,03     | 0,67       | 8,076 ± 0,640   | 7,923 ± 0,86     | 0,61       |
| <b>Gosto/Sensação Tátil</b>                  |                 |                  |            |                 |                  |            |                 |                  |            |
| Acidez                                       | 5,230 ± 1,589   | 5,769 ± 1,235    | 0,344      | 6,269 ± 1,393   | 6,230 ± 1,165    | 0,939      | 7,153 ± 1,344   | 6,769 ± 1,300    | 0,465      |
| Adstringência                                | 4,307 ± 1,58    | 5,203 ± 1,59     | 0,625      | 5,5 ± 1,384     | 5,166 ± 1,527    | 0,572      | 7,07 ± 1,187    | 6,538 ± 1,39     | 0,299      |
| Gostos indesejáveis                          | 0,384 ± 0,650   | 0,307 ± 0,630    | 0,762      | 0 ± 0           | 0 ± 0            | 0          | 0 ± 0           | 0 ± 0            | 0          |
| Qualidade gustativa                          | 6,461 ± 1,45    | 6,307 ± 1,182    | 0,769      | 6,653 ± 0,746   | 7,00 ± 1,00      | 0,327      | 7,576 ± 0,862   | 7,346 ± 0,688    | 0,458      |
| Avaliação global                             | 6,730 ± 1,300   | 6,615 ± 1,120    | 0,811      | 7,076 ± 0,862   | 7,461 ± 0,518    | 0,18       | 8,153 ± 0,554   | 8,076 ± 0,862    | 0,789      |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%



# **APÊNDICE V – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS VINHOS DA SAFRA 2023.**

| Análise Estatística dos vinhos da safra 2023 |                 |                  |            |                 |                  |            |                 |                  |            |
|----------------------------------------------|-----------------|------------------|------------|-----------------|------------------|------------|-----------------|------------------|------------|
| Variáveis                                    | PN.ES.23        |                  |            | MT.QA.23        |                  |            | TN.SL.23        |                  |            |
|                                              | Antes da Resina | Depois da Resina | Valor de P | Antes da Resina | Depois da Resina | Valor de P | Antes da Resina | Depois da Resina | Valor de P |
| <b>Análise Visual</b>                        |                 |                  |            |                 |                  |            |                 |                  |            |
| Vermelho claro                               | 6,153 ± 2,33    | 6,818 ± 1,721    | 0,444      | 4,25 ± 2,121    | 4,166 ± 2,136    | 0,943      | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          |
| Rubi                                         | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          | 5,5 ± 2,138     | 5,2 ± 2,658      | 0,799      | 6,428 ± 2,22    | 5,875 ± 1,726    | 0,596      |
| Púrpura escuro                               | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          | 7,88 ± 1,90     | 8,11 ± 1,05      | 0,762      |
| Intensidade de cor                           | 5,230 ± 1,09    | 4,923 ± 1,255    | 0,511      | 5,846 ± 1,573   | 6,230 ± 1,300    | 0,503      | 7,961 ± 0,776   | 7,958 ± 0,810    | 0,992      |
| <b>Aroma/Sabor</b>                           |                 |                  |            |                 |                  |            |                 |                  |            |
| Intensidade aromática                        | 6,230 ± 1,235   | 6,153 ± 1,214    | 0,874      | 7,307 ± 0,630   | 7,230 ± 1,091    | 0,827      | 7,384 ± 0,767   | 7,115 ± 1,083    | 0,471      |
| Aromas indesejáveis                          | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          |
| Qualidade aromática                          | 6,461 ± 1,126   | 6,461 ± 1,19     | 1          | 7,07 ± 0,862    | 7,461 ± 1,126    | 0,338      | 7,384 ± 0,650   | 7,692 ± 0,854    | 0,311      |
| <b>Gosto/Sensação Tátil</b>                  |                 |                  |            |                 |                  |            |                 |                  |            |
| Acidez                                       | 6,846 ± 0,898   | 6,769 ± 1,165    | 0,852      | 6,769 ± 0,926   | 6,615 ± 1,325    | 0,734      | 6,693 ± 0,947   | 6,538 ± 1,265    | 0,728      |
| Adstringência                                | 5,807 ± 1,521   | 5,692 ± 1,702    | 0,856      | 6,00 ± 1,08     | 6,153 ± 1,724    | 0,787      | 6,538 ± 1,450   | 6,461 ± 2,066    | 0,913      |
| Gostos indesejáveis                          | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          | 0,0 ± 0,0       | 0,0 ± 0,0        | 0          |
| Qualidade gustativa                          | 6,653 ± 0,688   | 6,384 ± 1,260    | 0,505      | 7,076 ± 0,954   | 7,384 ± 0,869    | 0,398      | 7,653 ± 0,688   | 7,692 ± 0,630    | 0,883      |
| Avaliação global                             | 6,653 ± 0,688   | 6,692 ± 1,377    | 0,928      | 7,384 ± 1,04    | 7,615 ± 0,867    | 0,546      | 8,076 ± 0,607   | 8 ± 0,707        | 0,768      |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%.

## APÊNDICE A – PRODUTO TECNOLÓGICO

### APLICAÇÃO DE RESINA DE TROCA IÔNICA EM VINHOS TINTOS PARA REDUÇÃO DE PH E MELHORIA DE PROCESSOS

Elisandra Silva, Vitor Manfro, Evandro Ficagna

#### INTRODUÇÃO

Durante a elaboração de um vinho, dentre os parâmetros físico-químicos analisados, está a acidez real que, segundo Togores (2018), é expressa em potencial hidrogeniônico (pH), que equivale à concentração das funções dos ácidos livres no vinho, ou seja, à concentração dos íons  $H^+$  estritamente responsáveis pela acidez. Este conhecimento é de grande importância para o enólogo, que deve acompanhar a evolução do parâmetro desde a maturação da uva até a conservação do vinho (FLANZY, 2003).

Ribéreau Gayon et al. (2003) afirmam que quanto maior o teor de acidez da uva, maior é a proteção deste mosto em relação ao processo de oxidação, e menor a concentração de potássio neste mosto, garantindo um pH baixo. Curvelo e Garcia (1988) e Colette (1997) destacam a importância destes parâmetros em relação a seu impacto futuro no vinho, podendo afetar tratamentos como as clarificações proteicas e as aplicações de dióxido de enxofre.

Para Vigara e Amores (2010), a escolha do pH final do vinho depende do tipo de vinho que se pretende produzir. Vinhos com pH em torno de 3,2 são mais estáveis do ponto de vista microbiológico e podem suportar envelhecimentos prolongados. No entanto, também tendem a ser mais duros e ácidos no paladar. A decisão sobre o pH final do vinho também deve levar em consideração o perfil sensorial desejado.

Atualmente se utilizam várias técnicas para correção de acidez e de pH de vinhos e mostos. A acidificação do mosto poderá ser realizada da seguinte forma: pelo corte com mostos de acidez mais elevada; com a ajuda de resinas trocadoras de cátions fortes ou sob forma livre; pelo emprego de substâncias químicas; ou por acidificação microbiológica (ZATTERA, 2011).

Em alguns casos, como relatado por Mpelasoka et al. (2003), quando se inicia a elaboração de um mosto com pH alto, este tem de ser corrigido no processo de vinificação, sendo a adição de ácido tartárico a prática mais comum. Togores (2018) deixa claro que o momento mais adequado para acidificar com ácido tartárico é fazer uma primeira adição ao final da fermentação alcoólica com a quantidade necessária, e depois corrigir definitivamente o vinho antes de sua estabilização tartárica pelo frio, quando testes apropriados devem ser realizados para calcular a quantidade a ser adicionada, considerando que parte dela se insolubilizará na forma de tartaratos. A acidificação tardia antes do engarrafamento do vinho pode levar a um desequilíbrio no mesmo, resultando em possíveis precipitações na garrafa e uma sensação de aspereza na boca (TOGOIRES, 2018).

Segundo Togores (2018), a acidificação direta é realizada exclusivamente com a adição de ácidos orgânicos autorizados, sendo expressamente proibido o uso de ácidos minerais como ácido sulfúrico, ácido clorídrico ou ácido fosfórico, que às vezes são fraudulentamente usados buscando uma correção do pH para níveis mais baixos. Isso acontece porque o pH é difícil de modificar com os ácidos orgânicos autorizados, devido ao significativo "efeito tampão" presente no vinho. A legislação brasileira impõe o limite de correção de acidez em até 54 meq•L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2014), considerando o uso dos aditivos autorizados legalmente.

O vinho possui uma capacidade de tamponamento devido à presença de ácidos fracos e suas respectivas formas conjugadas de íons ácidos e bases que, em equilíbrio, atuam como um sistema de amortecimento, evitando mudanças bruscas no pH. Por isso, a maior dificuldade encontrada, durante a adição de

ácido tartárico, é justamente tentar antecipar qual será a diminuição do pH do mosto ou do vinho, levando a acidificação pretendida de um vinho a requerer o conhecimento prévio da relação entre as concentrações iniciais de ácido tartárico e potássio (RIBEREAU-GAYON, et al., 2006).

O uso de uma resina capaz de reduzir o pH de um vinho sem adição direta de insumos enológicos foi regulamentado pela Organização Internacional da Uva e do Vinho (OIV) apenas no ano de 2000. Desde então inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas com a utilização dessas resinas, porém ainda se faz essencial conhecer melhor a influência do tratamento em diversos cenários vitivinícolas com vistas a prover conhecimentos e práticas que permitam indicações práticas, simples e tecnicamente adequadas e viáveis ao setor.

Como afirmam Cosme; Vilela; Jordão (2017), o ácido tartárico, o ácido mais abundante nas uvas, é claramente influenciado por diferentes variáveis como as condições climáticas e de maturação, a composição do solo, entre outras. Mesmo em regiões distintas do Rio Grande do Sul, a vinha vem sofrendo com as alterações de clima. Por isso a escolha de realizar o projeto com cultivares tintas e de regiões distintas.

Desta forma, o seguinte estudo visa aplicar o tratamento de troca iônica na redução de pH de vinhos tintos que apresentem pH alto, em uma vinícola de médio porte durante duas safras subsequentes com uvas de regiões distintas do Rio Grande do Sul, avaliando por meio de análises físico-química, de minerais e sensoriais, um produto estável.

## **ASPECTOS VITÍCOLAS QUE ALTERAM A UVA E O PH DO VINHO**

### **Clima**

A faixa ideal de temperatura para o cultivo da videira está compreendida entre 25 °C e 32 °C (JACKSON, 2001). Qualquer temperatura abaixo desta faixa ideal limita o crescimento vegetativo, bem como temperaturas acima da faixa reduzem a taxa fotossintética da planta com o aumento da respiração

(GLADSTONE, 1992). A videira requer uma quantidade maior de calor durante o período entre a floração e a maturação (GIOVANNINI, 2008). Na fase final da maturação, temperaturas próximas a 30°C são necessárias para evitar que a acidez seja muito elevada.

Os controles de maturação devem ser feitos especialmente em relação aos níveis de acidez e pH, pois são muito sensíveis às condições de seca e altas temperaturas (TOGOES, 2018).

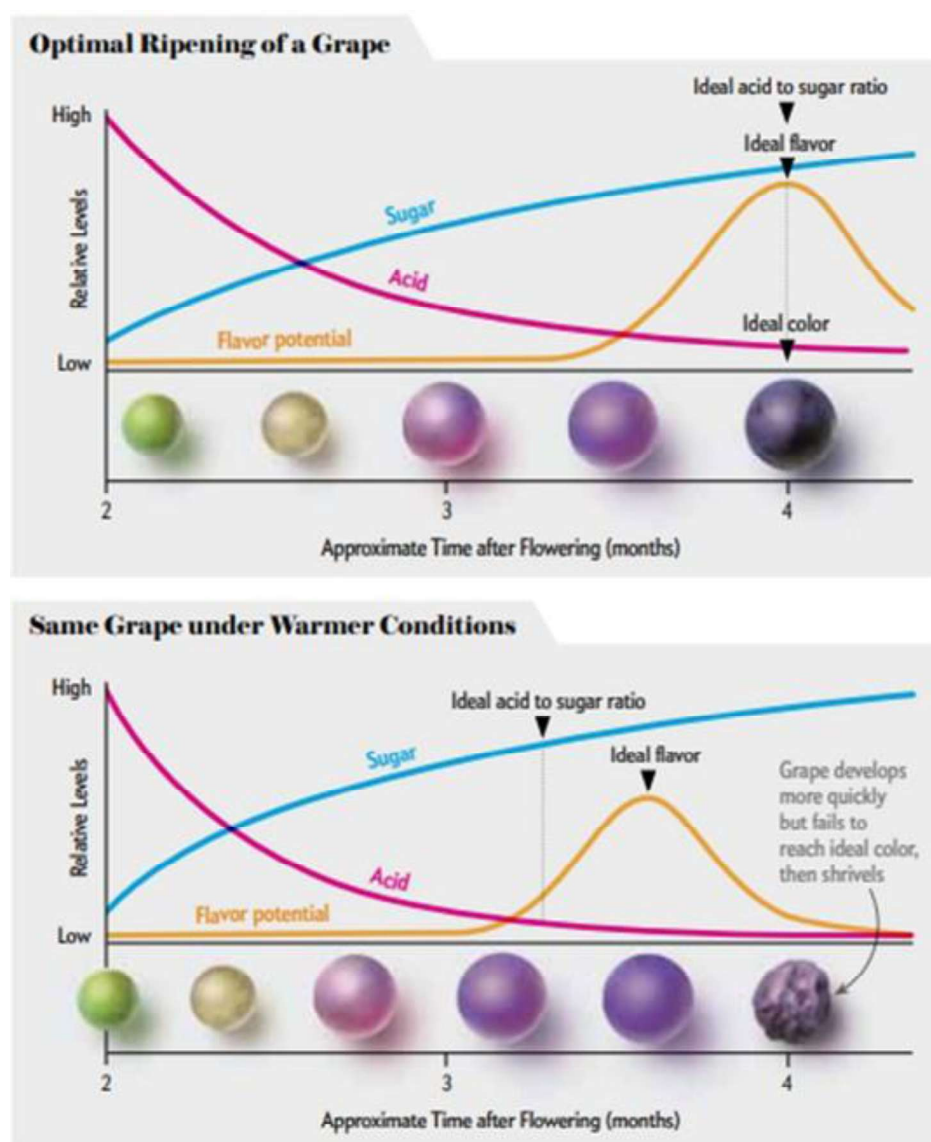
Segundo estudos de Bergqvist et al. (2001) e Conde et al. (2007), à medida que a temperatura aumenta, as necessidades energéticas das células da videira também crescem. Para suprir essa demanda, a célula recorre ao ácido málico armazenado, por meio do aumento na atividade da enzima málica. Logo, uvas colhidas em regiões mais frias, normalmente, apresentam maior teor de ácido málico do que as uvas provenientes de regiões quentes. Cosme et al., (2016) também corroboram estes mecanismos quando afirmam que temperaturas mais amenas diminuem a degradação do ácido málico, resultando em maior acidez do mosto.

