



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES VARIEDADES DE UVA E PROCESSOS DE VINIFICAÇÃO
SOBRE O PERFIL VOLÁTIL, FENÓLICO E SENSORIAL DE VINHOS TINTOS FINOS
PROVENIENTES DE REGIÕES DE ALTITUDE DO BRASIL**

MARIANNA POZZATTI MARTINS DE SIQUEIRA

PORTO ALEGRE, 2021

MARIANNA POZZATTI MARTINS DE SIQUEIRA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES VARIEDADES DE UVA E PROCESSOS DE VINIFICAÇÃO
SOBRE O PERFIL VOLÁTIL, FENÓLICO E SENSORIAL DE VINHOS TINTOS FINOS
PROVENIENTES DE REGIÕES DE ALTITUDE DO BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como um dos requisitos para a obtenção do grau de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Manfroi
Coorientadora: Prof^a. Dra. Bruna Tischer

PORTO ALEGRE, 2021

CIP - Catalogação na Publicação

de Siqueira, Marianna Pozzatti Martins
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES VARIEDADES DE UVA E
PROCESSOS DE VINIFICAÇÃO SOBRE O PERFIL VOLÁTIL,
FENÓLICO E SENSORIAL DE VINHOS TINTOS FINOS
PROVENIENTES DE REGIÕES DE ALTITUDE DO BRASIL /
Marianna Pozzatti Martins de Siqueira. -- 2021.
186 f.
Orientador: Vitor Manfroi.

Coorientador: Bruna Tischer.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de
Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Vinho de altitude - SC. 2. Variedades de uvas.
3. Termovinificação. 4. Vinificação integral. 5.
Aplicação de ultrassom. I. Manfroi, Vitor, orient.
II. Tischer, Bruna, coorient. III. Título.

Marianna Pozzatti Martins de Siqueira

A presente tese foi realizada inteiramente pela autora no período entre março de 2017 e fevereiro de 2021, no Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob orientação do Professor Dr. Vitor Manfroi e Professora Dr^a. Bruna Tischer. A tese foi julgada adequada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela seguinte comissão examinadora:

Comissão examinadora:

Data da Homologação: __/__/__

Prof. Dr. Guilherme M. Martins
(Banca – ISVV Universidade de Bordeaux
e Bordeaux Sciences Agro)

Prof. Dr. Eliseu Rodrigues
(Coordenador do PPGCTA/UFRGS)

Prof. Dr. Rafael C. Rodrigues
(Banca - UFRGS)

Prof^a. Dr^a. Simone H. Flores
(Diretora do ICTA/UFRGS)

Prof. Dr. Valdecir Carlos Ferri
(Banca – UFPEL)

Prof. Dr. Vitor Manfroi
(Orientador – UFRGS)

Prof^a. Dr^a. Bruna Tisher
(Coorientadora – UFRGS)

PORTO ALEGRE, 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado força de vontade, saúde, paciência e capacidade para chegar até aqui.

À minha mãe, Jaqueline Pozzatti e avó, Tereza Pozzatti, por sempre estarem ao meu lado, me entusiasmando e fazendo de tudo para dar condições para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Ao meu noivo, Filipe Campanhola, por todo amor, felicidade, compreensão e força conferidos ao longo desta jornada, transmitindo sempre sua paz de espírito e equilíbrio inabaláveis, além de seu ótimo senso de humor, que auxiliaram muito a levar estes quatro anos de estudo com mais leveza.

Ao meu orientador, professor Dr. Vitor Manfroi e à minha coorientadora, professora Dr^a. Bruna Tischer, pela orientação e transmissão de seus conhecimentos. A todos professores e técnicos do ICTA-UFRGS que de alguma forma contribuíram com o trabalho.

Ao Dr. Celito C. Guerra, que me recebeu na Embrapa Uva e Vinho de Bento Gonçalves, por ter aceito que fizesse parte do projeto, orientação e transmissão de seu vasto conhecimento sobre o assunto. Agradeço também a todos os profissionais da Embrapa que trabalharam no projeto, aprendi muito com todos.

À Vinícola Villaggio Grandio Boutique Winery, por ter fornecido as uvas empregadas no trabalho.

Ao professor Dr. Roger Wagner da UFSM, que me recebeu, ensinou e auxiliou em todo processo da análise de compostos voláteis, e também, à Ingrid D. dos Santos pelo auxílio na realização das análises.

Aos meus colegas do Laboratório de Enologia, principalmente a Josi G. César, pela troca de conhecimentos e apoio.

Aos amigos que fiz durante esta jornada na UFRGS, UFSM, EMBRAPA, PUCRS e IF Farroupilha.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigada!

RESUMO

O vinho tinto é bastante consumido pelo seu apelo sensorial e pela presença de compostos bioativos que são associados a auxiliar na manutenção da saúde. A composição fenólica, volátil e sensorial é dependente de diversos fatores, principalmente, da variedade de uva, cultivo e técnicas de vinificação. Este trabalho apresenta a investigação de diferentes processos de vinificação e sua influência em diferentes variedades de uva, a fim de elaborar vinhos tintos finos com bom potencial de envelhecimento, oriundos de regiões vitivinícolas de clima temperado de altitude, mais especificamente da região do Planalto de Palmas, SC. As variedades de uva empregadas foram 'Cabernet Franc', 'Cabernet Sauvignon', 'Marselan' e 'Tannat'. Os processos de vinificação abordados foram a termovinificação, vinificação integral, vinificação clássica em tinto e vinificação clássica com aplicação de ultrassom. Estudou-se o perfil volátil dos vinhos varietais por meio de Cromatografia Gasosa. Encontrou-se uma tendência para que os vinhos provenientes da termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom apresentassem maior concentração de ésteres e, conseqüentemente, um aroma mais frutado. A vinificação integral apresentou melhor desempenho no vinho 'Tannat', demonstrando a importância do estudo da adaptação de diferentes processos de vinificação a diferentes variedades de uva. Com relação à composição de bioativos avaliados por meio de Cromatografia Líquida, a variedade de uva foi o fator que mais influenciou na concentração, de modo geral, houve uma tendência para haver uma maior concentração, em ordem decrescente, a variedade 'Tannat', 'Marselan', 'Cabernet Sauvignon' e 'Cabernet Franc'. No entanto, comparando-se entre cada variedade, verificou-se que o processo de vinificação pode alterar a concentração de bioativos, ocorrendo aumento (maior extração de precursores) ou diminuição (fenômenos de quebra ou polimerizações). Com relação ao perfil sensorial, houve variação da adaptação do processo de vinificação à variedade de uva, devido as diferentes taxas de extração, aplicação ou não de temperatura ou contato com a barrica, que levam a uma maior ou menor extração de compostos precursores de aroma ou de bioativos, que atuam na formação das características sensoriais do vinho (aroma, sabor e estrutura). Também, estudou-se a realização de mesclas dos vinhos varietais provenientes de diferentes processos de vinificação (termovinificação, vinificação integral e ultrassom), efetuando-se vinhos bi, tri e tetravarietais a fim de verificar a composição sensorial e de bioativos. Observou-se a necessidade de atenção para a realização das mesclas, uma vez que algumas mesclas apresentaram piora significativa do perfil sensorial e redução de compostos bioativos. A partir deste estudo, verifica-se a possibilidade de empregar diferentes processos de vinificação para moldar o perfil sensorial, volátil e fenólico de vinhos tintos, propiciando maior possibilidade de escolha ao enólogo e disseminando processos pouco conhecidos na literatura.

Palavras-chave: 'Cabernet Franc'; 'Cabernet Sauvignon'; 'Marselan'; 'Tannat'; Termovinificação; Vinificação Integral; Ultrassom; Vinhos de Altitude do Brasil.

ABSTRACT

Red wine is widely consumed for its sensory appeal and the presence of bioactive compounds that are associated in helping to maintain health. The phenolic, volatile and sensory composition is dependent on several factors, mainly the grape variety, cultivation and winemaking techniques. This work presents the investigation of different winemaking processes and their influence on different grape varieties, in order to produce fine red wines with good aging potential, from wine regions of temperate climate and high altitude, more specifically from the Planalto de Palmas, SC. The grape varieties employed were 'Cabernet Franc', 'Cabernet Sauvignon', 'Marselan' and 'Tannat'. The winemaking processes studied were thermovinification, integrale vinification, classic winemaking and classic winemaking with ultrasound treatment. The volatile profile of varietal wines was studied by Gas Chromatography. There was a tendency for wines from thermovinification and classic winemaking with ultrasound application to have a higher concentration of esters and, consequently, a more fruity aroma. Integrale vinification presented better results in 'Tannat' wine, demonstrating the importance of studying the adaptation of different winemaking processes to different grape varieties. Regarding bioactive compounds evaluated by Liquid Chromatography, the grape variety was the factor that most influenced the concentration, with the highest concentrations, in decreasing order, for the variety 'Tannat', 'Marselan', 'Cabernet Sauvignon' and 'Cabernet Franc'. However, when comparing each variety, it was found that the winemaking process can modify the concentration of bioactive compounds, with an increase (greater extraction of precursors) or a decrease (breakdown or polymerization phenomena). Regarding the sensory profile, there was variation in the adaptation of the winemaking process to the grape variety, due to the different extraction rates, application or not of temperature or contact with the barrel, which lead to a greater or lesser extraction of aroma or bioactive precursor compounds, which act in the formation of the sensory characteristics of wine (aroma, flavor and structure). Also, it was studied the blending of varietal wines from different vinification processes (thermovinification, integrale vinification and ultrasound treatment) and the blending of different grape varieties (bi, tri and tetravarietal wines) in order to verify the sensory and bioactive composition. There was a need for attention to perform the blends, since some blends showed significant worsening of the sensory profile and reduction of bioactive compounds. From this study, the possibility of using different winemaking processes to shape the sensory, volatile and phenolic profile of red wines is verified, providing greater possibility of choices to the winemaker and disseminating processes little known in the literature.

Key words: 'Cabernet Franc'; 'Cabernet Sauvignon'; 'Marselan'; 'Tannat'; Thermovinification; Integrale vinification; Ultrasound; Brazilian wines of altitude.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa vitivinícola do estado de Santa Catarina.....	6
Figura 2. Estrutura química dos flavonoides.....	14
Figura 3. Estrutura química dos compostos não flavonoides.....	16
Figura 4. Exemplo de equipamento normalmente empregado para termovinificação.....	22
Figura 5. Banho de ultrassom com lote de uvas.....	30
Figura 6. Fluxograma da elaboração dos vinhos varietais e de <i>assemblage</i>	31
Figura 7. Ilustração do amostrador de SPME utilizado na extração e dessorção no cromatógrafo a gás.....	32
Figura 8. Protótipo de container impresso em 3D para aquisição de imagens.....	37
Figura 9. Escalas de análise dos atributos dos vinhos.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS	3
3 JUSTIFICATIVA	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4.1 Vitivinicultura no Brasil	5
4.1.1 Características das uvas e dos vinhos do Planalto de Palmas – Região vitivinícola de Caçador	7
4.2 Variedades de uva	8
4.2.1 ‘Cabernet Sauvignon’	9
4.2.2 ‘Cabernet Franc’	9
4.2.3 ‘Tannat’	9
4.2.4 ‘Marselan’	10
4.3 Constituintes do vinho	10
4.3.1 Compostos fenólicos	12
4.3.2 Compostos voláteis	17
4.4 Processos de vinificação	18
4.4.1 Vinificação clássica em tinto	19
4.4.2 Vinificação Integral	20
4.4.3 Termovinificação	21
4.4.4 Ultrassom	22
4.4.5 Assemblages	23
4.5 Estudos focados no uso de diferentes variedades de uva e tecnologias de vinificação para elaboração de vinhos tintos finos	24
5 MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1 Amostras	26
5.2 Análises	31
5.2.1 Análises físico-químicas	31
5.2.2 Análise dos compostos voláteis	31
5.2.3 Análise de compostos bioativos	33
5.2.4 Análise da capacidade redutora (compostos fenólicos totais)	35
5.2.5 Análise da capacidade antioxidante	35
5.2.6 Análises utilizando o aplicativo <i>Photometrix</i>	36

5.2.7 Análise sensorial	37
5.2.8 Análises estatísticas	40
6 ARTIGOS CIENTÍFICOS	41
6.1 1° Artigo - Effects of winemaking on ‘Marselan’ red wines: volatile compounds and sensory aspects.....	41
6.2 2° Artigo – Effects of thermovinification, integrale vinification and ultrasound treatment for ‘Tannat,’ ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Cabernet Franc’ red wines on volatile composition and sensory aspects.....	55
6.3 3° Artigo – Análise da capacidade redutora e cor em vinhos tintos elaborados por <i>assemblage</i> utilizando <i>app PhotoMetrix</i>	84
6.4 4° Artigo – Thermovinification, integrale vinification, classic winemaking and ultrasound application on bioactive compounds and sensory aspects of red wines.....	96
6.5 5° Artigo – Evaluation of bioactive compounds, antioxidant capacity and sensory aspects of blending red wines made by different winemaking processes.....	128
7 DISCUSSÃO GERAL.....	148
8 CONCLUSÕES	156
REFERÊNCIAS	159
ANEXO 1	173

1 INTRODUÇÃO

O consumo de vinho tinto vem aumentando ao longo do tempo, principalmente pelos benefícios à saúde associados à sua ingestão moderada, que consistem, principalmente, na poderosa ação antioxidante, que previne a incidência de doenças degenerativas causadas pelo estresse oxidativo, redução de doenças cardiovasculares, diminuição da progressão de doenças como o câncer, entre outras. Os constituintes do vinho que apresentam esta capacidade são chamados de compostos bioativos, representados pelas antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos, entre outras substâncias (AVELLONE *et al.*, 2006; BETERLLI, DAS, 2009; PAZOS *et al.*, 2006).

Além disso, compostos como antocianinas e taninos conferem coloração, sabor e estrutura aos vinhos, sendo aspectos cruciais na qualidade que o vinho apresentará (EL DARRA *et al.*, 2013; JACKSON, 2000; MONAGAS, BARTOLOME, GOMEZ-CORDOVES, 2005; PINELO, ARNOUS, MEYER, 2006).

Há muitos fatores que interferem na qualidade final de um vinho, como por exemplo, a variedade de uva empregada na elaboração, pois algumas apresentam maior concentração de compostos fenólicos e voláteis que outras. Atrelado a isso, o local aonde esta uva é cultivada influenciará muito na qualidade organoléptica que a mesma apresentará. Essa influência é causada pelo solo, clima e fatores humanos, pois, muitas vezes, devido às condições de cultivo, a uva não consegue se desenvolver plenamente, tornando necessário aplicar processamentos diferentes a fim de alcançar vinhos de qualidade (BRDE, 2005; GUERRA, 2002).

As técnicas de vinificação empregadas são ponto crucial para obter bons vinhos. Atualmente, existe um grande número de pesquisas voltadas a este assunto, a fim de identificar os processos de vinificação que melhor se adequam a determinadas variedades de uva (APOLINAR-VALIENTE *et al.*, 2015; ATANACKOVIC *et al.*, 2012; BAUTISTA-ORTÍN *et al.*, 2017; DALAGNOL *et al.*, 2017; DAL MAGRO *et al.*, 2016; EL DARRA *et al.*, 2013; GEFFROY *et al.*, 2017; MIHNEA *et al.*, 2015; NEL, RENSBURG, LAMBRECHTS, 2014).

Ademais, o Brasil apresenta um grande potencial vitivinícola, no entanto, devido à sua grande extensão territorial, cada região apresenta diferentes particularidades, de modo que, para otimizar a produção, são necessários estudos que identifiquem as variedades que melhor se adequam a determinadas regiões, bem como os processos de vinificação que resultem no melhor produto possível (GIOVANNINI, MANFROI, 2013).

Dentre as regiões vitivinícolas do sul do Brasil, destaca-se a Serra Gaúcha (RS), o Vale do Rio do Peixe e Litoral Sul de Santa Catarina (SC), como detentores de uma

vitivinicultura mais enraizada. Contudo, algumas regiões vêm se desenvolvendo mais recentemente, e dentre elas, a região do Planalto Catarinense, a qual apresenta características edafoclimáticas particulares, e grande interesse no desenvolvimento de vinhos finos a partir de variedades viníferas diferenciadas com emprego de novas tecnologias (BRDE, 2005; EMBRAPA, 2014).

Com base no exposto acima, verifica-se a necessidade de estudos que avaliem a adaptação de processos de vinificação a diferentes variedades de uva, que resultem em vinhos finos de elevada qualidade, em regiões vitivinícolas mais recentes na produção de vinho, que apresentam clima temperado de altitude, como é o caso do Planalto Catarinense.

2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo principal deste trabalho consiste na avaliação do desempenho de diferentes processos de vinificação aplicados a diferentes variedades de uva, a fim de elaborar vinhos tintos finos que apresentem bom potencial de guarda e a melhor expressão sensorial, volátil e de bioativos. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- Analisar o perfil volátil dos vinhos varietais;
- Realizar a análise sensorial dos vinhos;
- Analisar a composição de bioativos dos vinhos varietais e de *assemblage*;
- Avaliar a atividade antioxidante dos vinhos varietais e de *assemblage*;
- Analisar a cor dos vinhos utilizando o aplicativo *Photometrix* e comparação com métodos convencionais de análise.

3 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a relevância deste trabalho, devido ao potencial do mercado interno nacional para elaboração de vinhos finos, os quais apresentem melhor qualidade e maior valor agregado. No entanto, para alcançar este objetivo, são necessários estudos que visem meios de extrair a melhor expressão de cada variedade de uva, como por exemplo, o estudo do impacto de diferentes processos de vinificação no aspecto sensorial, volátil e fenólico dos vinhos.

Devido à grande extensão territorial do Brasil, diversas regiões com características distintas desenvolveram aptidão para a produção de vinhos finos. As principais regiões localizam-se na região sul do país, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e na região nordeste do país, nos estados de Pernambuco e Bahia (TONIETTO *et al.*, 2012).

Santa Catarina apresenta uma tradição vitivinícola mais enraizada na região do Vale do Rio do Peixe e Litoral Sul de Santa Catarina e, mais recentemente, na região do Planalto Catarinense, contando com três sub-regiões vitivinícolas: São Joaquim, Caçador e Campos Novos (PROTAS, CAMARGO, 2011). Estas sub-regiões se encontram em altitudes entre 900 m a 1400 m, apresentando condições climáticas distintas e, como consequência, um *terroir* totalmente diferente, que impacta diretamente nas características que as uvas apresentarão e, consequentemente, nos vinhos delas oriundos (TONIETTO *et al.*, 2012).

Portanto, este trabalho de doutorado é parte de um projeto realizado com a Embrapa Uva e Vinho de Bento Gonçalves em parceria com a vinícola Villaggio Grando, localizada no estado de Santa Catarina. Estas e outras instituições e vinícolas, vêm desenvolvendo inúmeras pesquisas para elucidar o processo produtivo ideal das uvas e dos vinhos da região do Planalto de Santa Catarina (ROSIER, 2018).

Alguns estudos abordaram temáticas similares em diversos locais (BAUTISTA-ORTÍN *et al.*, 2017; EL DARRA *et al.*, 2013; GONZÁLEZ-ARENZANA *et al.*, 2020; RIZZON *et al.*, 1999) encontrando resultados norteadores para posterior aplicação em escala industrial, obtendo vinhos finos de características organolépticas melhoradas.

Considerando a importância e relevância do tema, neste trabalho, será discutido o impacto de diferentes processos de vinificação em diferentes variedades de uva para a elaboração de vinhos tintos finos com uvas da região do Planalto Catarinense. O estudo focará nas variedades 'Cabernet Franc', 'Marselan', 'Tannat' e 'Cabernet Sauvignon' e nos processos de vinificação integral, vinificação clássica em tinto, termovinificação e aplicação de ultrassom.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta sessão serão discutidos os fundamentos teóricos que embasaram a pesquisa e a revisão bibliográfica referente aos estudos mais importantes relacionados ao assunto desta tese. Constam na revisão aspectos referentes ao panorama da vitivinicultura no Brasil e no estado de Santa Catarina, características das uvas utilizadas no experimento, bem como dos processos de vinificação empregados.

4.1 Vitivinicultura no Brasil

Com relação ao panorama da vitivinicultura brasileira, observando dados do ano de 2019, referente a área destinada à produção de uvas para vinho, uvas de mesa ou uvas passa, em produção ou a espera de produção, o Brasil ocupa a 22ª posição, com 81 milhões de hectares. Em se tratando da produção de vinhos, incluindo espumantes, mas excluindo mostos e sucos, o Brasil ocupa a 18ª posição, produzindo 2 milhões de hectolitros e, o consumo de vinho no país fica ao redor de 3,3 milhões de hectolitros (OIV, 2020).