Estudos como os de Hale (1977) e de Williams e Biscay (1991), demonstram o quanto a baixa acidez está diretamente relacionada a um pH elevado, sendo essa relação afetada pela acumulação de potássio, a qual é influenciada pela temperatura. Durante a maturação da uva, os níveis de potássio aumentam significativamente nos cachos, devido à redistribuição proveniente de outras partes superiores. Essas altas temperaturas aumentam os níveis de potássio e reduzem a acidez total, levando a um aumento do pH. Em climas quentes, é comum alcançar valores de pH acima de 4, mas esses valores também já foram registrados em climas frios (SIGLER, 2010).

Nicholas (2015) destaca o quanto as mudanças na quantidade e no tempo das chuvas em uma região podem alterar a qualidade da uva de várias maneiras, e a umidade excessiva pode acelerar as podridões fúngicas, tendo em vista que a temperatura determina o equilíbrio dos compostos de açúcar, ácido e sabor nas uvas, e também pode resultar em consequências não lineares que

diminuirão as antocianinas em seu processo de maturação, como mostra a Figura 1. O autor ainda afirma que, se as temperaturas globais continuarem subindo, algumas regiões vinícolas podem sofrer e diminuir seu potencial, assim como novas podem florescer. Exemplo dessas alterações já podem ser vistas em estudos como Chaurel (2006), que demonstra a tendência de aumentar o pH dos vinhos nos últimos 20 anos, interferindo no gosto e na preservação dos mesmos.

**Figura 1** - Comparativo do ponto de colheita ideal da uva considerando o efeito climático.



Fonte: Nicholas (2015)

## Nutrição do solo

Nutrientes são essenciais à videira, pois afetam características metabólicas e fisiológicas, sendo os principais nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, cloro, ferro, manganês, molibdênio, sódio e zinco (GIOVANINNI, 2014).

O potássio é o elemento utilizado pela videira em maior quantidade, sendo absorvido na forma de íon  $K^+$ . A necessidade é mais intensa na fase de lignificação dos ramos e maturação dos frutos. O transporte do potássio no xilema, da raiz aos ramos, é regulado pela capacidade de fornecimento da raiz ao xilema, e possivelmente não depende tanto da transpiração das folhas. O floema, tecido condutor de seiva elaborada, contribui para o transporte do potássio em direção aos órgãos em crescimento, como folhas, brotos e bagas, e pode ocorrer uma retranslocação dos ramos para as raízes, após o que o potássio é redirecionado para o xilema. Isso ocorre quando o xilema fornece mais potássio do que o necessário pelo ramo ou devido a condições deficientes de potássio nas células das raízes, ou seja, redistribuído dos tecidos vegetais mais velhos para os mais jovens (TOGOIRES, 2018).

É necessário um manejo adequado da adubação potássica, e inúmeros estudos são realizados, tendo em vista que em algumas regiões já tem-se detectado elevados teores de potássio nas uvas, como é o caso da Campanha Gaúcha (ZOCCHÉ, 2017), e do Vale do São Francisco, onde, apesar da natural concentração elevada do mineral, seguem sendo aplicadas adubações potássicas inadequadas (SILVA et al., 2017). Em contrapartida, modificação das características químicas do solo do vinhedo, seleção adequada de porta enxerto, estratégias de irrigação e manejo do dossel vegetativo são intervenções agrônomicas capazes de diminuir o teor de potássio do solo e sua absorção pela videira (MPELASOKA et al., 2003).

## O PH E ACIDEZ DO VINHO NOS PROCESSOS ENOLÓGICOS

A acidez é expressa em acidez total, acidez volátil, acidez fixa e acidez real, cada uma delas com importância distinta em relação ao equilíbrio físico-químico e organoléptico do vinho. A acidez total representa a acidez determinada pela neutralização química das funções ácidas dos ácidos minerais e orgânicos presentes no meio. A acidez volátil, que faz parte da acidez total, é composta por todas as formas livres e salificadas dos ácidos voláteis, sendo o ácido acético o principal componente dessa acidez no vinho. A acidez fixa é obtida subtraindo-se a acidez volátil da acidez total (TOGOIRES, 2018).

### Cor

A cor das antocianinas no vinho está diretamente relacionada ao pH do meio. Entre 3,2 e 3,5, quanto mais baixo o pH, mais avermelhada será a tonalidade do vinho, especialmente quando associado a uma boa maturação com micro-oxigenação. Nesse contexto, as antocianinas e os taninos se ligam através de pontes de etanal, o que mantém a coloração dos vinhos mais intensa por mais tempo e os taninos ficam mais polimerizados, resultando em uma textura suave no paladar e aumentando a maciez do vinho (CUNHA, 2014).

Singleton (1987) pontua que vinhos com pH superior a 3,9 são mais suscetíveis a oxidações e a perderem a sua cor jovem. As cores podem variar da cor malva à cor azul, para valores de pH acima de 4, e em meio neutro ou alcalino apresentam uma cor amarela tênue (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Flanzy (2003) afirma que a cor das antocianinas em solução depende do pH do meio, uma vez que estas se encontram em várias formas de equilíbrio, de cores diferentes, dependentes deste parâmetro. Em pH menor que 2,0, a ressonância estabilizada e a forma de flavilium de cor vermelha domina amplamente. Além disso, as interações das antocianinas entre si e com os demais constituintes do meio (copigmentação) e a formação de complexos com íons metálicos se traduzem em mudanças de cor.



### Relação pH e SO<sub>2</sub>

O dióxido de enxofre pode existir em várias formas, dependendo do pH e das condições. Em pH inferior a 3,5 SO<sub>2</sub> se dissocia em ânions bissulfito (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>); em um meio alcalino (pH superior a 4), uma pequena quantidade de SO<sub>2</sub> se dissocia em ânions sulfito (SO<sub>3</sub><sup>-2</sup>). O SO<sub>2</sub> em forma livre e não dissociada em soluções ácidas possui apenas de 1 % a 7 % de SO<sub>2</sub> molecular (Figura 2). Em síntese, pH mais baixo origina maior teor de SO<sub>2</sub> molecular (MILLER, 2012; TOGOIRES, 2018; RIBEREAU-GAYON, et al., 2006).

**Figura 2** - Relação da % de SO<sub>2</sub> livre presente no SO<sub>2</sub> molecular para diferentes pH.

| pH do vinho | % como SO <sub>2</sub> molecular |
|-------------|----------------------------------|
| 3,0         | 6,06                             |
| 3,1         | 4,88                             |
| 3,2         | 3,91                             |
| 3,3         | 3,13                             |
| 3,4         | 2,51                             |
| 3,5         | 2,00                             |
| 3,6         | 1,60                             |
| 3,7         | 1,27                             |
| 3,8         | 1,01                             |
| 3,9         | 0,81                             |
| 4,0         | 0,64                             |

Fonte: Miller, 2012.

Um pH mais baixo resulta em maior fração de SO<sub>2</sub> molecular livre, afeta a suscetibilidade à turvação pelo fosfato de ferro, a precipitação de bitartarato de potássio e a atividade enzimática, especialmente da polifenoloxidase responsável pela oxidação (DE ÁVILLA, 2002). O SO<sub>2</sub>, em correlação com o pH, também afeta a coloração do vinho, principalmente durante o envelhecimento dos vinhos tintos, por isso a sua utilização de maneira prudente é um fator

importante para contribuir com a qualidade final do vinho (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Segundo Bento (2010) as soluções de antocianinas são fortemente descoloridas na presença do dióxido de enxofre, influenciado pelo pH. Em pH 3,2, o anidrido sulfuroso ( $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) reage sob a forma de  $\text{HSO}_3^-$  (ânion bissulfito). O ânion bissulfito reage com o cátion flavílio, sendo o produto final desta reação o  $\text{AHSO}_3$  (incolor). Com a formação do ânion bissulfito, os diversos equilíbrios em que as antocianinas se encontram são deslocados na direção da formação do cátion flavílio, que por sua vez reage com o ânion bissulfito, dando origem a uma espécie incolor acima referida.

## Minerais

Os elementos minerais presentes nas uvas e nos vinhos são absorvidos do solo pelo sistema radicular da videira e estão, principalmente, localizados nas cascas, sementes e na parede celular da polpa da uva. Um mineral é uma substância sólida de ocorrência natural com uma composição de elementos definida e uma estrutura atômica ordenada. O principal mineral dissolvido no vinho provém de sais do metal potássio (K), com contribuições menores de sais de ferro (Fe), sódio (Na), cobre (Cu), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), manganês (Mn), e zinco (Zn) (WATERHOUSE, 2024).

O potássio representa quase 50% do total das substâncias minerais presentes na uva. É encontrado principalmente nas cascas, por isso sua passagem ao vinho depende da maceração (MOTA et al., 2006). O conteúdo típico de minerais dissolvidos (ou seja, metais) no vinho é de cerca de 1,5–3 g/L, principalmente na forma de potássio. Os metais alcalinos e alcalinos-terrosos (ou seja, Na, K, Mg e Ca), se acumulam durante a maturação da baga, e a uva é a principal fonte desses minerais no vinho acabado (WATERHOUSE, 2024).

Segundo Rizzon e Miele (2002) o teor de minerais varia conforme a região de cultivo, sendo influenciado por fatores como o solo, o clima, a variedade de uva, o porta-enxerto, as adubações e os tratamentos fitossanitários. Além disso, os processos de vinificação também afetam a concentração desses elementos. Isso ocorre por meio da utilização de produtos com composição química

específica, práticas enológicas que promovem a extração de compostos da uva ou pelo contato do vinho com materiais e equipamentos durante as fases de elaboração, conservação, estabilização ou engarrafamento. Uma maceração prolongada tende a aumentar o teor de minerais nos vinhos, enquanto a estabilização ajuda a reduzir a concentração de minerais, especialmente potássio e cálcio.

O pH do mosto é influenciado pelo tipo e concentração dos ácidos orgânicos, bem como pela concentração de cátions, com destaque para o potássio (CHAMPAGNOL, 1988). Para Boulton, (1980), o equilíbrio ácido-base do mosto pode ser simplificado pela interação entre o ácido tartárico e o potássio. E vários fatores podem alterar esse equilíbrio e, conseqüentemente, o pH do vinho, Rizzon et al., (1998) relaciona: a dissolução de minerais e ácidos orgânicos presentes na casca da uva durante a maceração; a formação de ácidos orgânicos durante a fermentação alcoólica; a degradação do ácido málico durante a fermentação malolática; e a precipitação de ácido tartárico na forma de bitartarato de potássio e tartarato neutro de cálcio.

Waterhouse (2024), explica que a precipitação de sais de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  do ácido tartárico também influencia as propriedades de sabor e sensação na boca do vinho ao alterar o pH do vinho e, no caso do bitartarato de potássio, reduzir a acidez titulável. Além disso, defeitos organolépticos podem surgir como resultado indireto dos metais de transição no vinho, aumentando a taxa de oxidação e a formação de componentes voláteis e não voláteis do vinho (por exemplo, etanol, compostos aromáticos, polifenóis e antioxidantes adicionados), resultando em mudanças no aroma e na cor do vinho. Outra possibilidade é que os metais possam afetar a cor do vinho tinto ao complexar com antocianinas (e outros copigmentos) e deslocar os máximos de absorção.

## MÉTODOS E LEGISLAÇÃO ACERCA DA ACIDEZ E PH DO VINHO

Atualmente se utilizam várias técnicas para correção de acidez e de pH de vinhos e mostos. A acidificação do mosto poderá ser realizada da seguinte forma: pelo corte com mostos de acidez mais elevada; com a ajuda de resinas trocadoras de cátions fortes ou sob forma livre; pelo emprego de substâncias químicas; ou por acidificação microbiológica (ZATTERA, 2011).

Em alguns casos, como relatado por Mpelasoka et al. (2003), quando se inicia a elaboração de um mosto com pH alto, este tem de ser corrigido no processo de vinificação, sendo a adição de ácido tartárico a prática mais comum. Togores (2018) deixa claro que o momento mais adequado para acidificar com ácido tartárico é fazer uma primeira adição ao final da fermentação alcoólica com a quantidade necessária, e depois corrigir definitivamente o vinho antes de sua estabilização tartárica pelo frio, quando testes apropriados devem ser realizados para calcular a quantidade a ser adicionada, considerando que parte dela se insolubilizará na forma de tartaratos. A acidificação tardia antes do engarrafamento do vinho pode levar a um desequilíbrio no mesmo, resultando em possíveis precipitações na garrafa e uma sensação de aspereza na boca (TOGOIRES, 2018).