Os estados brasileiros que mais se dedicam a produção de uva são, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Além destes, nos últimos anos, a vitivinicultura se expandiu para outros estados, como Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Rondônia, Ceará e Piauí (CAMARGO, TONIETTO, HOFFMANN, 2011; OIV, 2020).

Com base no exposto acima, verifica-se que a produção de uvas no Brasil se estende por uma ampla faixa, abrangendo desde 31°S de latitude, no Rio Grande do Sul, até 05°S de latitude, no Rio Grande do Norte e Ceará, demonstrando uma grande variação de latitude, bem como de diversidade ambiental entre as áreas produtoras, havendo a possibilidade das regiões apresentarem clima subtropical, tropical ou temperado, de modo que, sob cada regime climático, as uvas apresentarão diferentes características, que influenciarão no produto oriundo dessas uvas (CAMARGO, TONIETTO, HOFFMANN, 2011).

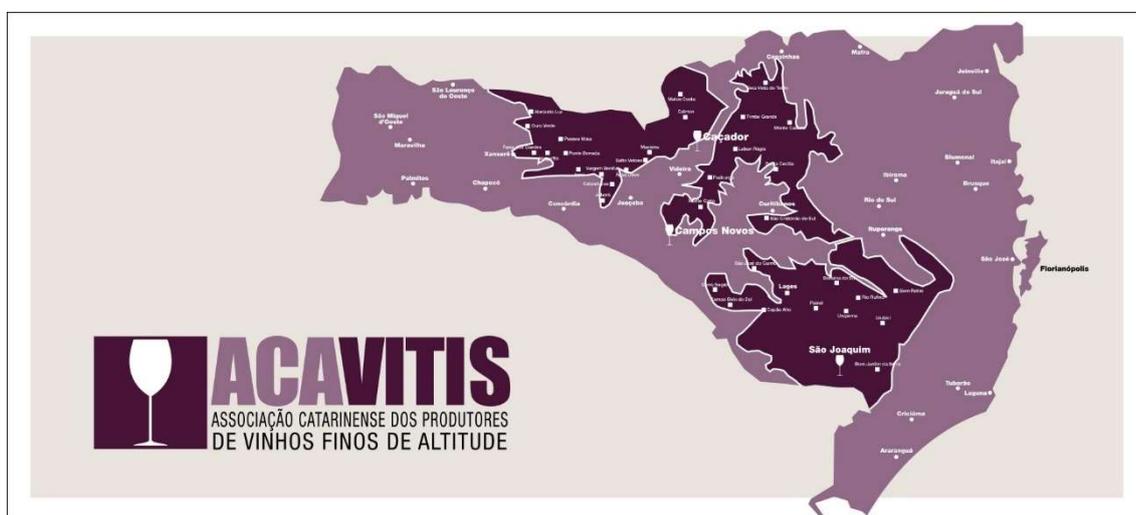
No que diz respeito à região Sul do Brasil, o clima predominante é o temperado, o qual se caracteriza por apresentar um ciclo anual, seguido de um período de dormência induzido pelas baixas temperaturas do inverno. Devido ao clima, primeiramente, as uvas americanas apresentaram melhor adaptação, principalmente a cultivar 'Isabel'. Com o passar dos anos e com o auxílio governamental, iniciou-se a difusão das variedades viníferas, havendo aumento do cultivo de inúmeras variedades, como, por exemplo, 'Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc', 'Merlot', 'Tannat', 'Pinot Noir', 'Chardonnay', 'Riesling Itálico', 'Sémillon', 'Sauvignon Blanc', 'Moscato Giallo' e 'Viognier' (CAMARGO, TONIETTO, HOFFMANN, 2011; LOSSO, PEREIRA, 2014).

Os locais que mais se desenvolveram na vitivinicultura, sendo consideradas regiões tradicionais, são a Serra Gaúcha, Serra do Sudeste e Campanha no Rio Grande do Sul.

Em Santa Catarina, destacam-se as regiões do Vale do Rio do Peixe (nos municípios de Tangará, Videira e Pinheiro Preto) e Litoral Sul (Urussanga, Morro da Fumaça e Pedras Grandes). Estas regiões se consolidaram no plantio de uvas americanas. No entanto, com o impulsionamento do setor, em meados do ano 2000, surgiram novas regiões vitivinícolas, como é o caso do Planalto Catarinense (CORDEIRO, 2006; LOSSO, 2010; PROTAS, CAMARGO, 2011).

O Planalto Catarinense objetiva a produção de uvas de origem europeia para elaboração de vinhos finos e abrange três sub-regiões: São Joaquim, Campos Novos e Caçador (PROTAS, CAMARGO, 2011), como pode ser observado na Figura 1. O desenvolvimento do cultivo da videira no Planalto Catarinense, se deu, principalmente, devido a reconfiguração mundial da viticultura, na qual, o cultivo de variedades viníferas em regiões de clima diferenciado vem ganhando espaço (BRDE, 2005; LALAS, 2013). Foram desenvolvidas algumas associações locais para impulsionar o segmento, como o Programa dos Vinhos Finos de Altitude de Santa Catarina e a Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude (ACAVITIS) (PROTAS, CAMARGO, 2011).

Figura 1. Mapa vitivinícola do estado de Santa Catarina.



Fonte: Imagem elaborada pela Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude (ACAVITIS).

O clima do Planalto Catarinense apresenta características interessantes para a produção de uvas finas, como a ocorrência de invernos rigorosos, primavera e verão amenos,

outono com alternância de temperaturas diurnas e noturnas e baixo índice pluviométrico na época de maturação e colheita da uva (BONIN, BRIGHENTI, 2005; LOSSO, PEREIRA, 2014).

Com base no exposto acima, verifica-se que a vitivinicultura brasileira é extremamente rica e diversa, com realidades climáticas, fundiárias, tecnológicas, humanas e mercadológicas bastante distintas. No entanto, todas estas realidades competem por uma boa colocação no mercado, de modo que, esforços voltados à melhoria dos processos tecnológicos de produção e do setor político, tornam-se imprescindíveis, a fim de conseguir elaborar produtos de excelente qualidade, tendo em consideração as particularidades de cada região. Somado a isso, a região do Planalto Catarinense, apresenta cultura vitivinícola recente e fundamenta toda sua produção baseando-se em estudos técnicos, a fim de alcançar a excelência de seus vinhos (BRDE, 2005; EMBRAPA, 2014).

4.1.1 Características das uvas e dos vinhos do Planalto Catarinense – Sub-região vitivinícola de Caçador

Com relação às uvas e vinhos oriundos da sub-região de Caçador localizada no Planalto de Palmas em Santa Catarina, segundo Guerra (2017), as principais variedades tintas são 'Cabernet Franc', 'Cabernet Sauvignon', 'Malbec', 'Marselan', 'Merlot', 'Pinot Noir', 'Sangiovese', 'Syrah', 'Tannat' e 'Tempranillo'. O teor médio de taninos dos vinhos tintos gira ao redor de $3,0 \text{ g L}^{-1}$, com potencial de longevidade de alta a muito alta (8 a 15 anos), acidez elevada, capacidade antioxidante de moderada a alta, pH entre 3,2 a 3,7 e teores de álcool potencial entre 12 % e 13 %.

Outro estudo, realizado por Felippeto, Caliari, Guerra (2020) aponta que, vinhos tintos oriundos desta região apresentam valores médios de Índice de Polifenóis Totais de 1,3 equivalentes de ácido gálico por litro; 135 mg L^{-1} de antocianinas; pH de 3,3; teor alcoólico de 12,7 %; extrato seco de 25 g L^{-1} ; acidez volátil de $14,3 \text{ mEq L}^{-1}$ e acidez total titulável de $86,7 \text{ mEq L}^{-1}$, apresentando-se dentro dos padrões legais exigidos, além de qualidade e tipicidade oriundas das condições da região.

Os vinhedos se localizam em altitudes de cerca de 1300 m, onde as temperaturas noturnas são baixas até mesmo no verão, com amplitude térmica de cerca de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ (GUERRA, 2017). Estas baixas temperaturas modelam o metabolismo bioquímico que conduz à síntese de polifenóis. Atrelado a isso, a temperatura favorece a manutenção de ácidos orgânicos que auxiliam na manutenção das antocianinas em sua forma ativa, favorecendo vinhos de cores mais vivas (FELIPPETO, CALIARI, GUERRA, 2020; ROSIER, 2003). Os verões são chuvosos, mas com presença de solo que favorece a rápida percolação da água proveniente das chuvas, diminuindo os danos causados pela umidade. As temperaturas moderadas prolongam o tempo

de maturação das uvas, podendo ocorrer a colheita de variedades tardias até início de maio (GUERRA, 2017).

Os vinhos tintos costumam apresentar elevada intensidade de cor e intensidade de aroma mediana. Para vinhos 'Cabernet Sauvignon' e 'Cabernet Franc', os descritores aromáticos citados incluem pimentão vermelho, eucalipto e alcaçuz e, para vinhos 'Marselan' e 'Tannat', musgo, trufas e fruta passa costumam ser os descritores mais citados.

A acidez verificada por análise sensorial é normalmente alta, por consequência do clima a que as uvas são submetidas. A percepção da estrutura e do álcool dos vinhos 'Marselan' e 'Tannat' é dita como muito estruturados e 'Cabernet Franc' e 'Cabernet Sauvignon', apresentam estrutura ligeiramente menor, quando comparada aos vinhos provenientes das variedades citadas anteriormente. A harmonia-olfato gustativa, a qualidade dos taninos e a persistência é elevada e semelhante para todas as variedades (GUERRA, 2017).

4.2 Variedades de uva

A uva consiste no fruto da videira, e sua história é muito antiga, tendo sido encontrados fósseis de um ancestral da videira de cerca de 50 milhões de anos, na Ásia Ocidental. A uva é utilizada principalmente como alimento e na elaboração de diversos produtos, sendo o vinho, um dos seus principais derivados (MANFROI, 2004).

Com relação à classe botânica da videira, pertence à família *Vitaceae*, gênero *Vitis*, sendo que as espécies mais importantes são *Vitis vinifera* e *Vitis labrusca*. Dentre estas duas espécies, a *Vitis labrusca* é mais empregada para elaboração de sucos, vinhos de mesa e para consumo direto, enquanto que a *Vitis vinifera*, é empregada na elaboração de vinhos finos. Isto é causado pela diferença de composição química entre as espécies e potencial para envelhecimento (MANFROI, 2004).