Segundo Togores (2018), a acidificação direta é realizada exclusivamente com a adição de ácidos orgânicos autorizados, sendo expressamente proibido o uso de ácidos minerais como ácido sulfúrico, ácido clorídrico ou ácido fosfórico, que às vezes são fraudulentamente usados buscando uma correção do pH para níveis mais baixos. Isso acontece porque o pH é difícil de modificar com os ácidos orgânicos autorizados, devido ao significativo "efeito tampão" presente no vinho. A legislação brasileira impõe o limite de correção de acidez em até 54 meq•L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2014), considerando o uso dos aditivos autorizados legalmente.

## RESINA DE TROCA IÔNICA

O fenômeno de troca iônica foi descoberto em 1852 por Thompson e Way, químicos ingleses estudando propriedades do solo. A primeira resina sintética de troca iônica foi desenvolvida em 1935 por Adams e Holmes, também ingleses, permitindo a desmineralização da água em escala industrial. Com o tempo, surgiram resinas de gerações posteriores, como as de 2ª geração à base de poliestirenos, utilizadas na deionização parcial da água, porém menos eficientes na filtração de sumos devido à baixa porosidade. As resinas de 3ª e 4ª geração, como as macroporosas e poliacrílicas, mostraram boa estabilidade mecânica e resistência a ácidos, tornando-se avanços significativos na tecnologia de troca iônica (DARDEL E ARDEN, 1989; ABRAMS E MILLAR, 1997; ANDRADE, 2012). As resinas de troca iônica para mostos e vinhos são materiais sintéticos constituídos por polímeros como o poliestireno, obtidos através de condensação e polimerização do estireno e divinilbenzeno (MIRA et al., 2006).

Essas resinas funcionam através da regeneração com um ácido mineral, como o ácido sulfúrico, que fixa íons de hidrogênio ( $H^+$ ), trocados pelos cátions presentes no vinho. Com isso, é possível realizar a acidificação com uma significativa redução do pH, ao mesmo tempo em que se reduz o cálcio e o potássio, estabilizando o vinho contra precipitações tartáricas (TOGOIRES, 2018).

Vários trabalhos sustentam esta prática como benéfica na elaboração de vinhos. Borges et al. (2019) constataram uma redução generalizada de vários cátions e de forma significativa de potássio. Mira et al. (2004) compararam vários tipos de resinas, chegando ao resultado de que é possível estabilizar vinhos tintos e brancos utilizando resinas de permutas iônicas. Coria et al. (2012) ressaltam a sustentabilidade da utilização de resinas, pontuando-a como sustentável e econômica em relação a outros tratamentos utilizados.

No entanto, há também estudos que, se não desabonam as qualidades da troca iônica, minimamente, não chegam a conclusões contundentes. Ao tratar

vinhos base para espumantes, Cisilotto (2017) deixa clara a necessidade de mais estudos brasileiros sobre a utilização de resinas de troca iônica. Rizzon et al. (1998) quanto a acidez de uvas tintas de distintas regiões do Rio Grande do Sul (Campanha e Serra Gaúcha), mostram que em vinhos tintos provenientes de Santana do Livramento foi encontrado elevados teores de potássio e baixos teores de ácido tartárico, logo com maior pH quando comparados a Bento Gonçalves e Pinheiro Machado, deixando claro o que evidenciou Cunha (2014) em vinhos tintos da região da Campanha Gaúcha, ou seja, que se faz necessário mais estudos quanto a essa relação do pH.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS APLICADOS**

### **Características climáticas e do solo das regiões do estudo**

O estudo foi realizado nas safras 2022 e 2023, sendo para a Safra 2022 selecionado o vinho Marselan elaborado com as uvas de Santana do Livramento-RS (ML.SL.22) e na safra de 2023 o vinho Merlot com uvas provenientes de Quaraí-RS (MT.QA.23).

Para a região de Santana do Livramento o ano de 2022 ocorreu uma precipitação anual de 1.315 mm, sendo nos meses de maturação da uva (janeiro, fevereiro e março) de 350 mm, a temperatura mínima do ano foi de 17,5°C onde a menor registrada foi em junho com 9°C e maior foi de 25,5°C em janeiro, no verão (INMET, 2022). Segundo Medeiros et al. (2013) a viticultura que compreende Santana do Livramento, Quaraí e Rosário do Sul ocorre sobre solos arenosos pobres em nutrientes, sendo predominantemente Argissolos Vermelhos Distróficos e Alissolos Crômicos Argilúvicos desenvolvidos sobre arenitos, que apresentam baixos níveis de fertilidade e necessitam correção de acidez.

Para a região de Quaraí- RS, que tem uma altitude de 113 metros, o ano de 2023 teve um total de precipitação de 1507,8 milímetros, sendo que nos meses de janeiro a fevereiro um total de 418,8 milímetros, a temperatura média anual

foi de 19,9°C e a média de janeiro a março de 26,4°C; a temperatura mínima registrada foi de 15°C no mês de junho e a temperatura máxima registrada no ano foi de 27,8°C em janeiro (INMET, 2023).

### **Aplicação dos vinhos em resina de troca iônica**

Os vinhos foram elaborados em uma vinícola de porte industrial localizada na cidade de Canela (RS) em parceria com os enólogos executantes e com os enólogos assessores da empresa, aplicando os tratamentos ao final da fermentação malolática, trabalhando sempre com um volume total de 5000 litros e passagem de 20% na resina. Vale ressaltar que os vinhos foram elaborados conforme o protocolo da vinícola seguindo para elaboração de vinhos Gran Reserva ou seja, vinhos que estagiam posteriormente em barricas de carvalho.

Figura 3 - Equipamento de troca iônica da empresa Luvison.



Foto: autor, 2022.

Para a aplicação do tratamento de troca iônica, foi utilizado um equipamento de troca iônica da empresa Luvison que está na vinícola parceira desde 2021 (FIGURA 3). Este equipamento é utilizado com 41kg de resina de troca iônica que possui o nome comercial "pH-STAB" da empresa AEB-group, que vai dentro do cilindro, esta tem a capacidade de passar até mil litros por hora, e a cada mil litros passados, ocorre a regeneração da resina.

Segundo o fabricante, o seguinte equipamento de troca iônica remove o potássio e libera hidrogênio para a solução, essa reação baixa o pH (potencial de hidrogênio, pH mais baixo). Quando ocorre a saturação da resina pelo acúmulo de potássio, é necessária uma regeneração, esta é realizada com a passagem do reagente ácido (Acid+®) o qual realiza a troca do hidrogênio com o potássio, reativando a resina. E a cada cinco regenerações, se faz necessário uma lavagem de ação desagregante da matéria orgânica, utilizando uma solução de 6% de detergente com ação higienizante a base Hidróxido de sódio.

Quando selecionados os vinhos para o experimento, foram primeiramente separadas as amostras padrões, ou seja aquelas que não passaram por tratamento na resina, foram colocadas em garrafas de vidro de 750ml e identificadas. Posteriormente esses vinhos foram submetidos a tratamento de 20% do volume (1.000l de vinho) e pós passagem é restituído ao volume final (5.000l de vinho) e remontados por cerca de 40 minutos para homogeneização do vinho, para então ocorrer a retirada das amostras tratadas, e colocadas em garrafas de vidro de 750ml e identificadas.



## **Análises físico – químicas**

As análises físico-químicas de anidrido sulfuroso livre (SO<sub>2</sub> Livre), Acidez Volátil, Acidez Total, pH,  $\lambda$  420nm,  $\lambda$  520nm,  $\lambda$  620nm e Índice de Polifenóis Totais foram realizadas no laboratório da empresa parceira Enovitis.

Para a análise de SO<sub>2</sub> Livre foi aplicado o Método por aspiração, descrito por Rankine (1989), que baseia-se na eliminação do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) de uma amostra de vinho por aspiração através de uma coluna de condensação em uma solução de peróxido de hidrogênio para oxidar o SO<sub>2</sub> em ácido sulfúrico sendo titulado com uma solução padrão de Hidróxido de Sódio.

Para análise de Acidez Volátil, foi realizada por titulometria aplicando o método descrito por Rizzon (2010), tendo como princípio para esta a análise a descrição de que a acidez volátil corresponde à soma dos ácidos graxos da série acética presentes no vinho no estado livre ou salificado. A separação dos ácidos voláteis acontece por meio do arraste do vapor da água e retificação dos vapores. Para quantificação, adiciona-se solução padronizada de Hidróxido de Sódio ao destilado até a sua neutralização (pH de aproximadamente 7).

A determinação da Acidez Total, fundamenta-se na reação de neutralização dos ácidos com solução padronizada de Hidróxido de Sódio (pH de aproximadamente 7), seguindo o método do MAPA no Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres, descrito no Método 05 (2005).

Para análise de pH foi realizada medição direta em pH-metro, sendo este previamente calibrado com solução tampão de pH 4 e pH 7. Seguindo o método do MAPA no Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres, descrito no Método 04 (2005).

O Índice de Polifenóis Totais (espectrofotometria) tem como princípio que os polifenóis totais correspondem ao conjunto de todos os compostos fenólicos do vinho. O princípio utilizado para a determinação do conjunto dos compostos fenólicos do vinho baseia-se no fato de que os vinhos tintos absorvem consideravelmente radiação ultravioleta (UV) com um mínimo de 280 - 282 nm,

essencialmente à absorção dos núcleos benzênicos, característicos dos compostos fenólicos. Sendo aplicado o método de Espectrofotometria descrito por Rizzon (2010).

Para as análises de cor (absorbâncias 420, 520 e 620; Intensidade de cor), aplicando a técnica de Espectrofotometria designada por Rizzon (2010), no qual as características cromáticas de um vinho são designadas de cromaticidade e luminosidade. A luminosidade depende da transmitância e varia inversamente com a intensidade da cor do vinho. A cromaticidade depende do comprimento de onda dominante e pureza. Convencionalmente, e por conveniência, as características cromáticas de vinhos tintos e rosés são descritos pela intensidade de cor e tonalidade. E para a intensidade da cor que é dada pela soma das absorbâncias usando um percurso óptico de 1 mm e radiações de comprimentos de onda 420, 520 e 620 nm e a tonalidade é expressa como a razão de absorbância em 420 nm para absorbância em 520 nm.

### **Análise de Minerais**

As análises de cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn), potássio (K) e sódio (Na) no Laboratório de Enologia do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Bento Gonçalves.

Os metais foram quantificados por métodos preconizados por Rizzon (2010), expressos em mg.L<sup>-1</sup>. Os metais alcalinos terrosos analisados, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), assim como os íons metálicos de transição, cobre (Cu) e zinco (Zn), foram determinados por espectrometria de absorção atômica. A determinação dos teores dos metais alcalinos analisados, potássio (K) e sódio (Na), foi por espectrometria de emissão de chama.

## Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada na Vinícola Jolimont em Canela, RS no dia 05 de abril de 2024. Utilizou-se a técnica de Análise Descritiva Qualitativa (ADQ), segundo o método de Stone et al. (1974) A ADQ tem por objetivo identificar e quantificar os atributos sensoriais em um produto, com a participação de avaliadores e a aplicação de análise estatística para o levantamento e descrição detalhada dos resultados (STONE e SIDEL, 2004). Para isto a ficha utilizada visa avaliar as diferentes características dos vinhos quanto a análises visual, olfativa e gustativa.

O painel de avaliação foi formado por 12 provadores especialistas da área, todos maiores de 18 anos, com habilidade para quantificar descritores aromáticos, visuais e gustativos em vinhos tintos. As amostras foram codificadas e apresentadas às cegas aos degustadores (Figura 4).

Figura 4 - Amostras codificadas para a degustação.



Fonte: Acervo da autora.

A pesquisa envolvendo seres humanos em prova sensorial foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFRS no dia 01 de abril de 2024, estando registrado com o número do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 78273824.9.0000.8024, seguindo todas as diretrizes e documentações do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice II) e o termo de Autorização de Imagem (Apêndice III) e só ocorreu a análise sensorial após aprovação.

Para as estatísticas das análises físico químicas e sensorial, foi aplicado o Teste T de Student com nível de confiança de 5 % e homoscedasticidade constatada pelo teste de Bartlett, utilizando o programa de Statistica ® versão 14.0, StatSoft Inc., EUA.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Marselan – Safra 2022**

Na safra 2022, podemos analisar o vinho Marselan (ML.SL.22) quanto aos seus parâmetros físico-químicos (Tabela 1), que estatisticamente obtiveram diferenças significativas no antes e depois da aplicação da resina nos parâmetros acidez total, pH e SO<sub>2</sub> Livre, sendo este resultado também encontrado nos parâmetros de acidez total e pH por Wegmann-Herr e Nickolaus (2023) quando aplicam permutadores de troca catiônica para redução de pH. Ainda quanto a estes parâmetros, no pH pode-se verificar que o mesmo baixou após passar 20% do volume do vinho na resina, sendo que o pH baixou 0,16, e consequentemente sua acidez total aumentou 4,67mEq/L..

Tabela 1 - Estatística das análises físico-químicas do vinho Marselan da safra 2022 – ML.SL.22.

|                               | ML.SL.22<br>(ANTES RESINA) | ML.SL.22<br>(DEPOIS RESINA) | VALOR DE P |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------|
| <b>ACIDEZ TOTAL (MEQ/L)</b>   | 69,33 ± 1,154              | 74 ± 1,73                   | 0,01*      |
| <b>PH</b>                     | 4,03 ± 0,02                | 3,87 ± 0,02                 | 0,001***   |
| <b>SO2 LIVRE (MG/L)</b>       | 28,2 ± 2,424               | 35,4 ± 0,529                | 0,007**    |
| <b>ACIDEZ VOLÁTIL (MEQ/L)</b> | 10,13 ± 0,416              | 10,53 ± 0,23                | 0,21       |
| <b>IPT</b>                    | 68,866 ± 0,98              | 63,06 ± 4,562               | 0,09       |
| <b>COR (420NM)</b>            | 0,473 ± 0,02               | 0,498 ± 0,009               | 0,13       |
| <b>COR (520 NM)</b>           | 0,674 ± 0,03               | 0,716 ± 0,02                | 0,157      |
| <b>COR (620 NM)</b>           | 0,185 ± 0,006              | 0,180 ± 0,005               | 0,345      |
| <b>INTENSIDADE DE COR</b>     | 1,33 ± 0,05                | 1,39 ± 0,01                 | 0,16       |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5% (\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%. (\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1% IPT: Índice de Polifenóis Totais.

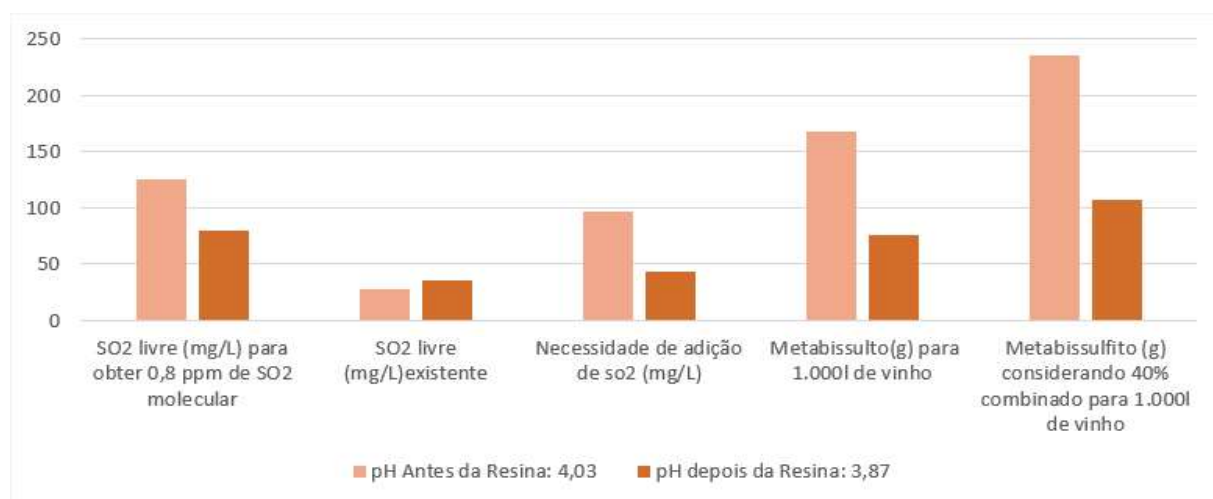
No Indicice de Polifenóis Totais (IPT) acabou ocorrendo uma diminuição, e nos atributos de cor, todos ocorreram um leve aumento da amostra padrão, mas nada estatisticamente significativo, porém este resultado pode estar ligado a variedade. ALCADÉ-EON et al. (2006), em seus estudos, já explana que a variedade Marselan resulta em um vinho de coloração e taninos leves, sendo caracterizada por percentagens mais elevadas de malvidina-3- glicosídeo e menor quantidade de antocianinas totais. Ou seja ao baixarmos o pH do vinho

Marselan para mais próximo de 3,5, as malvidina-3- glicosídeo tenderam a ficar mais estabilizadas, pois quando inicialmente seu pH estava em 4,03, este vinho estava mais suscetível a oxidações e a perder a sua cor jovem, sendo que as cores podem variar da cor malva à cor azul para valores de pH acima de 4 (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; SINGLETON, 1987).

No estudo de Payan et al. (2023), a explanação sobre o pH é voltado para seu impacto na eficiência do dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), que se explica que no vinho este é encontrado sob duas formas:  $\text{SO}_2$  livre e  $\text{SO}_2$  combinado e o  $\text{SO}_2$  livre existe em três formas:  $\text{SO}_2$  molecular, bissulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ) e sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) no qual a proporção destas três formas depende do pH do vinho e desses o  $\text{SO}_2$  molecular compreende 0,5 a 6% do  $\text{SO}_2$  livre total e está ligado principalmente com o efeito antisséptico.

Podemos notar quanto ao  $\text{SO}_2$  livre dos vinhos da safra 2022 um aumento nos vinhos que baixaram o pH, o que condiz com a trabalho de de Ribéreau-Gayon et al (2006) que explicam que a percentagem de dióxido de enxofre livre na forma molecular depende do pH. Logo se utilizarmos de um cálculo simples, indicado por Moroney et al. (2022) para correção de metabissulfito de potássio baseado no  $\text{SO}_2$  molecular suficiente para preservar a qualidade do vinho, podemos observar pela Figura 5, o quão a necessidade de metabissulfito diminui consideravelmente sendo ideal para proteção antimicrobiana e antioxidante e utilizando da manutenção de 0,8 ppm de  $\text{SO}_2$  molecular

**Figura 5** - Representação gráfica de correções de Metabissulfito dos vinho Marselan da safra 2022 seguindo os cálculos propostos por Moroney et al. (2022).



Fonte: Elaborado pela autora.

Na safra 2022, podemos observar que em todos os minerais houve uma diminuição após a passagem na resina. Estatisticamente, como podemos observar na Tabela 2 o ML.SL.22 obteve diferenças significativas quanto ao cálcio e ao potássio. O resultado condiz com o estudo da variedade explanado por Santos (2011), que em seu estudo da composição elementar desenvolvido com amostras de solo, videira, uva e vinho da cultivar Marselan explana que a concentração elementar dos compostos orgânicos são marcantes, sendo esses em ordem decrescente K, P, S, Mg e Ca e na uva madura e antes da vinificação são, K, P, Ca, Mg e S, chegando à conclusão que o vinho varietal dessa cultivar demanda vários meses de evolução antes de ser comercializado.

**Tabela 2-** Estatística das análises de minerais do vinho Marselan da safra 2022 – ML.SL.22.

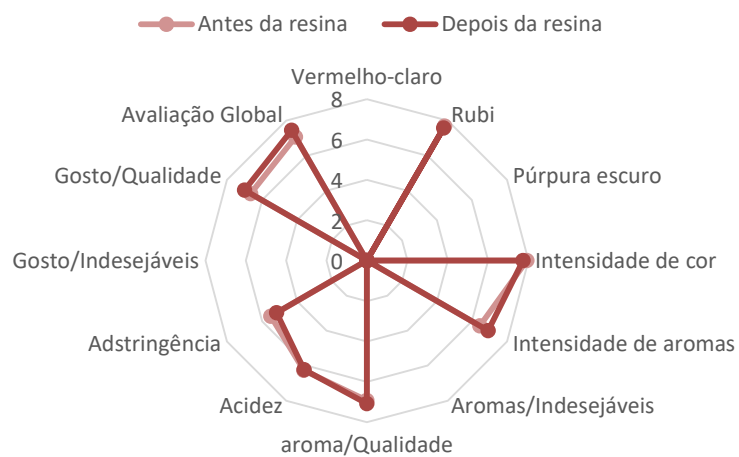
|                      | ML.SL.22<br>(ANTES RESINA) | ML.SL.22<br>(DEPOIS RESINA) | VALOR DE P  |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>Magnésio (Mg)</b> | 59,88 ± 39,8               | 18,44 ± 15,1                | 0,167362    |
| <b>Cobre (Cu)</b>    | 0,603 ± 0,21               | 0,53 ± 0,11                 | 0,626765    |
| <b>Zinco (Zn)</b>    | 0,73 ± 0,24                | 0,55 ± 0,37                 | 0,51862     |
| <b>Cálcio (Ca)</b>   | 84,93 ± 13,74              | 48,49 ± 10,715              | 0,022324**  |
| <b>Sódio (Na)</b>    | 16,05 ± 3,25               | 14,35 ± 1,55                | 0,459409    |
| <b>Potássio (K)</b>  | 1005 ± 15                  | 900 ± 25                    | 0,003365*** |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%. (\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%. (\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1%

Para o Marselan de Santana do Livramento- RS (ML.SL.22) a safra de 2022 (Figura 6), tivemos uma intensidade de cor voltada para a cor rubi, sem características indesejáveis, apresentando pequenos pontos de diferença entre o antes da resina e depois da resina na adstringência, qualidade e avaliação global, condizendo com o potencial da variedade em sua cor e intensidades também encontrados no Marselan da Campanha Gaúcha descritos por Müller (2016) e Rabelo e Braga (2017), que chegaram a uma caracterização do Marselan em regiões brasileiras com a cor violeta, aromas de frutas vermelhas, notas adocicadas e madeirizadas sem defeitos, taninos leves, corpo médio, acidez média e teor alcóolico médio. Estatisticamente as amostras não obtiveram diferenças.



**Figura 6 - Resultado da avaliação Sensorial do ML.SL.22.**



Fonte: Elaborado pela autora.

### Merlot – Safra 2023

Sobre o vinho da Safra 2023, conforme a Tabela 3, pode-se verificar que apenas no parâmetro cor (620) o vinho MT.QA.23, não se obteve diferença significativas, os demais parâmetros todos obtiveram diferenças significativas.

**Tabela 3** - Estatística das análises físico-químicas do vinho da safra 2023.

|                        | MT.QA.23<br>(ANTES RESINA) | MT.QA.23<br>(DEPOIS RESINA) | VALOR DE P |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------|
| ACIDEZ TOTAL (MEQ/L)   | 80 ± 1                     | 86 ± 1                      | 0,001***   |
| PH                     | 3,57 ± 0,01                | 3,47 ± 0,01                 | 0,0002***  |
| SO2 LIVRE (MG/L)       | 23,5 ± 0,5                 | 29,8 ± 0,2                  | 0,0003***  |
| ACIDEZ VOLÁTIL (MEQ/L) | 9,8 ± 0,2                  | 8,1 ± 0,1                   | 0,0001***  |
| IPT                    | 65,63 ± 0,208              | 61,9 ± 0,1                  | 0,0001***  |
| COR (420NM)            | 0,412 ± 0,002              | 0,428 ± 0,001               | 0,0007***  |
| COR (520 NM)           | 0,674 ± 0,004              | 0,764 ± 0,01                | 0,0003***  |
| COR (620 NM)           | 0,146 ± 0,002              | 0,146 ± 0,001               | 0,829      |
| INTENSIDADE DE COR     | 1,236 ± 0,008              | 1,339 ± 0,01                | 0,0005***  |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5% (\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%. (\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1% IPT: Índice de Polifenóis Totais.

Na relação acidez total e pH, os resultados foram como os esperados, ou seja, baixa o pH e aumenta a acidez total dos vinhos, mostrando que a resina foi capaz de trocar o hidrogênio com o íon potássio do vinho, assim como também foi relatado no trabalho de Cruz (2014), no Merlot (MT.QA.23), quando o pH baixou 0,1 e a acidez aumentou em 6mEq/L.

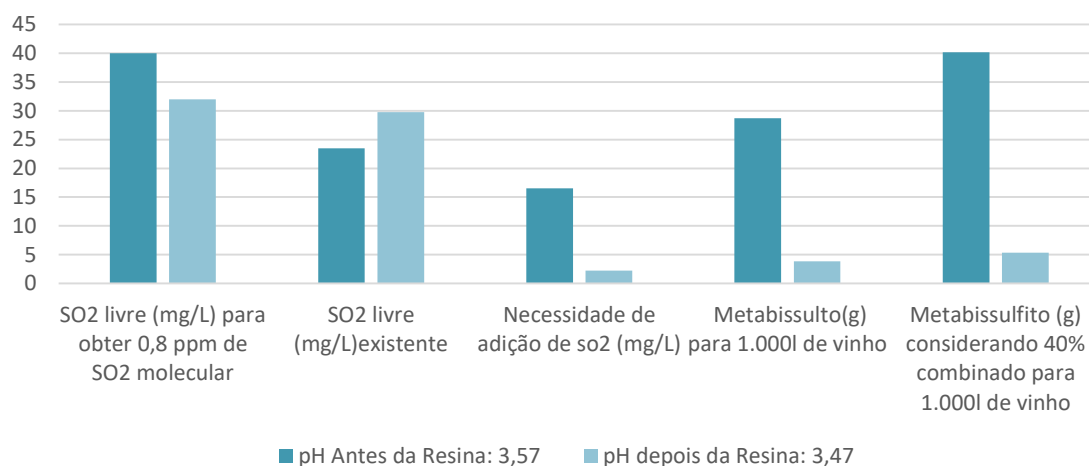
A acidez volátil, é um composto indesejável, e o desejável é que esteja sempre em baixas concentrações no vinho, este é causado especialmente pelas

Espécies de *Acetobacter* que se responsabilizam pela deterioração denominada pique acético, essas bactérias que são as que transformam o etanol em ácido acético, ou seja, diminuem a graduação alcoólica e elevam a acidez volátil (SILVA, 2021), o que foi obtido neste vinho, baixando mais seu valor após passar o vinho na resina.

Quanto a cor do vinho, tendo em vista que as medidas do comprimento de onda 420nm, 520 nm e 620 nm, são correspondentes às cores vermelho, amarelo e azul, respectivamente, e a Intensidade de cor é a soma dos mesmos. O índice de polifenóis totais (IPT) é uma medida que quantifica a quantidade total de polifenóis presentes em um vinho, ressaltando que além dos constituintes fenólicos dos vinhos, a cor se deve também a diversos parâmetros físico-químicos, como o pH (GLORIES, 1984). Podemos avaliar que o vinho Merlot (MT.QA.23) apresentou, após a resina um vinho com menor índice de IPT, um aumento nas absorvâncias 420nm (vermelho) e 520nm (amarelo), e se manteve na absorvância da cor azul (620nm), ficando similar ao estudo de Cruz (2014).