As uvas pertencentes à espécie *vinifera*, também são chamadas de castas europeias ou uvas finas, enquanto que as pertencentes à espécie *labrusca*, são chamadas de castas americanas ou híbridas. Em se tratando da elaboração de vinhos finos tintos, existe uma ampla variedade de cultivares, como 'Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc', 'Merlot', 'Pinot Noir', 'Malbec', 'Pinotage', 'Petit Syrah', 'Carménère', 'Ancelotta', 'Marselan', 'Syrah', 'Tannat', 'Barbera', 'Bonarda', 'Sangiovese', 'Nebbiolo', sendo que cada uma resultará em vinhos com diferentes características, devido à sua composição, ao ambiente no qual foi cultivada e às técnicas de vinificação empregadas (CONAB, 2016; MANFROI 2004).

4.2.1 ‘Cabernet Sauvignon’

Originária da região de Bordeaux, na França, faz parte do conhecido “Corte Bordalês”, junto com as variedades ‘Cabernet Franc’ e ‘Merlot’. Trata-se de uma casta amplamente difundida em grande parte dos países vitivinícolas. Como peculiaridades, apresenta cacho de tamanho médio e bagas pequenas, brotação e maturação tardias, média produção e elevada qualidade para vinificação, devido aos teores de açúcar e acidez titulável. Normalmente é utilizada para elaboração de vinho tinto fino de guarda, com bom potencial para envelhecimento e amadurecimento (RIZZON, MIELE, 2002).

Com relação aos estudos envolvendo a variedade ‘Cabernet Sauvignon’, destaca-se a avaliação da casta para elaboração de vinho tinto, composição aromática, influência da levedura utilizada, aspectos agronômicos, influência do *terroir* nas características organolépticas dos vinhos, aplicação de diferentes métodos de vinificação e compostos fenólicos (BETTONI *et al.*, 2016; BINDON *et al.*, 2014; EL DARRA *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2016; LORRAIN, CHIRA, TEISSEDRE, 2011; RIZZON, MIELE, 2002; TAHMAZ, SÖYLEMEZOĞLU, 2017; YUE *et al.*, 2014).

4.2.2 ‘Cabernet Franc’

A uva ‘Cabernet Franc’ é originária da região de Bordeaux, na França, e também é variedade integrante do “Corte Bordalês”. Apresenta cacho de tamanho médio, com bagas pequenas. O vinho normalmente apresenta coloração vermelho-rubi com reflexos violáceos, aroma de frutas vermelhas e notas vegetais. Quanto à análise gustativa, normalmente, apresenta boa estrutura e equilíbrio (RIZZON, MIELE, 2001).

Com relação ao estado de arte na literatura, as publicações geralmente abordam aspectos referentes ao perfil fenólico das bagas e hastes (ALEIXANDER-TUDO *et al.*, 2018; BARCIA *et al.*, 2014; BRIANCEAU *et al.*, 2016; BRILLANTE *et al.*, 2015; GARAGUSO, NARDINI, 2015), avaliação do aroma (SYNOS, REYNOLDS, BOWEN, 2015), estudos sobre técnicas organolépticas de avaliação (LOISON *et al.*, 2015) e análises voltadas ao cultivo desta variedade (ENDESHAW *et al.*, 2014).

4.2.3 ‘Tannat’

‘Tannat’ é uma variedade vinífera originária do sudoeste francês, utilizada tanto na produção de vinhos varietais como na elaboração de *assemblages*. Na América, apresentou

bom desenvolvimento no Uruguai, tornando-se uma de suas uvas emblemáticas. Com relação às características inerentes à videira, apresenta brotação tardia e elevado vigor, o que auxilia no bom desenvolvimento em locais que apresentam geadas tardias (RIZZON, MIELE, 2004).

Com relação ao vinho produzido pela variedade 'Tannat', apresenta elevada concentração de tanino, dando origem ao seu nome. Além disso, apresenta coloração bastante intensa, e, devido à sua estrutura, normalmente necessita de no mínimo 6 meses de amadurecimento em barrica de carvalho para que atinja equilíbrio e tenha seus taninos amaciados (RIZZON, MIELE, 2004).

Estudos buscaram explicar diversas características, como sua adstringência (VIDAL *et al.*, 2017), avaliação da composição aromática (FARIÑA *et al.*, 2015) e o impacto do uso de diferentes tecnologias no plantio e na vinificação (FAVRE *et al.*, 2014; TREPTOW *et al.*, 2017).

4.2.4 'Marselan'

A uva 'Marselan' é uma uva tinta, resultado do cruzamento das cultivares 'Cabernet Sauvignon' e 'Grenache', em meados de 1961, próximo a cidade de Marseillan, na França. Como características, apresenta cachos grandes e bagas pequenas, boa resistência a doenças, rendimento médio e, devido ao pequeno tamanho dos grãos, apresenta maior proporção de cascas, gerando um vinho com alto grau de compostos fenólicos, de coloração intensa, boa estrutura tânica e aromas que remetem a frutas negras, especiarias e cacau (INRA, 2017).

A literatura reporta poucos estudos focados nesta variedade de uva, sendo que, os assuntos mais abordados relacionam-se ao estudo da composição fenólica e identificação de vinhos com base na variedade de uva e origem (FANG *et al.*, 2008; LAING *et al.*, 2012; LI *et al.*, 2014; MIELE, RIZZON, 2011; MIELE, RIZZON, ZANUS, 2010; SHI *et al.*, 2016).

4.3 Constituintes do vinho

O vinho é uma bebida muito antiga, definido de forma simples como suco de uva fermentado, que resulta em uma bebida complexa do ponto de vista químico e riquíssima em *flavor* (HASSEB *et al.*, 2018).

Com a disseminação do consumo de vinho, surgiram atribuições associadas ao seu consumo como auxiliar na manutenção da boa saúde, principalmente no Egito antigo, Mesopotâmia e Grécia. Mais recentemente surgiu o paradoxo Francês, que consiste no possível efeito cardioprotetor do vinho tinto, devido a relação entre o consumo moderado da bebida e alta ingestão de gordura saturada, principalmente manteiga, pelos franceses

(HASSEB *et al.*, 2018; RENAUD, DE LORGERIL, 1992). Este efeito se dá, devido à presença de compostos bioativos entre os diversos constituintes do vinho.

Os principais constituintes do vinho são:

- i) Água: meio aonde ocorrem as reações químicas;
- ii) Álcoois: sendo o principal o etanol, que influencia na estabilidade, maturação e nas características organolépticas do produto final. Fruto do metabolismo das leveduras, outros álcoois contribuem para o aroma do vinho, como butanol, metil-propanol, etc. (HASSEB *et al.*, 2018; WATERHOUSE, SACKS, JEFFERY, 2016);
- iii) Açúcares: são substrato para o desenvolvimento das leveduras e consequente produção de álcool e CO₂. O açúcar residual é utilizado para classificar o vinho em seco, doce ou demi-sec, além de alguns açúcares serem metabolizados a álcoois superiores, ésteres e aldeídos, conferindo aroma ao vinho (HASSEB *et al.*, 2018; SOARES *et al.*, 2017);
- iv) Polifenóis: fenóis consistem em um anel aromático com um grupamento hidroxila acoplado e, os polifenóis, consistem em vários anéis aromáticos. Os polifenóis contribuem com o aroma, textura, sabor e propriedades antioxidantes (HASSEB *et al.*, 2018; SOARES *et al.*, 2017);
- v) Ácidos: constituintes importantes do vinho, sendo os principais o ácido tartárico, málico, cítrico, láctico, succínico e acético. A acidez influencia no pH que o vinho apresentará, e, por consequência, impactará a cor, estabilidade e sabor (HASSEB *et al.*, 2018; HASEEB, ALEXANDER, BARANCHUK, 2018);
- vi) Outros compostos: os aminoácidos constituem uma importante fonte de nitrogênio durante a fermentação. Há também, inúmeros minerais, com destaque para o potássio, além de compostos de enxofre, entre outros (HASSEB *et al.*, 2018).

Mais de 1000 compostos oriundos da uva, processo de fermentação, leveduras, maturação e armazenamento já foram identificados em vinhos, a maioria em quantidades muito pequenas, que sozinhos, normalmente, não apresentam um impacto significativo, no entanto, em conjunto com os outros compostos, conferem tipicidade aos vinhos (AMERINE, ROESSLER, 1982; HASEEB *et al.*, 2018; SOLEAS, DIAMANDIS, GOLDBERG, 1997; STOCKLEY *et al.*, 2012).

4.3.1 Compostos fenólicos

Dentre tantos componentes presentes no vinho, os compostos fenólicos apresentam grande importância, por conferirem grande poder antioxidante (KANNER, FRANKEL, GRANIT, 1994). Estes, podem advir da uva (cascas e sementes), dos engaços, do metabolismo das leveduras ou pelo uso de madeira durante a maturação dos vinhos (SOLEAS, DIAMANDIS, GOLDBERG, 1997).

O perfil e concentração de componentes bioativos depende de uma série de fatores, como a variedade da uva, a região de cultivo, o método de produção e o tempo (colheita e produção do vinho). Dentre estes fatores, a variedade de uva, na maioria dos casos, molda o perfil de compostos bioativos que o vinho apresentará, fazendo com que os outros fatores alterem a concentração dos componentes (ARTERO *et al.*, 2014; CALÒ *et al.*, 1994).

Os fenóis são anéis aromáticos com um ou mais grupos hidroxila associados diretamente à estrutura do anel. Existem dois grupos principais de fenóis, que são os flavonoides e os não flavonoides (CABRITA, SILVA, LAUREANO, 2002).

A quantidade de compostos fenólicos extraídos depende de muitos fatores enológicos: temperatura, tempo de contato do mosto com as partes sólidas, recipiente utilizado para a fermentação, concentração de etanol, SO₂, tipo de levedura empregado, pH, preparado enzimático, quantidade de compostos fenólicos de cada variedade; que por sua vez é condicionada à safra, clima, região e processo de vinificação, nos quais, geralmente, processos tradicionais de maceração em contato com a película acabam por extrair maiores concentrações de compostos fenólicos do que processos como a maceração carbônica (SOLEAS, DIAMANDIS, GOLDBERG, 1997).

Os compostos fenólicos presentes nas uvas podem ser agrupados em dois grandes grupos, são eles: grupo dos flavonoides e não-flavonoides.

O grupo dos flavonoides abrange as substâncias constituídas por dois fenóis unidos por um pirano. Os flavonoides podem se apresentar em sua forma livre ou polimerizados a outros flavonoides ou açúcares não-flavonoides (SOLEAS, DIAMANDIS, GOLDBERG, 1997). Se apresentam em vários subgrupos, como as flavanonas, flavonas, isoflavonas, flavonóis, flavanóis e antocianinas, sendo que, quantitativamente, os mais importantes, são os 3 últimos (Figura 2).

As antocianinas são moléculas constituídas de dois ciclos benzeno unidos por um heterociclo oxigenado, insaturado e catiônico. Grupo que contribui fortemente para a coloração dos vinhos, localizam-se na película e nas três ou quatro primeiras camadas da hipoderme, e também na polpa das castas tintureiras. Alguns exemplos de antocianinas são a cianidina, peonidina, delphinidina, malvidina, petunidina, sendo que, dentre estas, a malvidina é sempre

encontrada em maior quantidade nos vinhos (CABRITA, SILVA, LAUREANO, 2002). As antocianinas diferem uma das outras pelo número de hidroxilas e metoxilas no anel B, basicamente, o aumento da hidroxilação causa aumento da coloração azul, enquanto que o aumento da metoxilação aumenta a coloração vermelha (HARRISON, 2017; HE *et al.*, 2012).

Para uvas viníferas, a concentração total de antocianinas gira em torno de 34 mg/100 g (HARRISON, 2017; LIANG *et al.*, 2008). A característica iônica das antocianinas permite que elas se solubilizem em meio aquoso ou hidroalcoólico, sendo que, os fatores que mais influenciam na extração são tempo e temperatura (HARRISON, 2017; KENNEDY, 2010; SACCHI, BISSON, ADAMS, 2005).

Os flavonóis são constituídos de instauração no anel heterocíclico e uma hidroxila na posição 3, apresentam coloração amarela e atuam na evolução da cor em vinhos tintos por fenômenos de copigmentação com as antocianinas (ALLEN, 1994). Abrangem compostos como a quercitina, campeferol e miricetina (CABRITA, SILVA, LAUREANO, 2002).

Os flavanóis apresentam um anel heterocíclico saturado, e estão presentes principalmente nas sementes das uvas. As unidades flavanólicas básicas são a catequina, epicatequina, epigallocatequina e galocatequina (CABRITA, SILVA, LAUREANO, 2002).

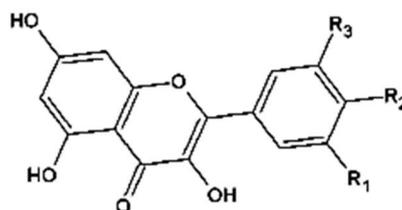
Os taninos são compostos que se ligam às proteínas ou outros polissacarídeos, e são os responsáveis pela sensação de adstringência dos vinhos. São umas das classes mais críticas que sofrem mudanças significativas durante a vinificação (SMITH, MCRAE, BINDON, 2015). Constituem este grupo os taninos hidrolisáveis, formados por moléculas de ácido gálico ou ácido elágico ligados a um açúcar, sendo oriundos da madeira empregada no envelhecimento dos vinhos. A quantidade de taninos hidrolisáveis dependerá do tempo de contato entre o vinho e a barrica, a origem do carvalho e se é novo ou já foi utilizado (SMITH, MCRAE, BINDON, 2015).

Os taninos condensados ou não hidrolisáveis estão presentes nas uvas, principalmente nas sementes, e são formados por moléculas flavanoides, como a (+)-catequina e (-)-epicatequina e conhecidos como proantocianidinas (ALLEN, 1994; CABRITA, SILVA, LAUREANO, 2002; FILHO, GASTONI, 2016; MELO *et al.*, 2006; PEIXOTO *et al.*, 2018; YU, AHMEDNA, 2013).

Durante o envelhecimento dos vinhos, os taninos seguem sofrendo alterações químicas que causam alteração na tonalidade dos vinhos, da cor púrpura para o vermelho atijolado, além de diminuir a sua adstringência (SMITH, MCRAE, BINDON, 2015).

Figura 2. Estrutura química dos flavonoides.

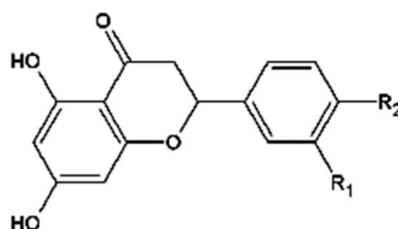
Flavonois



$R_3=H, R_1=R_2=OH$: Quercitina

$R_1=R_2=R_3=OH$: Miricetina

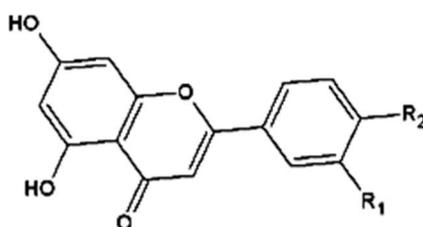
Flavanonas



$R_1=H, R_2=OH$: Naringenina

$R_1=OH, R_2 = OCH_3$: Hesperitina

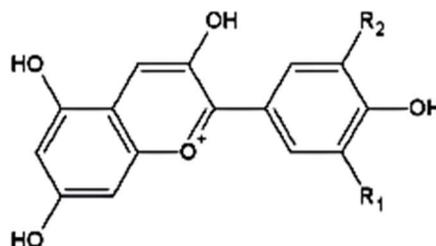
Flavonas



$R_1=H, R_2=OH$: Apigenina

$R_1=R_2=OH$: Luteolina

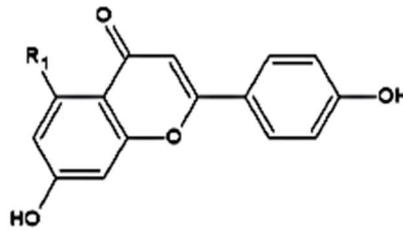
Antocianinas



$R_1=OH, R_2=H$: Cianidina

$R_1=R_2=OCH_3$: Malvidina

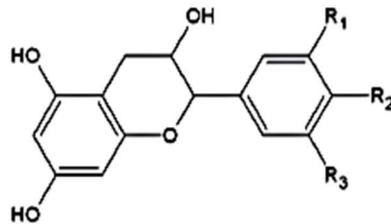
Isoflavonas



R₁=H: Daidzeína

R₁=OH: Genisteína

Flavanol



R₁=R₂=OH, R₃=H: Catequina

R₁=R₂=R₃=OH: Galocatequina

Fonte: Adaptado de ARCHELA, DALL'ANTONIA (2013).

Os compostos não flavonoides compreendem os ácidos fenólicos, hidróxibenzoicos e hidroxicinâmicos, além de outros derivados fenólicos como os estilbenos (DAL MAGRO *et al.*, 2016; FLANZY *et al.*, 2002). A principal característica dos ácidos fenólicos é serem formados por um anel aromático com os substituintes ligados à sua estrutura, conferindo capacidade antioxidante (Figura 3) (DAL MAGRO *et al.*, 2016; MARINOVA, YANISHLIEVA, 2003).

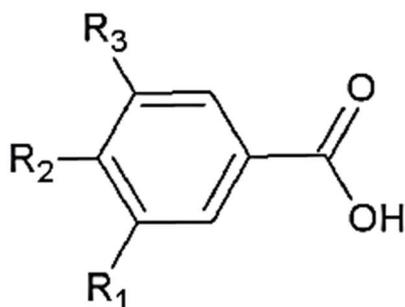
O grupo do ácido benzoico abrange os ácidos gálico, salicílico, vanílico, hidróxibenzoico, gentísico e protocatéquico (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1972).

Já os derivados do ácido hidroxicinâmico encontram-se combinados com o ácido tartárico na forma de monoésteres abrangendo o ácido p-cumárico, cafeico, ferrúlico, sinápico e caftárico (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1972).

Os estilbenos pertencem à família dos polifenóis, sua estrutura característica é formada por C₆C₂C₆, constituindo dois anéis benzênicos ligados por uma cadeia contendo um etanol ou etileno. O resveratrol trata-se do composto mais representativo desta classe, apresentando-se na sua forma cis ou trans (ALVES, 2015; LÓPEZ-SEPÚLVEDA *et al.*, 2008).

Figura 3. Estrutura química dos compostos não flavonoides.

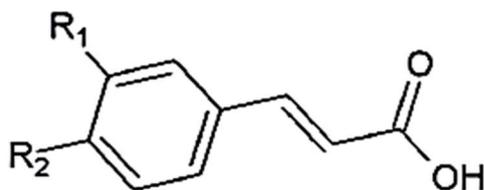
Ácido Hidroxibenzoico



$R_1=R_2=OH, R_3=H$: Ácido Protocatecuico

$R_1=R_2=R_3=OH$: Ácido Gálico

Ácido Hidroxicinâmico

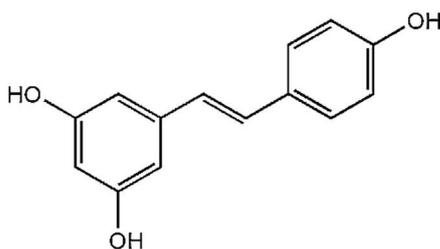


$R_1=OH, R_2=H$: Ácido Cumárico

$R_1=R_2=OH$: Ácido Cafeico

$R_1=OCH_3, R_2=OH$: Ácido Ferúlico

Resveratrol



Fonte: Adaptada de ARCHELA, DALL'ANTONIA (2013).

4.3.2 Compostos voláteis

O aroma dos vinhos trata-se de uma característica sensorial crucial para definir sua qualidade, sendo que, tecnologias enológicas que promovam a melhor relação de aromas vem a ser de grande importância para a qualidade final dos vinhos.

O aroma dos vinhos advém das uvas, da fermentação e do período de envelhecimento em garrafa, compondo os aromas primários, secundários e terciários, respectivamente. Os compostos aromáticos pertencem a diferentes classes químicas, tais como monoterpenos, norisoprenóides, álcoois superiores, ácidos graxos, ésteres, aldeídos, cetonas, etc. (CALLEJÓN *et al.*, 2012; MIHNEA *et al.*, 2015).