Ao avaliar o SO<sub>2</sub> livre dos vinhos na safra 2023, também pode-se verificar que houve um aumento estatisticamente significativo. E aplicando também o cálculo indicado por Moroney et al. (2022) para correção de proteção do vinho baseado na utilização do SO<sub>2</sub> molecular suficiente e utilizando o metabissulfito de potássio temos, conforme a Figura 7, assim como esperado, a necessidade de metabissulfito diminuiu consideravelmente. Lepe e Leal (2004) explicam que a fração de sulfito livre, quando ao pH do vinho diminuiu, ou seja, se torna mais ácido, o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) tende a permanecer mais na forma molecular (SO<sub>2</sub> livre) em vez de estar na forma de íons, como bisulfito (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e sulfito (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). Portanto, em condições de pH mais baixo, a quantidade de SO<sub>2</sub> livre tende a aumentar, sendo este importante pois o SO<sub>2</sub> livre fica mais eficaz como antioxidante e antimicrobiano no vinho. E, quando se faz uma redução de correção de sulfuroso do vinho, isso ajuda que não ocorra um odor excessivamente sulfuroso durante a degustação.

**Figura 7** - Representação gráfica de correções de Metabissulfito dos vinho Marselan da safra 2023 seguindo os cálculos propostos por Moroney et al. (2022).



Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação aos minerais do vinho Merlot, da safra 2023, pode-se avaliar pela Tabela 4, que novamente em todos os minerais houve uma diminuição após os vinhos serem tratados com a resina, ocorrendo em vários parâmetros diferenças estatísticas.

O teor de Magnésio ficou bem abaixo do esperado, que seria ao redor de 50 mg L<sup>-1</sup> e 90 mg L, segundo Rizzon (2010), e sendo notável em todos os vinhos uma baixa bem considerável após o tratamento, sendo que o pH, o tempo e a temperatura de conservação também exercem uma influência no teor de magnésio dos vinhos.

Nos minerais que podem interferir na estabilidade do vinho (Cu, Zn e K), o cobre participa dos processos de turvação e oxidação dos vinhos, e quando está em concentrações maiores que 0,7 mg.L<sup>-1</sup>, poderá provocar a casse cúprica, principalmente durante a conservação do vinho, e no MT.QA.23 pode-se observar que a resina ajudou a evitar tal problema. No potássio, nota-se uma diminuição benéfica, sendo que este ao se combinar com o ácido tartárico pode

ormar o bitartarato de potássio, em especial na estocagem do vinho, o qual pode impactar negativamente na cor, sabor e estabilidade microbiológica do vinho (RIZZON, MIELE e ZANUS, 1998; RIBEREAU-GAYON, et al., 2006; RIZZON, 2010).

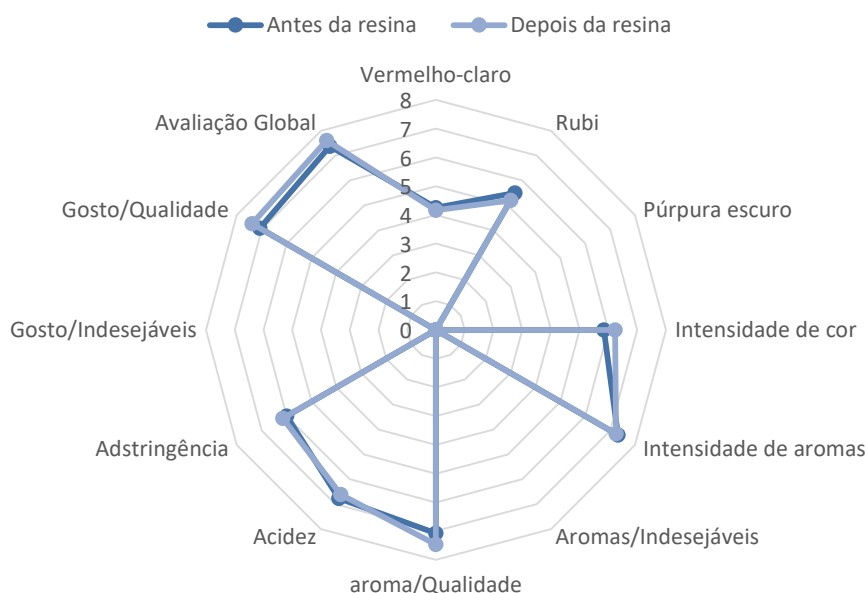
**Tabela 4** - Estatística das análises de minerais do vinho Merlot da safra 2023 – MMT.QA.23

|                      | MT.QA.23<br>(ANTES RESINA) | MT.QA.23<br>(DEPOIS RESINA) | VALOR DE P  |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>Magnésio (Mg)</b> | 43,06 ± 2,9                | 4,61 ± 0,71                 | 0,000025*** |
| <b>Cobre (Cu)</b>    | 0,78 ± 0,08                | 0,65 ± 0,02                 | 0,063495    |
| <b>Zinco (Zn)</b>    | 0,74 ± 0,09                | 0,525 ± 0,06                | 0,064225    |
| <b>Cálcio (Ca)</b>   | 46,59 ± 3,61               | 5,22 ± 0,1                  | 0,000038*** |
| <b>Sódio (Na)</b>    | 8,7 ± 0,5                  | 8,2 ± 0,2                   | 0,183079    |
| <b>Potássio (K)</b>  | 575 ± 75                   | 517 ± 52                    | 0,339057    |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%. (\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%. (\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1%.

Quanto à análise sensorial, o Merlot (MT.Q.A.23) também não mostrou diferenças significativas estatisticamente. Na figura 8, podem-se notar que, segundo os avaliadores, a cor tendeu para um rubi, tendo uma boa avaliação global, em ambas as amostras, não apresentando nenhuma sensação indesejável em aroma e no gostoe boas notas de acidez e aromas, o que também foi relacionado por Rizzon e Miele (2003), que sensorialmente caracterizaram vinhos da variedade Merlot com cor vermelho-violáceo que lhe confere aspecto visual distinto e em boca se distingue pela maciez, equilíbrio e fineza sem ser muito encorpado.

**Figura 8** - Resultado da avaliação Sensorial do MT.QA.23.



## REFERENCIAS

ALCADE-EON, C. et al. **Pigment profiles in monovarietal wines produced in Uruguay**. American Journal of Enology and Viticulture. v.57, n. 4, p. 449-459, 2006.

BENTO, M. P. M. A. **Oxidação da matéria corante em vinhos tintos: O efeito de diferentes quantidades de oxigênio**. (Dissertação de Mestrado) - Master Thesis. 2010. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10400.5/3328> >. Acesso em: 25 de jul. de 2023.

BERGQVIST, J., DOKOOZLIAN, N., EBISUDA, N. **Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California**. American Journal of Enology and Viticulture. v. 52, p.1-7. Davis, 2001.

BORGES, R.; FERNANDES, C.; MARQUES, C.; VILELA, A.; FELIPE-RIBEIRO, L.; NUNES, F.M.; COSME, F. **Tratamento do vinho com resinas de troca iônica**: Impacto no pH. Revista Tecnoalimentar: Dossiê Química Alimentar, n. 18, p. 27-29, 2019.

BRASIL. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 de fev. de 2014.

BRASIL. Instrução Normativa nº 49, de 1º de Novembro de 2011. **Estabelece as Práticas Enológicas Lícitas para a elaboração de vinho e mosto de uva e para a uva destinada à industrialização**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 01 de jan. 2011. Seção 1, p. 28. 2011.

CHAUREL, J.Y. **Effect of Potassium fertilization on soil, grapevine and wine in granitic soil**. Progress Agricole et Viticole, Montpellier, v.123, n.23, p.455-462, 2006.

CISILOTTO, B. **Utilização de resina de troca iônica pré-fermentativa para elaborar vinhos base de espumantes**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Gestão Vitivinícola) - Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, p. 129, 2017.

CONDE, C., SILVA, P., FONTES, N., DIAS, A.C.P., TAVARES, R.M., SOUSA, M.J., AGASSE, A., DELROT, S., GERÓS, H. **Biochemichal changes throughout grape berry development and fruit and wine quality**. Revista Food v.1, p. 1-22, 2007.

CORIA, C.; MURGO, M.; GARGANTINI, R.; Martín, S. **Efecto del tratamiento con resinas catiónicas utilizadas para la acidificación de vinos argentinos**. In: Congresso Mundial da Vinha e do Vinho, 2012, Izmir (Turquia). Anais... OIV, 2012.

COSME, F.; VILELA, A.; JORDÃO, A. M. **The role of tartaric acid in grapes and wines**. *Advances In Chemistry Research*, v. 40, p. 198-216, 2017.

CUNHA, W. M. **Utilização de resinas de intercâmbio catiônico em vinho elaborado na campanha gaúcha**. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, 2014.

DE ÁVILA, L. D. **Metodologias Analíticas Físico-químicas**. Laboratório de Enologia. Bento Gonçalves, Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves, 2002.

FLANZY, C. **Enología**: Fundamentos científicos y tecnológicos. 2ª edição. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2003.

GIOVANNINI, E. **Manual de Viticultura**: Série Tekne. Editora Bookman, 259 p., 2014.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. Porto Alegre, Renascença, 362 p., 2008.

GLADSTONE, J. S. **Viticulture and environment**: a study of the effects of environment on grapegrowing and wine qualities, with emphasis on present and future areas for growing winegrapes in Australia. Australia, Winetitles, 310p. 1992.

GLORIES, Y. *La couleur des vins rouges*, 2ª Partie Mesure, Origine et Interpretation. *Connaissance Vigne Vin*, Talence, v. 18, p. 253-271, 1984.

HALE, C. **Relation between potassium and malate and tartrate contents of grape berries**. *Vitis*, v. 16, n.1, p. 9-19, 1977. Disponível em: <<https://ojs.openagrar.de/index.php/VITIS/article/view/6977>>. Acesso em 20 de jul. de 2023.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **BDMEP** - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa: dados da estação automática de Santana do Livramento, Quaraí e Encruzilhada do Sul em 2022 e 2023. Brasília.



Disponível em: < <https://bdmep.inmet.gov.br/> > Acesso em: 20 de abril de 2024.

JACKSON, D. **Monographs in cool climate viticulture 2: Climate**. Wellington: Daphne Brasell Associates Ltd, 2001.

LEPE, J.A.S.; LEAL, I.B. (2004) Microbiologia enológica: Fundamentos de vinificación. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 761 p MAPA no Manual de Métodos de

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres. Método 05.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres. Método 04.

MILLER, M. **How SO<sub>2</sub> and pH are Linked**. 2012. Disponível em: <<http://accuvin.com/wp-content/uploads/2015/04/How-SO2-and-pH-are-Linked.pdf>> Acesso em: 25 de jul. de 2023.

MIRA, H.; LEITE, P.; SILVA, J. M. R.; CURVELO GARCÍA, A. S.; **Use of ion exchange resins for tartrate wine stabilization**. Journal international des sciences de la vigne et du vin, v. 40, n. 4, p. 223-246, 2006.

MIRA, H.; LEITE, P.; SILVA, J. M. R.; CURVELO-GARCIA, A. S. **Resinas permutadoras de iões para estabilização tartárica de vinhos**. 6º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, p. 15-24, Portugal, 2004.

Moroney, M; Savits, J.; Watrelot, A. Sulfur Dioxide in Winemaking. Iowa State University. Extension and Outreach, 3p., 2022. Disponível em: <<https://store.extension.iastate.edu/product/Sulfur-Dioxide-in-Winemaking>>.

Acessado em: 19 de mar. de 2024.

MPELASOKA, B.S., SCHACHTMAN, D. P., TREEBY, M. T., THOMAS, M. R. **Review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation.** Australian Journal of Grape and Wine Research, Adelaide, v.9, n.3, p.154-168, 2003.

MULLER, R.E. **Potencial enológico de novas variedades cultivadas na campanha gaúcha.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do rio Grande do Sul – Porto Alegre, 73f. 2016.

NICHOLAS, K. A. **Will We Still Enjoy Pinot Noir?**. Scientific American, DOI: 10.1038/scientificamerican0115-60. v. 312, n.1, p. 60-67, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/271532965\\_Will\\_We\\_Still\\_Enjoy\\_Pinot\\_Noir](https://www.researchgate.net/publication/271532965_Will_We_Still_Enjoy_Pinot_Noir)>. Acesso em: 21 de jul. de 2023.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA VINHA E DO VINHO (OIV). **International Oenological codex, resolución OIV-OENO 43-2000.** Disponível em: <<https://www.oiv.int/public/medias/8632/codex-2022-en.pdf>>. Acesso em: 04 de Dezembro 2022.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA VINHA E DO VINHO (OIV). **Resolución OIV-Oeno 443-2012.** Disponível em: <https://www.oiv.int/public/medias/1470/oiv-oeno-443-2012-es.pdf> Acesso em: 04 de Dezembro 2022.

PAYAN. C.; GANCEL, A.L.; JOURDES, M.; CHRISTMANN, M.; TEISSEDRE, P.L. Wine acidification methods: a review. OENO One, Vol. 57 n.3, 2023. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.3.7476>.

RABELO, S. C. V.; BRAGA, C. J. M. **Análise sensorial de vinhos brasileiros da casta Marcelan por métodos científicos.** Nutrivisa-Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde, v. 4, n. 2, p. 6-17, 2017.

RANKINE, BRYCE. Manual Práctico de Enología. Análisis del vino. Determinación de dióxido de azufre. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.,1989. p. 339 – 342.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. **Phenolic Compounds**. Handbook of Enology: The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments, v.2, p. 141-203, 2006.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A.; **Trattato di enologia I: Microbiologia del vino** Vinificazioni 3.ed. Edagricole: Italia, Bologna, 2007.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, D. A. **Tratado de Enologia I: Microbiologia del vino - Vinificaciones. 2. Química del vino – Estabilización y tratamientos.** 1.ed. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2003.

RIZZON, L. A., SGANZERLA, V. M. A., **Ácidos tartárico e málico no mosto de uva em Bento Gonçalves-RS.** Ciência Rural, v.37, n.3, mai-jun, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. **Avaliação Da Cv. Merlot para elaboração de Vinho tinto.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 23, p. 156–161. 2009.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. **Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 24, no. 2, p 223–229, 2004.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. Ciência Rural, v. 32, n. 3, p. 511-515, 2002.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. **Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul.** Food Science and Technology, v. 18, p. 179–183, maio 1998.

RIZZON, L.A.; MIELE, A. Avaliação da c. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. Ciência e Tecnologia dos Alimentos, v. 22, n. 2, p. 192-198, 2002.

Rizzon, Luiz Antenor. Metodologia para análise de vinho. Emprapa Informação Tecnológica. Brasília, 2010.

SIGLER, J. **In den Zeiten des Klimawandels:** Von der Sübreserve zur Sauerreserve? In R. Orduña, Climate change associated effects on grape and

wine quality and production, Food Research International v. 43, p. 1844-1855, 2010.

SILVA, G.A. Deterioração microbiológica do vinho e do suco de uva. Embrapa. Uva para processamento. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/uva-para-processamento/pos-producao/processamento-da-uva/deterioracao-microbiologica-do-vinho-e-do-suco-de-uva>. Acesso em : 22 de jun. de 2024.

SILVA, T. D. M.; DEON, M.; NUNES, G. D. S.; FERRAZ JUNIOR, R. S., RIBEIRO JUNIOR, P. M.; BIASOTO, A. **Influência da adição de potássio e cálcio sobre atributos do solo de área de videira destinada à elaboração de vinhos finos no Vale do Submédio São Francisco**. XII Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, 2017. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1073472/1/Paulolvan.pdf>>. Acesso em: 16 de jul. de 2023.

SINGLETON, V. L. **Oxygen with phenols and related reactions in musts, wines, and model systems**: observations and practical implications. American Journal of Enology and Viticulture. v. 38, n. 1, p. 69-77, 1987.

STONE H., SIDEL J., OLIVER S., WOOLSEY A., SINGLETON R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. FOOD TECHNOLOGY 1974; 28:24-34. <https://doi.org/10.1002/9780470385036.ch1c>.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory Evaluation Practices**. 3.ed. Academic Press, Redwood City, California, 1993.

TOGORES, J. H. **Tratado de Enología**. Parte I. 3ª edição. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2018.

VIGARA, J. J. M.; AMORES, R. A. P.; **Química Enológica**. Mundi-Prensa: Madrid (Espanha), 2010.

WEGMANN-HERR, P.; NICKOLAUS, P. **Verification of the practical suitability of cation exchangers for lowering the pH value in must and wine**. 43rd World

Congress of Vine and Wine. v.56, n.02008,3p., 2023.  
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20235602008>.

WILLIAMS, L.; BISCAY, P. **Partitioning of dry-weight, nitrogen, and potassium in Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest.** American Journal of Enology and Viticulture, v. 42, p. 113-117, 1991.

ZATTERA, F. **Relatório de estágio** – Cia. Piagentini de Bebidas e Alimentos 2010. Bento Gonçalves: Instituto Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves, 2011.

ZOCHE, R. G. S.; JACOBS, S. A.; SAMPAIO, N. V.; SOUZA, V. Q.; CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; RIZZON, L. A.; ROMBALDI, C. V. **Vinhos produzidos com a uva 'Cabernet Sauvignon' da região de Bagé, no Rio Grande do Sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 52, n. 5, p. 311-318, 2017.

## APÊNDICE B – ARTIGO SUBMETIDO

Artigo Submetido a Revista Ciência e Técnica Vitivinícola em 29 de agosto de 2024

### **APLICAÇÃO DE RESINA DE TROCA IÔNICA EM VINHOS DA CULTIVAR TANNAT PROVENIENTES DA CAMPANHA GAÚCHA / RS PARA MELHORIA DE PROCESSOS**

### **APPLICATION OF ION EXCHANGE RESIN IN WINES FROM CULTIVAR TANNAT FROM THE GAÚCHA CAMPAIGN / RS FOR PROCESS IMPROVEMENT**

Elisandra Silva<sup>1\*</sup>, Vitor Manfroí<sup>2</sup>, Evandro Ficagna<sup>1</sup>, William Triches<sup>3</sup>, Leonardo Cury<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves, Avenida Osvaldo Aranha, nº 540, Bairro Juventude da Enologia, 95700-206, Bento Gonçalves / Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, nº 9.500, 91.501- 970, Porto Alegre / Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Roque, Rodovia Prefeito Quintino de Lima, nº 2100, Paisagem Colonial, 18145-090, São Roque / São Paulo, Brasil

\* Corresponding author: Tel.: + 55 51 992772857; e-mail: sandra.nunes.s@outlook.com

## **RESUMO**

No meio enológico, há debates sobre como processos podem otimizar tempo e investimento, melhorando a qualidade de vinhos, especialmente os finos com potencial de envelhecimento. Um aspecto crucial é o pH, que afeta da cor ao sabor do vinho. Sabe-se que a relação entre acidez e pH é inversa: quando um aumento, o outro diminui. Um desequilíbrio no pH também afeta a estabilidade microbiológica e a eficácia da correção com anidrido sulfuroso. Uma alternativa crescente é o uso de resinas de troca iônica, que retiram potássio e liberam hidrogênio, reduzindo o pH do vinho. O seguinte estudo examina a redução do pH em vinhos tintos da cultivar Tannat da região da Campanha Gaúcha,

aplicando uma resina de troca iônica, para avaliar o impacto nas safras de 2022 e 2023, analisando parâmetros físico-químicos, minerais e sensoriais. Os resultados mostraram que os vinhos das safras de 2022 e 2023 apresentaram comportamentos semelhantes, com diferenças atribuídas ao clima, sendo 2023 mais chuvoso. A redução do pH melhorou a cor, acidez total e SO<sub>2</sub> livre, reduzindo a necessidade de conservantes. Os minerais (Mg, Cu, Zn, Ca, Na e K) também diminuíram, indicando melhor estabilidade para envelhecimento. Sensorialmente, não houve diferenças significativas, o que é positivo, pois mostra que não houve prejuízo sensorial nos vinhos.

## Summary

In the winemaking field, there are discussions on how processes can optimize time and investment while improving the quality of wines, especially fine ones with aging potential. A crucial aspect is pH, which affects everything from color to flavor in wine. It is known that the relationship between acidity and pH is inverse: as one increases, the other decreases. An imbalance in pH also affects microbiological stability and the effectiveness of sulfur dioxide correction. A growing alternative is the use of ion-exchange resins, which remove potassium and release hydrogen, thus reducing the wine's pH. The following study examines pH reduction in Tannat red wines from the Campanha Gaúcha region, using an ion-exchange resin to assess the impact on the 2022 and 2023 vintages by analyzing physicochemical, mineral, and sensory parameters. The results showed that wines from the 2022 and 2023 vintages exhibited similar behaviors, with differences attributed to climate, as 2023 was more rainy. The reduction in pH improved color, total acidity, and free SO<sub>2</sub>, reducing the need for preservatives. The minerals (Mg, Cu, Zn, Ca, Na, and K) also decreased, indicating better stability for aging. Sensorially, there were no significant differences, which is positive as it shows there was no sensory detriment to the wines.

**Keywords:** Resina de troca iônica, Vinho Tannat, pH.

**Palavras-chave:** Ion exchange resin, Tannat Wine, pH.

## INTRODUÇÃO

A cultivar ‘Tannat’, que é uma variedade de origem francesa, porém muito difundida na América do Sul, com médio vigor, boa produtividade e bom teor de açúcares, e também vem sendo difundida na região da Campanha Gaúcha / RS (CAMARGO *et al.*, 2015). Esta é a região vitivinícola que no Rio Grande do Sul é considerada a mais quente, com menor volume de chuvas, e com um macroclima que possibilita a adaptação das diferentes variedades de videira, das precoces às tardias, resultando em vinhos com identidade própria, segundo Tonietto *et al.* (2022).

A região de Santana do Livramento (RS), fica a 196m altitude, e Medeiros *et al.* (2013) explica que a viticultura que compreende esta região ocorre sobre solos arenosos pobres em nutrientes, sendo predominantemente Argissolos Vermelhos Distróficos e Alissolos Crômicos Argilúvicos desenvolvidos sobre arenitos, que apresentam baixos níveis de fertilidade e necessitam correção de acidez.

Durante a elaboração de um vinho, dentre os parâmetros físico-químicos analisados está a acidez real que, segundo Togores (2018), é expressa em potencial hidrogeniônico (pH), que equivale à concentração das funções dos ácidos livres no vinho, ou seja, à concentração dos íons H<sup>+</sup> estritamente responsáveis pela acidez. Este conhecimento é de grande importância para o enólogo, que deve acompanhar a evolução do parâmetro desde a maturação da uva até a conservação do vinho (FLANZY, 2003). Segundo Kunz *et al.* (2010), o pH e a acidez são um dos principais parâmetros analisados na qualidade de um vinho, pois influenciam na qualidade, sabor, estabilidade e capacidade de envelhecimento.

Falando inteiramente do equilíbrio de um pH no vinhos o que se tem em suas características, sabe-se que este vem desde o solo, planta, passando pela maturação da uva, até chegar no processo de se tornar vinho. Como explica GUERRA (2002), onde todas as características de uma uva podem ser alteradas dependendo de vários fatores, como região/local de cultivo da videira;



características do solo/topografia; cultivar e porta-enxerto; safra/condições climáticas; condições de cultivo, como sistema de condução, tipo de poda, etc.; manejo agrônomo do vinhedo; técnicas de elaboração do vinho; condições de estabilização do vinho.

O pH também está ligado a ação do principal conservante do vinho, e a sua efetividade do uso de anidrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) varia conforme diferentes fatores, especialmente com o pH. Segundo Canto (2016), uma determinada dosagem da fração molecular de  $\text{SO}_2$  se obtém com adições menores do composto em vinhos de pH igual ou menor a 3,5, aumentando em vinhos de pH maior. De acordo com De Ávilla (2002), o pH do vinho tem efeitos na resistência a alterações microbianas, na intensidade da cor das antocianinas, no sabor, no potencial de oxirredução e na taxa de  $\text{SO}_2$  livre e combinado. Giovannini e Manfroi, (2013), afirmam que em um vinho com pH mais elevado este tende a obter uma menor atividade antibacteriana do  $\text{SO}_2$ , necessitados maiores doses de conservantes para proteger os vinhos da deterioração precoce e das alterações organolépticas em especial para os vinhos destinados a guarda.

Logo, temos que a interação do pH com o  $\text{SO}_2$  está relacionada a um dos erros mais frequentes: ao não adequar os níveis de  $\text{SO}_2$  de acordo com o pH do vinho. Zanús (2007) nos explica que o  $\text{SO}_2$  livre de um vinho pode chegar a um nível excessivo para um baixo pH ou deficiente para um vinho de pH alto. Ribéreau-Gayon *et al.* (2007) afirmam que a ação do  $\text{SO}_2$  aumenta em torno de 20 % com uma diminuição do pH em 0,1, contribuindo para uma melhor estabilidade microbiológica e químico-física.

Para o Brasil, segundo a Legislação Brasileira (Lei nº 10970 de 12/11/2004), é permitido no vinho o máximo de 350 mgL<sup>-1</sup> de dióxido de enxofre total, sem qualquer regulação do nível de  $\text{SO}_2$  livre, o qual fica a critério das vinícolas. Existem parâmetros de referência para chegarmos ao valor ideal de  $\text{SO}_2$  molecular em função do pH e do  $\text{SO}_2$  livre (TOGOIRES, 2018). Porém, convém lembrar que preocupações com a saúde e com um uso progressivamente menor de aditivos e coadjuvantes alimentícios têm estado em destaque. Lisanti (2019)

aponta uma tendência de redução do uso de SO<sub>2</sub> em função de fatores como potenciais efeitos clínicos adversos em indivíduos sensíveis.

Sabe-se que muitas técnicas podem ser aplicadas para realização de redução de pH de um vinhos, dentre elas é utilização de resinas de troca catiônica, que já é uma prática legal para a Organização Mundial da Uva e do Vinho (OIV), definida pelo Codex Enológico segundo a resolução Oeno 43/2000, e atualizado pela resolução Oeno 443/2012. Segundo estas normativas, a diminuição do pH não pode ser superior a 0,3 e o pH obtido não deve ser menor que 3,0, além do que a parcela tratada deve retornar ao seu vinho original (OIV, 2012). As normativas ainda disciplinam que a resina é passível de regeneração em ciclo ácido.

Essas resinas de troca iônica para mostos e vinhos são de materiais sintéticos constituídos por polímeros como o poliestireno, obtidos através de condensação e polimerização do estireno e divinilbenzeno (MIRA *et al.*, 2006). Possuem uma matriz porosa tridimensional que suporta os grupos trocadores. Por meio da sulfonação, são obtidos derivados solúveis em água. Para criar a estrutura porosa, é necessário adicionar um agente reticulante, o divinilbenzeno, que forma "pontes" entre as cadeias de poliestireno durante a polimerização. No processo de troca iônica, a resina possui uma estrutura porosa tridimensional com cargas elétricas na superfície e nos poros, ligadas a íons. Esses íons são móveis e podem ser substituídos por outros íons de mesma carga presentes na solução através de um processo de difusão.