Algumas das principais tecnologias empregadas para melhorar o aroma dos vinhos são o uso de enzimas durante a maceração, as quais causam a degradação da parede celular e permitem a extração de compostos voláteis e fenólicos (GONZÁLEZ-SANJOSÉ, PÉREZ-MAGARIÑO, 2001; MIHNEA, *et al.*, 2015; SALINAS *et al.*, 2003).

Mihnea *et al.* (2015) avaliaram o impacto de diferentes macerações pré-fermentativas e aplicação de enzimas em vinhos tintos da variedade Mencía. Foi observado que as técnicas empregadas são capazes de alterar a composição volátil dos vinhos, mas que há também grande influência da safra nos tipos de compostos voláteis presentes.

De Castilhos *et al.* (2019) estudaram a influência da desidratação prévia das uvas e a aplicação de chapéu submerso como técnicas de vinificação na composição volátil de vinhos obtidos das uvas BRS Carmem e BRS Violeta (BRS consistem em cultivares de videiras lançadas pela Embrapa). Observaram que a variedade da qual a uva provém influencia muito mais na característica volátil do vinho do que a técnica de vinificação empregada, embora esta também cause modificações.

Geffroy *et al.* (2015) estudaram a aplicação de tratamentos térmicos pré-fermentativos com maceração com presença de bagaço e sem presença de bagaço em vinhos provenientes das cultivares 'Grenache', 'Carignan' e 'Fer'. Foi verificado que a cultivar tem grande impacto na composição química do aroma, assim como a safra. A aplicação de temperatura em mostos com presença de bagaço causou perda de alguns compostos aromáticos derivados da uva, como terpenoides, norisoprenoides e fenóis, além de um aumento de compostos como o α -terpineol, guaiacol e 2,6-dimetoxifenol, sugerindo que possa ter havido degradação térmica. Quando o tratamento térmico foi aplicado no mosto sem a presença do bagaço, observou-se aumento significativo da concentração de alguns ésteres etílicos, acetatos, e particularmente de ácidos graxos. Com base nisso, verifica-se que a aplicação de altas temperaturas pode modular o perfil de compostos aromáticos em vinhos, e que, com o avanço da tecnologia e

controle sanitário das uvas, novas formas de aplicação de calor ou faixas de temperaturas, especialmente em torno de 70 °C merecem ser estudadas.

Em vinhos tintos, já foram identificados centenas de compostos voláteis, dentre os quais, alguns compostos, contribuem para caracterizar o aroma dos diferentes vinhos, pois, para que o composto seja percebido, sua concentração deverá ser acima de 20% do limiar de percepção, além da influência relacionada com a classe química do composto. Todos estes fatores, bem como suas causas, merecem ser estudadas, a fim de verificar a possibilidade de controlar certas variáveis que permitam elaborar vinhos de elevada qualidade aromática (BOIDO *et al.*, 2003; de CASTILHOS *et al.*, 2019; ORTEGA-HERAS, GONZÁLES-SANJOSÉ, BÉLTRAN, 2002; MARTINS *et al.*, 2018; VERSINI, ORRIOLS, DALLA SERRA, 1994; VILANOVA *et al.*, 2013; VILANOVA, MARTÍNEZ, 2007).

4.4 Processos de vinificação

O processo de vinificação é uma etapa crucial para definir a qualidade de um vinho, pois é por meio dele que os principais compostos poderão ser extraídos, como taninos, antocianinas, açúcares, entre outros. A quantidade e o tipo de compostos extraídos definirão as características organolépticas do vinho, como o aspecto gustativo, caracterizado pelo equilíbrio entre os sabores ácido, amargo, adocicado e salgado, aspectos olfativos, definidos pelos compostos aromáticos precursores de diferentes aromas e aspecto visual, no qual se perceberá a coloração e corpo da bebida.

Com base nisso, várias tecnologias vitivinícolas foram desenvolvidas, a fim de melhorar a qualidade dos vinhos produzidos. Tendo em consideração que cada variedade de uva e tipo de vinho se adequa melhor a diferentes processos, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de entender e aprimorar a produção. El Darra *et al.* (2013) verificaram a eficiência de tratamentos térmicos moderados, ultrassom e campo elétrico pulsado na extração fenólica de vinhos 'Cabernet Franc'. Cáceres-Mella *et al.* (2013) abordaram a composição fenólica e sensorial de vinhos elaborados a partir da realização de *assemblages* de vinhos tintos chilenos. Nel, Van, Lambrechts (2014) estudaram o impacto da vinificação clássica, tratamento enzimático, imersão a frio e pós-maceração na extração de taninos e antocianinas em vinhos 'Cabernet Sauvignon' e 'Shiraz'. Mihnea *et al.* (2015) abordaram a aplicação de enzimas, maceração refrigerada e criomaceração na composição volátil de vinhos 'Mencía'. Bautista-Ortín *et al.* (2017) estudaram o emprego de ultrassom de alta frequência na extração de compostos fenólicos em vinhos. Geffroy *et al.* (2017) investigaram o uso de imersão a frio, termovinificação, maceração carbônica e "vinificação em rosé".

A extração de compostos fenólicos durante a elaboração de vinhos tintos, provavelmente advém de 3 principais parâmetros: solubilidade dos constituintes, que dependerá da concentração de etanol e temperatura, a existência ou não de barreiras que possam dificultar a difusão dos compostos e reações e adsorção entre os componentes (HARRISON, 2017).

Torna-se muito importante estudar o impacto das diferentes tecnologias e variedades de uva, uma vez que, estas, influenciam diretamente no resultado final, e são variáveis que podem ser controladas, pois, influências causadas por fatores como safra, condições climáticas e exposição à luz UV são variáveis de difícil controle.

4.4.1 Vinificação clássica em tinto

Na fermentação clássica em tinto, o mosto é obtido por meio do esmagamento e desengace das uvas; este mosto permanece em contato com as cascas e sementes por um determinado tempo em tanques de aço inoxidável, o qual dependerá das características desejadas para o vinho e da qualidade da matéria-prima. As substâncias colorantes são extraídas por meio da solubilização no álcool formado durante a fermentação (BAIANO *et al.*, 2016).

A maceração e a fermentação consistem nas principais etapas da vinificação clássica em tinto, pois, são nestas duas etapas que os constituintes das partes sólidas da uva serão extraídos, de modo que, deve-se evitar ao máximo extrair compostos que diminuam a qualidade do vinho, e, potencializar a extração dos constituintes que melhoram a sua qualidade (GUERRA, 2002).

A fim de aumentar o contato do mosto com as partes sólidas, que tendem a flutuar na superfície do recipiente, são realizadas “remontagens”, que consistem em ressuspender as partes sólidas no mosto, esta etapa pode ser realizada por meio de procedimentos mecânicos ou utilizando bombas (BAIANO *et al.*, 2016).

Segundo Guerra (2002), alguns parâmetros de processo que devem ser controlados são:

- o tempo de maceração: leva em consideração a qualidade da uva, cultivar e o tipo de vinho que se pretende elaborar;
- a relação bagaço/mosto: relaciona-se à qualidade polifenólica da uva, se a uva possui uma baixa qualidade de polifenóis, deve-se alterar a razão, efetuando retirada de parte do mosto;
- a temperatura de fermentação: a temperatura varia de acordo com as diferentes etapas inerentes à produção, inicia-se com temperaturas em torno de 28 °C nos primeiros dias de vinificação, a fim de extrair as antocianinas adequadamente, seguindo temperaturas de 20 °C

até o final da maceração, para que taninos amargos e ásperos não sejam extraídos. Após, a temperatura deve ser aumentada por alguns dias, a fim de facilitar a fermentação malolática e reações de condensação entre taninos e antocianinas, e, finalmente, deverá ser novamente reduzida, para facilitar a estabilização de ácidos, proteínas e polifenóis;

- o tipo e a frequência das remontagens: garante a extração seletiva de taninos e antocianinas, os quais conferem boa parte da qualidade e equilíbrio sensorial dos vinhos. O tipo de remontagem mais indicado é aquele que desestrutura parcialmente a massa sólida. Quanto ao número de remontagens, normalmente, indica-se em torno de seis remontagens a cada 24 horas, a fim de manter a massa sólida constantemente molhada.

Antes de ser engarrafado, é necessário que o vinho passe pelo processo de estabilização, no qual ocorre o rearranjo dos teores de acidez, proteínas, polifenóis e polissacarídeos por meio de fenômenos oxidativos, transformações químicas e precipitações. Este processo é realizado por meio de trasfegas com aeração ou em barricas de carvalho (GUERRA, 2002).

4.4.2 Vinificação Integral

A vinificação integral (vinificação em barris) e a vinificação clássica em tinto baseiam-se no mesmo princípio, a principal diferença consiste no fato de que, na vinificação integral, o mosto e as partes sólidas são colocados em barricas de carvalho, onde se dá o processo de vinificação, permitindo uma maior harmonia entre o vinho e a madeira. Também, é possível realizar a vinificação nas barricas de carvalho e, após a descuba, a fermentação continuar em tanques de aço inoxidável. Já na fermentação clássica em tinto, após o esmagamento e desengace das uvas, as mesmas são colocadas diretamente em tanques de aço inoxidável (BAIANO *et al.*, 2016).

A vinificação integral confere maior volume e profundidade aos vinhos, devido ao método ocorrer em barricas pequenas, acaba por extrair os compostos de maneira mais suave, pelo contato prolongado com o álcool. Além disso, a rotação dos barris durante a fermentação, permite a suspensão dos materiais sólidos, conferindo taninos mais macios e redondos ao vinho. Algumas vantagens consistem na manutenção de uma boa coloração, devido as reações entre taninos e antocianinas e tratar-se de uma técnica mais ecológica e econômica, por não ser necessário o bombeamento e não possuir dispositivos de controle de temperatura. Ao mesmo tempo, devido a necessidade de barricas individuais, demanda mais espaço, mão de obra e custos referentes ao uso das barricas (GAGLIOLE, 2021).

A vinificação integral também é muito empregada para acelerar a maturação dos vinhos, providenciando vinhos “prontos para beber” mais rapidamente, propiciando maior giro

de produtos na vinícola. Vêm sendo empregada em algumas vinícolas ao redor do mundo, no entanto, não foram encontrados estudos que abordassem esta tecnologia de vinificação (CUTLER, 2011).

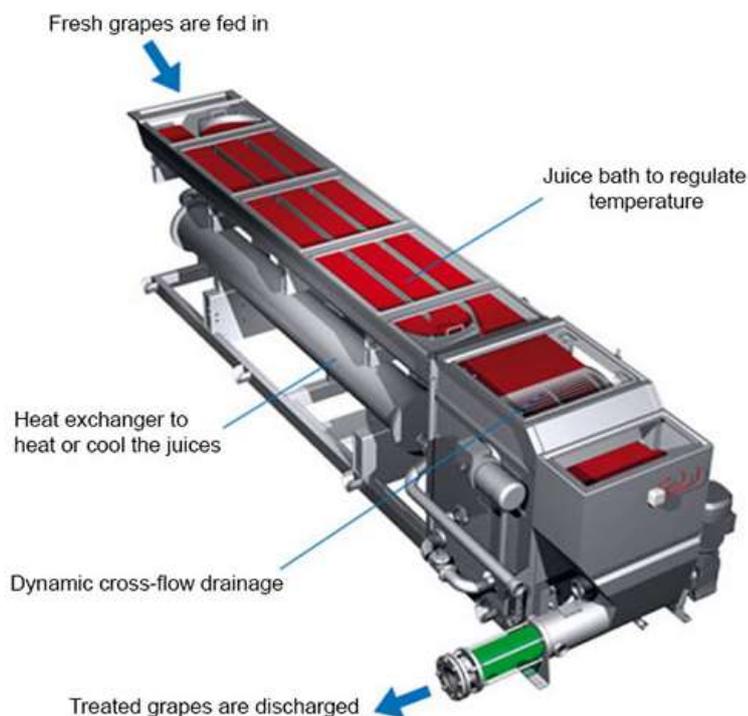
O processo é muito empregado em vinhos finos na França, aonde, muitas vezes, as barricas contam com dispositivos de controle de temperatura, sistema de oxigenação e “pisagem” que eliminam a necessidade de realizar o processo de remontagem. É um processo apreciado pois permite extração suave, micro-oxigenação, evaporação e estabilização. Além disso, permite o afinamento do vinho, por meio da precipitação dos “taninos duros” que se depositam no fundo do barril. Adiciona aromas pelo contato com a madeira, aumentando a complexidade do vinho. O grau depende do tempo de contato, grau de tostagem e número de vezes que a barrica foi utilizada (PEREIRA, 2010).

4.4.3 Termovinificação

A termovinificação apresenta o princípio básico de aquecer as uvas a temperaturas próximas a ebulição, com objetivo de aumentar a extração de cor (causa grande extração de antocianinas) e taninos de uvas deficientes nestes dois parâmetros, aumentar o rendimento de extração do mosto, diminuir o tempo de vinificação e inativar enzimas, como a polifenoloxidase e a lacase, além de determinados microrganismos inconvenientes ao processo de vinificação (BAIANO *et al.*, 2016).

Esta técnica causa redução no tempo de processamento, pois facilita o processo de migração dos compostos para o mosto (açúcar, ácidos, aminoácidos, antocianinas, entre outros) (GEFFROY *et al.*, 2018). Basicamente, após o desengace e esmagamento, as uvas são colocadas em um equipamento (Figura 4) e levadas a temperaturas de até 85 °C, e, na sequência, o produto é resfriado até 20 °C, esse choque brusco de temperatura auxilia na explosão do grão de uva, aumentando a extração dos compostos. O maior aporte de antocianinas é observado ao final do período de aplicação de calor, e, durante a fermentação, apresenta decréscimo contínuo (WANG *et al.*, 2016). A eficácia do processo dependerá da variedade de uva, algumas apresentando melhor adaptação que outras, além da temperatura empregada no processo (BAIANO *et al.*, 2016; CVEJIĆ, ATANACKOVIĆ, 2015; MAZA, ÁLVARES, RASO, 2019).

Figura 4. Exemplo de equipamento normalmente empregado para termovinificação.



Fonte: PERA-PELLENC S.A.

4.4.4 Ultrassom

A eficiente extração de compostos fenólicos é de extrema importância para a qualidade de um vinho, uma vez que componentes como antocianinas e taninos conferem cor, sabor, capacidade antioxidante e potencial de envelhecimento aos vinhos tintos. No entanto, durante a vinificação, apenas uma parte destes constituintes são extraídos, por exemplo, cerca de 40% de antocianinas e 20% de taninos. Isso ocorre devido a resistência imposta pela parede celular (EL DARRA *et al.* 2013; JACKSON, 2000; MONAGAS, BARTOLOME, GOMEZ-CORDOVES, 2005; PINELO, ARNOUS, MEYER, 2006).

Muitas técnicas vêm sendo empregadas a fim de aumentar o rendimento da extração de compostos fenólicos, principalmente técnicas que empregam aplicação de calor, o qual auxilia na extração de polifenóis, mas pode causar degradação de certos compostos fenólicos ou perda de aromas por volatilização.

Desta forma, o desenvolvimento de técnicas ou processos que garantam uma boa extração destas substâncias, sem causar perdas ou degradações, começaram a ganhar espaço na pesquisa, sendo uma delas a aplicação de ultrassom (EL DARRA *et al.*, 2013; NOVAK *et al.*, 2008; PALMA, TAYLOR, 1999).

A aplicação de ultrassom causa o efeito físico de cavitação acústica, que consiste na formação, e posterior colapso e explosão de microbolhas (100 µm) em um “hotspot” localizado, que produz muita energia e pressão, gerando ondas de choque, que acabam por causar a ruptura celular. Aliado a isso, ocorre o aumento das taxas de transferência de massa devido à transmissão acústica, aumentando a difusão dos compostos (DALAGNOL *et al.*, 2017; FERRARETTO, CELOTTI, 2016; MASON, 1998; MASON *et al.*, 2005; TOMA *et al.*, 2001).

O ultrassom é empregado com objetivo de conseguir rápida e contínua extração de compostos, redução do tempo de maceração, fermentações em menores temperaturas sem contato com as partes sólidas (MORATA *et al.*, 2019).

No ano de 2019, a OIV reconheceu oficialmente por meio da resolução OIV-OENO 616-2019 a efetividade da aplicação de ultrassom para a extração rápida de compostos, com o propósito de obter mostos ricos em compostos fenólicos e outros compostos oriundos da uva, melhor estabilidade, redução do tempo de maceração e para limitar a extração de taninos das sementes por meio da diminuição do tempo de maceração. Algumas orientações fornecidas pelo documento consistem em aplicar o tratamento de ultrassom em uvas desengaçadas e esmagadas, a fim de aumentar a efetividade do tratamento; realizar o tratamento com aplicação de movimento da massa vínica, para evitar aumento de temperatura em determinados pontos e; colocar proporções adequadas do material sólido (cascas e sementes) e líquido (mosto) a fim de impulsionar processo de cavitação eficiente (OIV, 2019).

No entanto, é necessário efetuar estudos, pois dependendo dos compostos e do meio, podem ocorrer algumas reações químicas em cadeia devido aos próprios radicais livres induzidos ultrassonicamente, que podem proporcionar polimerização, bem como a quebra de alguns compostos (ZHANG *et al.*, 2015; ZHANG, WANG, 2017).

4.4.5 Assemblages

Frutos oriundos de videiras *Vitis vinifera* possuem a propriedade de apresentar diferentes características de sabor, aroma e composição dependo do cultivar, de fatores ambientais, culturais e tecnológicos. Enquanto uma cultivar pode apresentar altas concentrações de determinados compostos, outras podem possuir baixas quantidades, sendo que a mistura de diferentes vinhos vêm sendo uma opção para satisfazer a demanda dos consumidores (GARCÍA-CARPINTERO, SANCHES-PALOMO, VIÑAS, 2010).

A mistura de vinhos elaborados a partir de uma única variedade (monovarietais) resulta em vinhos ditos de *assemblage*. O uso de *assemblage* vem a ser uma técnica interessante, pois as diferentes variedades de uva apresentam características distintas, como os perfis fenólicos e de aroma, que se usadas em conjunto, podem vir a resultar em vinhos de

maior complexidade e qualidade (BAIANO *et al.*, 2016; CACERES-MELLA *et al.*, 2013; DOOLEY *et al.*, 2012; GARCÍA-CARPINTERO, SANCHES-PALOMO, VIÑAS, 2010; HOPFER, EBELER, HEYMANN, 2012).

No entanto, deve-se ter atenção ao tipo de *assemblage* realizado, pois ao mesmo passo que as diferentes castas de uva podem se complementar, melhorando a qualidade do vinho, pode ocorrer efeito contrário, como diluição dos compostos fenólicos e de coloração, os quais, tem grande contribuição para a qualidade global do vinho (BAIANO *et al.*, 2016; CACERES-MELLA *et al.*, 2013; DOOLEY *et al.*, 2012; HOPFER, EBELER, HEYMANN, 2012).

4.5 Estudos focados no uso de diferentes variedades de uva e tecnologias de vinificação para elaboração de vinhos tintos finos

Existem diversas técnicas de vinificação alternativas para vinificação clássica em tinto, com o objetivo de observar o efeito dessas técnicas na extração de diferentes compostos e, conseqüentemente, na qualidade final dos vinhos (GARCÍA-CARPINTERO, SÁNCHEZ-PALOMO, VIÑAS, 2010; GÓMEZ GALLEGU *et al.*, 2012; GONZÁLEZ-NEVES, GIL, FAVRE, 2010; SACCHI, BISSON, ADAMS, 2005; VIDAL *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2016).

Técnicas ou processos de vinificação ou maceração, combinadas com a qualidade da uva determinam a extração e estabilidade dos compostos bioativos como taninos e antocianinas, além dos compostos aromáticos, que influenciam na composição e qualidade dos vinhos (HARRISON, 2017).

Rizzon *et al.* (1999) estudaram o efeito de três processos de vinificação (processo clássico, termovinificação e maceração carbônica) sobre a composição química e qualidade do vinho 'Cabernet Franc'. Os vinhos resultantes dos diferentes processos apresentaram características tais como: os vinhos provenientes da maceração carbônica continham menor quantidade de álcoois superiores totais, além de maior concentração de minerais como ferro, lítio, rubídio e manganês, devido a presença de ráquis no momento inicial de fermentação e maceração. Outra característica dos vinhos provenientes de maceração carbônica, foi a menor intensidade de coloração e antocianinas, enquanto que, a termovinificação apresentou vinhos com maior intensidade de cor e percentual de antocianinas. Quanto à acidez total e pH, os vinhos que sofreram maceração carbônica apresentaram pH mais elevado e acidez total mais baixa. Quanto a análise sensorial, verificou-se que o processo clássico e de termovinificação originaram vinhos mais parecidos quando comparados com os vinhos de maceração carbônica, além de que, estes, apresentaram vinhos de menor qualidade olfativa, mais leves, menos estruturados, de menor acidez e pior impressão geral.