Segundo o exposto, este estudo visa à aplicabilidade do uso de resina de troca iônica para baixar o pH de vinhos tintos da variedade Tannat provenientes da região da Campanha Gaúcha, mais especificamente de Santana do Livramento (Rio Grande do Sul), em uma vinícola de média escala de produção situada no Rio Grande do Sul, aplicando o mesmo tratamento em vinhos da safra 2022 e 2023, buscando a aumentar a estabilidade e a longevidade dos vinhos tratados, bem como aprofundar a sua influencia diretamente na cor, conservação, aromas e paladar de um vinho.

## Materials and Methods

Os vinhos escolhidos foram da safras de 2022 e 2023, e ambas as safras, estes foram elaborados na mesma vinícola de porte industrial localizada na cidade de Canela (RS), onde as uvas são provenientes de Santana do Livramento, RS, localizada na campanha Gaúcha, estes vinhos foram produzidos em parceria com os enólogos executantes e com os enólogos assessores da empresa, que seguiram seus protocolos para elaboração de vinhos Gran Reserva da vinícola sendo esses com volume de 5.000l.

O processo da aplicação da resina de troca iônica em ambas as safras, foi feito ao final da fermentação malolática, no qual os vinhos foram separados para aplicação de tratamento de troca iônica, sendo utilizado o protocolo de passagem de 20% na resina nos vinhos.

Para a aplicação do tratamento de troca iônica, foi utilizado um equipamento de troca iônica da empresa Luvison que está na vinícola parceira desde 2021 (Figura 1). Segundo o fabricante, o seguinte equipamento de troca iônica remove o potássio e libera hidrogênio para a solução, essa reação baixa o pH (potencial de hidrogênio, pH mais baixo). Quando ocorre a saturação da resina pelo acúmulo de potássio, é necessária uma regeneração, esta é realizada com a passagem do reagente ácido (Acid+®) o qual realiza a troca do hidrogênio com o potássio, reativando a resina. E a cada cinco regenerações, se faz necessário uma lavagem de ação desagregante da matéria orgânica, utilizando uma solução de 6% de detergente com ação higienizante a base Hidróxido de sódio. Este equipamento é utilizado com 41kg de resina de troca iônica que possui o nome comercial "pH-STAB" da empresa AEB-group, que vai dentro do cilindro, esta tem a capacidade de passar até mil litros por hora.



**Figure 1.** Equipamento de troca iônica da empresa Luvison. Foto: autor, 2022.

No processo foram primeiramente separadas as amostras padrões, ou seja aquelas que não passaram por tratamento na resina e foram colocadas em garrafas de vidro de 750 ml e identificadas. Posteriormente esses vinhos foram submetidos a tratamento de 20% do volume, ou seja passando 1.000l de vinho na resina, e pós passagem é este foi restituindo ao volume final (5.000 litros), estes foram remontados por cerca de 40 minutos para homogeneização do vinho, e então ocorreu a retirada das amostras e repetições, sendo colocadas também em garrafas de vidro de 750ml e identificadas. As identificações dos vinhos Tannat foram designadas como: TN.SL.22, para os vinhos da safra 2022; e TN.SL.23, para os vinhos da safra de 2023.

As análises físico-químicas de anidrido sulfuroso livre ( $\text{SO}_2$  Livre), Acidez Volátil, Acidez Total, pH,  $\lambda$  420nm,  $\lambda$  520nm,  $\lambda$  620nm e Índice de Polifenóis Totais foram realizadas no laboratório da empresa parceira Enovitis (Bento Gonçalves, RS), enquanto as análises de cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn), potássio (K) e sódio (Na) no Laboratório de Enologia do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Bento Gonçalves.

Para a análise de SO<sub>2</sub>Livre foi aplicado o Método por aspiração, descrito por Rankine (1989), acidez Volátil, foi realizada por titulometria aplicando o método descrito por Rizzon (2010), a determinação da Acidez Total e pH, essas foram aplicadas os método do MAPA no Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres (2005), descrito no Método 05 e 04 respectivamente, O Índice de Polifenóis Totais (IPT) aplicado o método de Espectrofotometria descrito por Rizzon (2010), e pra análises de cor (absorbâncias 420, 520 e 620; Intensidade de cor), aplicando a técnica de Espectrofotometria também designada por Rizzon (2010).

Os metais foram quantificados por métodos preconizados por Rizzon (2010), expressos em mgL<sup>-1</sup>. Os metais alcalinos terrosos analisados, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), assim como os íons metálicos de transição, cobre (Cu) e zinco (Zn), foram determinados por espectrometria de absorção atômica, e a determinação dos teores dos metais alcalinos analisados, potássio (K) e sódio (Na), foi por espectrometria de emissão de chama.

Para a análise sensorial utilizou a técnica de Análise Descritiva Qualitativa (ADQ), segundo o método de Stone *et al.* (1974) e por se tratar de um pesquisa envolvendo seres humanos em prova sensorial, esta foi submetida e aprovada pelo, Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFRS no dia 01 de abril de 2024 estando registrado com o número do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 78273824.9.0000.8024, seguindo todas as diretrizes e documentações.

O painel de avaliação foi formado por 12 provadores especialistas da área com habilidade para quantificar descritores aromáticos, visuais e gustativos em vinhos tintos, todos maiores de 18 anos. As amostras foram codificadas e apresentadas às cegas aos degustadores. A análise sensorial foi realizada na Vinícola Jolimont em Canela, RS no dia 05 de abril de 2024.

Para as estatísticas das análises físico químicas e sensorial, foi aplicado o Teste T de Student com nível de confiança de 5 % e homoscedasticidade

constatada pelo teste de Bartlett, utilizando o programa de Statistica ® versão 14.0, StatSoft Inc., EUA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando as safras de 2022 e 2023 por suas particularidades climáticas em Santana do Livramento – RS, podemos observa pela Tabela I que as temperaturas médias anuais foram próximas em ambas, mas a safra de 2023, foi um ano de menor precipitação quando comparado a safra de 2022, porém ocorreu um volume maior de precipitação durante o período de maturação da uva (janeiro, fevereiro e março), fator que conforme explica Shimano *et al.* (2013) pode interferir ocasionando uma maturação incompleta, além de uma menor concentração de açúcares, redução da acidez e uma menor síntese de polifenóis.

Tabela I – Avaliação climática da safra 2022 e 2023 de Santana do Livramento –RS, Brasil.

| Safra         | Precipitação Anual | Precipitação durante os meses de maturação (Janeiro, Fevereiro e Março) | Temperatura média anual |
|---------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>2022*</b>  | 1.419mm            | 211,8mm                                                                 | 18°C                    |
| <b>2023**</b> | 1.315 mm,          | 350 mm                                                                  | 17,5°C                  |

Fontes: \* INMET, 2022; \*\*INMET, 2023.

Quando avaliamos de forma físico química os vinhos Tannat (Tabela II) podemos avaliar que em ambas as safras os vinhos apresentaram a esperada tendência de diminuição do pH após o tratamento iônico, e na relação acidez total e pH, os resultados também foram como os esperados, ou seja, baixa o pH e aumenta a acidez total dos vinhos, mostrando que a resina foi capaz de trocar o hidrogênio com o íon potássio do vinho, assim como também foi relatado no

trabalho de Cruz (2014). Sendo na safra 2022 o pH baixou 0,17 e a acidez total aumentou em 5,33mEq/L , enquanto na safra 2023 seu pH baixou 0,6 sua acidez aumentou 3 mEq/L.

Tabela II – Análises físico-químicas dos vinhos Tannat da safra 2022 e 2023 de Santana do Livramento –RS, Brasil.

| Estatísticas das Análises físico-químicas dos vinhos da Tannat |                      |                |                              |                        |                |                 |                 |                 |                    |
|----------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|------------------------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|                                                                | Acidez total (mEq/L) | pH             | SO <sub>2</sub> livre (mg/L) | Acidez volátil (mEq/L) | IPT            | Cor (420nm)     | Cor (520 nm)    | Cor (620 nm)    | Intensidade de cor |
| <b>TN.SL.22 (Antes Resina)</b>                                 | 68 ± 1               | 4,07 ± 0,10    | 30,03 ± 0,305                | 9 ± 1                  | 104,66 ± 0,703 | 0,579 ± 0,001   | 1,068 ± 0,002   | 0,238 ± 0,001   | 1,885 ± 0,01       |
| <b>TN.SL.22 (Depois Resina)</b>                                | 73,33 ± 0,577        | 3,9 ± 0,02     | 32,43 ± 1,386                | 9,5 ± 0,1              | 107,30 ± 0,5   | 0,605 ± 0,009   | 1,149 ± 0,002   | 0,250 ± 0,009   | 2,004 ± 0,009      |
| <b>Valor de p</b>                                              | <b>0,001***</b>      | <b>0,04*</b>   | <b>0,04*</b>                 | <b>0,437</b>           | <b>0,006**</b> | <b>0,009*</b>   | <b>0,0001**</b> | <b>0,106</b>    | <b>0,0002***</b>   |
| <b>TN.SL.23 (Antes Resina)</b>                                 | 75 ± 0,01            | 3,87 ± 0,01    | 23,93 ± 0,90                 | 14,4 ± 0,001           | 88,8 ± 0,01    | 0,598 ± 0,01    | 0,992 ± 0,001   | 0,257 ± 0,001   | 1,847 ± 0,001      |
| <b>TN.SL.23 (Depois Resina)</b>                                | 78 ± 1               | 3,81 ± 0,01    | 28 ± 0,1                     | 13,8 ± 0,1             | 89,233 ± 0,15  | 0,618 ± 0,001   | 1,531 ± 0,003   | 0,264 ± 0,001   | 2,413 ± 0,004      |
| <b>Valor de p</b>                                              | <b>0,006**</b>       | <b>0,001**</b> | <b>0,001**</b>               | <b>0,0004**</b>        | <b>0,007**</b> | <b>0,0004**</b> | <b>0,001**</b>  | <b>0,0002**</b> | <b>0,0001***</b>   |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%.

(\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%. (\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1%

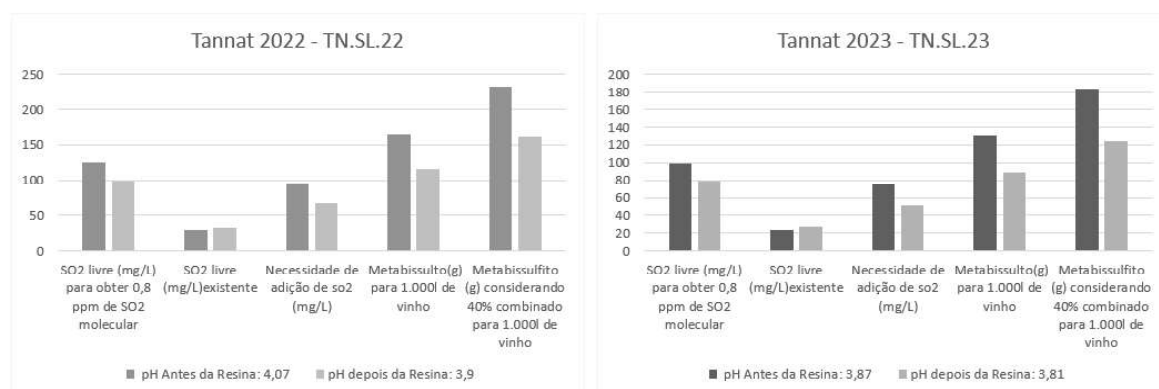
Quando observa-se os parâmetros de cor dos vinhos em suas absorvâncias analisadas ( $\lambda$  420nm,  $\lambda$  520nm,  $\lambda$  620nm) e em sua Intensidade de cor, podemos notar que na safra 2002 e 2023, os vinhos tenderam a aumentar após a passagem na resina de troca iônica, segundo Glories (1984) tal acontecimento pode estar relacionado com a polimerização dos taninos e a combinação dos mesmos com as antocianinas, Mazza e Miniatti (1993) nos explicam que no vinho, as antocianinas coexistem sob quatro formas químicas diferentes: catiônica, quinônica, base carbinol e chalcona. E Essas formas são dependentes do pH. Onde a pH 3,2, ou a forma catiônica representa cerca de 15% do total das antocianinas do vinho, e quando mais próximo ao pH 4,0 esse percentual

diminui para menos de 10% (GLORIES, 1984). Ou seja, Logo podemos constatar que ao baixar o pH do vinho, este atuou contribuindo para esta variedade na polimerização dos taninos e a combinação dos mesmos com as antocianinas ao aumentar suas absorbâncias e ao mesmo tempo não degradando as antocianinas.

Quanto a acidez Volátil, apenas a safra 2023 ocorreu uma diferença estatística, e também ocorreu uma diminuição quando ao padrão. Acidez volátil, que faz parte da acidez total, é composta por todas as formas livres e salificadas dos ácidos voláteis, sendo o ácido acético o principal componente dessa acidez no vinho. A acidez fixa é obtida subtraindo-se a acidez volátil da acidez total (TOGOES, 2018). Logo, esperava-se uma diminuição da mesma, o que não ocorreu na safra de 2022, porém pouco se depreende deste número, uma vez que a acidez volátil não é influenciada apenas pelo pH, e da mesma forma ainda ficou bem abaixo do limite da legislação brasileiro (BRASIL, 2014) para padrões de identidade e qualidade (20 meq L<sup>-1</sup> máximo), sendo o da safra 2023 um valor um pouco maior, este que pode estar relacionado ao fator de condições climáticas. Contudo, ambas as safra tanto os tratamentos padrão e os de pós passagem em resina de troca iônica, permaneceram dentro do limite permitido na legislação nacional e em um estado sanitário favorável.

Podemos notar quanto ao SO<sub>2</sub> livre dos vinhos da safra 2022 e 2023 que ocorreu um aumento conforme baixaram o pH, o que condiz com a trabalho de de Ribéreau-Gayon *et al* (2006) que explicam que a percentagem de dióxido de enxofre livre na forma molecular depende do pH. Logo se utilizarmos de um cálculo simples, indicado por Moroney *et al.* (2022) para correção de metabissulfito de potássio baseado no SO<sub>2</sub> molecular suficiente para preservar a qualidade do vinho, podemos observar pela Figura 2, o quão a necessidade de metabissulfito diminui consideravelmente, considerando o ideal para proteção antimicrobiana e antioxidante e a manutenção de 0,8 ppm de SO<sub>2</sub> molecular.





**Figure 2.** Representação gráfica de correções de Metabissulfito seguindo os cálculos propostos por Moroney et al. (2022). Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto aos minerais dos vinhos Tannat das safras 2022 e 2023 podemos observar que ocorreu uma diminuição em todos os vinhos após a passagem na resina (Tabela III). O que torna a aplicação do vinho na resina de troca iônica, uma técnica aliada para quem busca produção de vinhos tintos de qualidade, pois segundo Rizzon e Miele (2002) o teor de minerais varia conforme a região de cultivo, sendo influenciado apenas por fatores como o solo, o clima, a variedade de uva, o porta-enxerto, as adubações e os tratamentos fitossanitários. Além disso, os processos de vinificação também afetam a concentração desses elementos.

Tabela III – Análises de minerais dos vinhos Tannat da safra 2022 e 2023 de Santana do Livramento –RS, Brasil.

| Estatísticas das Análises de minerais dos vinhos Tannat |              |             |              |               |            |           |
|---------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|---------------|------------|-----------|
|                                                         | Mg           | Cu          | Zn           | Ca            | Na         | K         |
| <b>TN.SL.22 (Antes Resina)</b>                          | 28,2 ± 1,8   | 0,31 ± 0,05 | 0,54 ± 0,02  | 76,42 ± 10,7  | 13,8 ± 0,9 | 1097 ± 52 |
| <b>TN.SL.22 (Depois Resina)</b>                         | 16,53 ± 0,32 | 0,25 ± 0,06 | 0,38 ± 0,005 | 24,83 ± 0,78  | 13,3 ± 0,8 | 1075 ± 65 |
| <b>valor de p</b>                                       | 0,000384***  | 0,45741*    | 0,000427***  | 0,002842**    | 0,511797*  | 0,667458  |
| <b>TN.SL.23 (Antes Resina)</b>                          | 30,06 ± 3,09 | 0,68 ± 0,11 | 0,89 ± 0,06  | 72,19 ± 12,77 | 9,4 ± 0,2  | 740 ± 10  |
| <b>TN.SL.23 (Depois Resina)</b>                         | 7,105 ± 0,77 | 0,14 ± 0,02 | 0,53 ± 0,16  | 38,56 ± 2,82  | 8 ± 0,4    | 726 ± 23  |
| <b>valor de p</b>                                       | 0,009528**   | 0,022534*   | 0,104345     | 0,011215*     | 0,005609** | 0,418972  |

(\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 5%.

(\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 1%.

(\*\*\*) Indica diferença estatística, através do teste T de Student, a 0,1%

Com essa diminuição de minerais em especial o potássio (K) podemos avaliar que o vinho terá uma melhor estabilidade, justamente porque o potássio é o cátion mais importante do vinho, onde a sua concentração é fundamental para determinar a estabilidade em relação ao bitartarato de potássio (RIZZON, 2010). A quantidade de K<sup>+</sup>, por sua vez, interfere no valor do pH do vinho, sendo no vinho tinto mais elevado devido ao maior tempo de contato com a casca (RIZZON; MIELE, 2002). Assim como o cobre (Cu) e o zinco (Zn) também auxilia na estabilidade e sua quantidade excessiva pode provocar escurecimento e e precipitações no vinho, por isso é importante uma concentração menor deste no vinho (TASEV *et al.*, 2006)

A concentração de Mg no vinho contribui para a caracterização da tipicidade, participa da estabilidade, dos aspectos organolépticos e até mesmo de determinadas alterações (CRESWELL; ESCHENBRUCH, 1981), sendo o teor de magnésio normalmente encontrado no vinho variando entre 50 mg L<sup>-1</sup> e 90

mg L (RIZZON, 2010), estando todos dentro de valor e em alguns casos mais baixos que isso.

Quanto ao sódio (Na) este relacionado ao solo e ao processo de vinificação temos todos bem abaixo do esperado pela legislação que é de 200 mg.L<sup>-1</sup> (expresso em cloreto de sódio). A concentração de Ca dos vinhos é limitada pelo pH e grau alcoólico, ajudando na solubilização que no caso do tartarato de cálcio diminui com o aumento do grau alcoólico e com a alteração de pH (HASHIZUME, 1970; RIZZON, 2010).

Quanto a análise sensorial do Tannat da safra 2022 (TN.SL.22) e 2023 (TN.SL.23) estes não se obteve diferenças estatísticas, porém observando na Figura 3, podemos avaliar que, as análises ficaram bem similares em seus pontos de análise em ambas as safras, onde os provadores ficaram mais tendendo para a cor rubi, mantendo um pouco da diferença na acidez e adstringência do vinhos quanto a passagem da resina, obtendo características sensoriais para este vinho similar ao descrito por Zocche (2009) com uvas provenientes de Bagé-RS e em ponto de maturação industrial, e por Rizzon e Miele (2002), que descreveram a cor do vinho Tannat como sendo uma das principais particularidades do vinho. E também similar ao descrito por Carrau *et al.* (2011), que caracterizaram os vinhos Tannat com alta intensidade de cor e estrutura, valores médios de: acidez, adstringência, intensidade de aroma, equilíbrio e persistência.



**Figure 3.** Representação gráfica do resultado da análise sensorial dos vinhos Tannat da Safra 2022 e 2023. Fonte: Elaborado pela autora.

## CONCLUSÕES

Ao analisar de forma físico-química e mineral os vinhos que passaram por resina de troca iônica, pode-se observar que em ambas as safras se obteve resultados de melhoria. Algumas diferenças apresentadas podem estar relacionadas às condições climáticas da região na fase de maturação da uva, ressaltando que temperaturas mais quentes tem como resultado no vinho uma elevação do pH. Sendo que em ambas as safras os vinhos apresentaram a esperada tendência de diminuição do pH após o tratamento iônico. De um modo geral, as variações observadas podem ser creditadas à composição mineral, assim como de seu potencial de tamponamento. Quanto à análise sensorial dos vinhos, pode-se observar que, praticamente todos os vinhos mantiveram suas características, em ambas as safras e não houve diferenças significativas nas amostras com tratamento e sem o tratamento da resina. De um modo geral isto pode ser considerado um resultado positivo, pois significa que não houve qualquer prejuízo do tratamento sobre os vinhos.

Considera-se que o objetivo principal do trabalho foi alcançado, que foi demonstrar a eficácia da aplicação de uma técnica para baixar o pH de vinhos tintos em duas safras subsequentes, para um problema real que, neste caso, está aplicada ao controle do processo e do produto final.

## AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos à vinícola Jolimont, por permitir a utilização de sua instalação, equipamento e o vinho para o estudo; Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves, por todo apoio durante o processo de Mestrado; Ao Laboratório parceira Enovitis, que realizou algumas análises físico-químicas para o estudo.

**CONFLICTS OF INTEREST:** Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres. Método 05.

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres. Método 04.

BRASIL. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 de fev. de 2014.

BRASIL. Lei nº 10.970, de 12 de novembro de 2004. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 de nov. de 2004.

CAMARGO, U.A.; MAIA, J.D.G.; RITSCHER, P.S., 2015. Cultivares de videira para processamento. In: SILVEIRA, S.V. da; HOFFMANN, A.; GARRIDO, L. da R. Produção integrada de uva para processamento: Implantação do vinhedo, cultivares e manejo da planta. Brasília: Embrapa, 2, 25-40. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1060092/producao-integrada-de-uva-para-processamentoimplantacao-do-vinhedo-cultivares-e-manejo-da-planta>. (acessado em 15.07.2024).

CANTO, E.L., 2016. Por que o vinho é sulfitado?. Edição para professores, 22. Disponível em: [www.professorcanto.com.br/boletins\\_qui/022.pdf](http://www.professorcanto.com.br/boletins_qui/022.pdf). (acessado em 02.01.2024).

CARRAU, F.; BOIDO, E.; GAGGERO, C.; MEDINA, K.; FARIÑA, L.; DISEGNA, E.; DELLACASSA, E., 2011. *Vitis vinífera* Tannat, chemical characterization and functional properties. Ten ,kyears of research. Multidisciplinary Approaches on Food Science and Nutrition for the XXI, 53-71.

CRESWELL, K. J.; ESCHENBRUCH, R., 1981. The variation in magnesium levels of some experimental grapes, grape juices and wines. In: *Food Technology*, 16, 1, 37- 43.

CRUZ, A. S. Estabilização tartárica de vinhos com resinas de troca catiónica. Diss. Tese de Mestrado em Química. Universidade de Aveiro, 2014. Disponível em:

<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/13798/1/estabiliza%C2%BA%2B%C3%BAo%20tart%C3%ADrica%20de%20vinhos%20com%20resinas%20de%20troca%20cati%C2%A6nica.pdf>. (acessado em 22.06.2024).

DE ÁVILA, L. D., 2002. Metodologias Analíticas Físico-químicas. Laboratório de Enologia. Bento Gonçalves, Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves.

FLANZY, C., 2003. *Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos*. 2ª edição. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.

GIOVANNINI, E. ; MANFROI, V., 2013. Viticultura e Enologia: Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros. Bento Gonçalves: Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia, 2, 1, 364.

GLORIES, Y., 1984. La couleur des vins rouges, 2ª Partie Mesure, Origine et Interpretation. *Connaissance Vigne Vin*, Talence, 18, 253-271.

GUERRA, C. C., 2002. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos. In: *Simpósio Mineiro de Viticultura e Enologia*, Andradás, MG. Viticultura e Enologia: atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG, 1, 179-192.

HASHIZUME, T., 1970. O cálcio no vinho. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, 3, 87-113.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa: dados da estação automática de Santana do Livramento, Quaraí e Encruzilhada do Sul em 2022 e 2023. Brasília. Disponível em: < <https://bdmep.inmet.gov.br/> (acesso em 20.04.2024).

KUNZ, J.C.; RÉVILLION, J.P.; NETO, E.K.; ZANUS, M.C.; MANFROI, V., 2010. Caracterização físico-química de mostos e vinhos base para a elaboração de Espumantes. Revista Brasileira de Viticultura e Enologia, 2, 75-82.

LISANTI, M. T.; BLAIOTTA, G.; NIOI, C.; MOIO, L., 2019. Alternative methods to SO<sub>2</sub> for microbiological stabilization of wine. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18, 2, 455-479.

MAZZA, G.; MINIATTI, E., 1993. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. Boca Raton, CRC Press.

MORONEY, M; SAVITS, J.; WATRELOT, A., 2022. Sulfur Dioxide in Winemaking. Iowa State University. Extension and Outreach. Disponível em: <https://store.extension.iastate.edu/product/Sulfur-Dioxide-in-Winemaking>. (acessado em 19.03.2024.)

RANKINE, BRYCE., 1989. Manual Práctico de Enología. Análisis del vino. Determinación de dióxido de azufre. Editorial Acribia S.A, Zaragoza. 339 – 342.

RIBEREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A., 2006. Phenolic Compounds. Handbook of Enology: The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments. 2, 141-203.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A., 2007. Trattato di enologia I: Microbiologia del vino Vinificazioni 3.ed. Edagricole, Italia, Bologna.

RIZZON, L. A.; MIELE. A., 2002. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc, Ciência Rural. 32, 3 , 511-515.

RIZZON, L.A.; MIELE, A., 2002. Avaliação da c. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 22, 2, 192-198.

Rizzon, L. A., 2010. Metodologia para análise de vinho. Emprapa Informação Tecnológica. Brasília.

SHIMANO, I.S.H.; SENTELHAS, P.C., 2013. Risco Climático Para Ocorrência de Doenças Fúngicas Da Videira No Sul e Sudeste Do Brasil, *Revista Ciência Agronômica*, 44, 3, 527-537.

STONE H., SIDEL J., OLIVER S., WOOLSEY A., SINGLETON R. C., 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, 28, 24-34. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9780470385036.ch1c>. (acessado em 10.08.2024).

TASEV, K.; KARADJOVA, I.; ARPADJAN, S.; CVETKOVIC, J.; STAFILOV, T., 2006. Liquid/liquid extraction and column solid phase extraction procedures for iron species determination in wines. *Food Control*, 17, 484-488.

TOGORES, J. H., 2018. Tratado de Enología. Parte I. 3ª edição. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

TONIETTO, J.; FALCADE, I.; GUERRA, C. C.; ZANUS, M. C., 2022. As Indicações Geográficas de vinhos do Rio Grande do Sul. In: Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Indicações Geográficas do Rio Grande do Sul registradas até março de 2021. 136 p., cap.5, Brasília. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1142177>. (acessado em 10.08.2024).

ZANUS, M. C., 2007. A elaboração de vinhos de qualidade. In: Seminário de Fruticultura da Fronteira Oeste, 2º Encontro Científico de Fruticultura do Bioma Pampa, Uruguai. Anais e resumos. p. 21-30. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/542273>. (acessado em 10.06.2024).

ZOCHE, R. G. S., 2009. Potencial enológico de uvas Tannat, Cabernet Sauvignon e Merlot produzidas no município de Bagé—RS. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.