Outro estudo avaliou a aplicação de campo elétrico pulsado, ultrassom e tratamentos térmicos moderados para melhorar a extração fenólica durante a fermentação em tinto de uvas 'Cabernet Franc'. Os resultados demonstraram que as três técnicas auxiliaram no aumento da extração das substâncias fenólicas, sendo que o tratamento com campo elétrico pulsado resultou na maior intensidade de coloração durante toda fermentação alcoólica, além de consumir menos energia. O tratamento com ultrassom também obteve bons resultados, principalmente os tratamentos longos, acima de 15 minutos, sendo mais efetivo que o tratamento térmico moderado, mas consumindo mais energia (EL DARRA *et al.*, 2013).

Em um estudo empregando a variedade 'Tannat', durante a safra de 2011, foi avaliada a aplicação de maceração pré-fermentativa a frio e termomaceração pré-fermentativa, comparando-as com a maceração tradicional. Observou-se que os vinhos provenientes da maceração a frio não se diferenciaram dos vinhos feitos por meio de vinificação tradicional, com relação ao conteúdo de compostos fenólicos e cor. A termomaceração originou vinhos com maior aporte de compostos fenólicos totais e antocianinas, sendo uma alternativa promissora para elaboração de vinhos desta variedade de uva (PICCARDO, GONZÁLEZ-NEVES, 2013).

Neves, Pantoja e Santos (2014) estudaram a técnica de termovinificação associada à fermentação com leveduras imobilizadas em vinhos provenientes da uva 'Cabernet Sauvignon' e 'Pinot Noir' na safra de 2009. Foram empregadas temperaturas de 95 °C por 10 minutos. Foi observado que a técnica empregada reduziu significativamente o tempo de vinificação, no entanto, foi percebida certa instabilidade dos compostos fenólicos, pela diminuição na concentração de antocianinas e flavonoides ao longo do período de envelhecimento. Embora, mesmo com esta alteração, os vinhos obtiveram boa aceitação na análise sensorial, sugerindo que a técnica pode vir a ser adotada para a elaboração de vinhos.

Niculaua *et al.* (2017) avaliaram o conteúdo de compostos fenólicos em vinhos 'Merlot', obtidos por meio de diferentes técnicas de fermentação-maceração, como a fermentação termobárica (aplicação de alta pressão) e termomaceração (82 °C por 30 minutos). Os resultados encontrados apontaram que a maceração termobárica apresentou vinhos com maior concentração de compostos fenólicos totais e antocianinas, apresentando a maior porcentagem de malvidina-3-glicosídeo, além de uma quantidade relativamente baixa de acidez volátil, tornando-se menos perceptíveis do que aqueles elaborados por maceração clássica.

Gambacorta *et al.* (2017) testaram a eficiência da extração de polifenóis utilizando ultrassom durante a vinificação de uvas típicas italianas ('Primitivo', 'Nero di Troia' e 'Aglianico'). Observaram que o impacto do uso do ultrassom varia de acordo com a cultivar, pois a variedade 'Nero di Troia' não apresentou diferenças significativas na extração de

polifenóis, enquanto que, 'Primitivo' e 'Aglíanico' apresentaram uma melhora considerável na extração.

Bautista-Ortín *et al.* (2017) estudaram a influência da aplicação de ultrassom de alta potência durante a vinificação em tinto. Para tanto, as uvas foram desengaçadas e tratadas com ultrassom, nos tempos de maceração em contato com as partes sólidas de 3, 6 e 8 dias. Os resultados foram comparados com vinificação de controle, onde as uvas trituradas não foram submetidas a nenhum tratamento e foram maceradas em contato com as cascas durante 8 dias. Os resultados demonstraram a eficiência do uso de ultrassom para aumentar o rendimento da extração de compostos fenólicos, uma vez que o mosto submetido ao tratamento com ultrassom e tempo de maceração de apenas 3 dias, apresentou concentrações semelhantes de antocianinas e duas vezes mais taninos que o mosto controle, com tempo de maceração de 8 dias. Desta forma, os autores sugerem a utilização da técnica como um pré-tratamento contínuo, causando a otimização da capacidade de produção, por meio da redução do tempo de maceração ao mesmo tempo que melhora a qualidade dos vinhos.

Celotti *et al.* (2020) estudaram a aplicação de ultrassom (amplitude e tempo) na estabilidade de antocianinas e compostos fenólicos de vinhos tintos jovens. Verificaram que o tratamento com ultrassom pode preservar compostos fenólicos e que as condições devem ser moduladas de acordo com cada tipo de vinho, principalmente a composição de compostos fenólicos inicial.

Deste modo, observa-se a grande possibilidade de estudos que visem a otimização da elaboração de vinhos, verificando as uvas que melhor se adequam a determinados processos de vinificação, resultando em vinhos de qualidade superior.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Amostras

Os vinhos foram elaborados em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Uva e Vinho), situada na cidade de Bento Gonçalves, RS, Brasil, durante a safra de 2018. As uvas empregadas no processo foram provenientes de vinhedos da região do Planalto de Palmas (município de Água Doce, Santa Catarina, Brasil - Latitude 26°43'31,73"S; Longitude 51°30'35,699"O; Altitude de 1250,22 m), especificamente da empresa parceira Villaggio Grando Boutique Winery.

Os vinhos foram elaborados com uvas provenientes de plantas ou filas previamente marcadas. A elevação dos vinhedos é de 1,10 m no primeiro arame e de 1,53 m no último

arame. A orientação do vinhedo é 100% Norte-Sul absoluto. O tipo de solo é lipo solo bruno, com profundidade média de 7 m. A idade das videiras é de 22 anos. A variedade de porta-enxerto é *Paulsen* 1104. O espaçamento entre as videiras é de 1,10 m entre as plantas e 2,8 m entre as linhas. Segue o método de poda *Guyot* com número remanescente aproximado de 6 a 8 nós por videira.

Com relação às principais etapas fenológicas, normalmente, ocorre a poda entre junho e julho e a colheita entre final de fevereiro e final de abril.

A precipitação média anual é de 1433 mm, insolação anual de 2045 h a 2523 h, umidade relativa de 77,3% e temperatura média de 14,6 °C anuais.

As variedades de uvas frescas e sem danos empregadas no estudo foram ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Cabernet Franc’, ‘Marselan’ e ‘Tannat’ (*Vitis vinifera* L.). O estágio de maturação das uvas foi acompanhado com base no álcool potencial (13,0% a 14,0% vol ou °Brix entre 23,0 a 25,0). A colheita ocorreu em 15 de março de 2018 para as variedades ‘Tannat’ e ‘Marselan’, e, em 23 de março de 2018 para ‘Cabernet Franc’ e ‘Cabernet Sauvignon’.

Após a colheita das uvas, as mesmas foram imediatamente transportadas até a Embrapa, resfriadas e vinificadas em tinto (Quadro 1), pelos seguintes processos: termovinificação, vinificação integral e vinificação clássica com e sem aplicação de ultrassom. Os vinhos provenientes da vinificação clássica sem aplicação de ultrassom constituíram as amostras testemunha, a fim de que análises comparativas pudessem ser realizadas. Na sequência, foram realizadas *assemblages* entre os diferentes métodos de vinificação e variedades de uva, de modo que um número limitado de garrafas ficou retido na Embrapa para análises ao longo do tempo e o restante do vinho retornou para a Villaggio Grando.

Quadro 1. Descrição detalhada dos processos de vinificação empregados para elaboração dos vinhos.

Tipo de vinificação	Procedimento detalhado
Vinificação clássica	Foram empregados 21 kg de uva para cada variedade. As uvas foram desengaçadas e esmagadas (Desengaçadora-esmagadora – Enoveneta modelo 40). O mosto e as partes sólidas foram colocados em um tanque de aço inox onde ocorreu a maceração e fermentação por 10 dias a 25 °C (foi inoculada levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> - RX-60 Lallemand - na quantidade de 30 g hL ⁻¹ de levedura seca ativa). O processo de homogeneização ocorreu com duas submersões diárias

	<p>da fase sólida realizada com disco perfurado na primeira metade da maceração e uma submersão diária da fase sólida realizada com disco perfurado na segunda metade da maceração. Na sequência, foi realizada a descuba (prensa Ricefer – especialmente desenhada para pequenos volumes) e a fermentação foi finalizada em sala climatizada a 20 °C. Nenhum ativador de fermentação ou enzimas pectinolíticas foram adicionados aos mostos. A concentração inicial de SO₂ foi de 80 mg L⁻¹. Após, foi realizado o processo de estabilização a frio durante 15 dias a 5 °C em câmara fria. Os vinhos foram engarrafados e estabilizados durante um ano em garrafas de 375 mL.</p>
Termovinificação	<p>Foram utilizados 76 kg de uva para cada variedade. As uvas foram desengaçadas e esmagadas. O líquido foi imediatamente separado e aquecido a 90 °C em equipamento conhecido como suquificador (Suquificador Integral SI 70 kg - BR 10 2016002718-7 – mais detalhes sobre o equipamento podem ser encontrados em Guerra (2016). Nesse momento, o mesmo foi misturado novamente à fase sólida, de modo que a mistura fase sólida + fase líquida alcançasse 70 °C e mantido nesta temperatura por 1 hora. O conjunto foi então resfriado em câmara fria até 20 °C (3 horas). A partir desse ponto, submeteu-se o mosto a vinificação em tinto clássica, com fermentação de 7 dias a 20 °C. O processo de homogeneização ocorreu via uma submersão diária da fase sólida realizada com disco perfurado.</p>
Vinificação integral	<p>Foram utilizados 76 kg de uva para cada variedade. As uvas foram desengaçadas e esmagadas e acondicionadas em barrica de vinificação integral (<i>Quercus robur</i> L.) de 12 meses de uso, permanecendo em maceração em ambiente à temperatura de 25 °C durante 10 dias, ao final dos quais foi efetuada a descuba. A homogeneização da massa vinária foi</p>

	<p>realizada por meio de um giro de 360° da barrica duas vezes ao dia na primeira metade da maceração e um giro de 360° da barrica uma vez ao dia na segunda metade da maceração. A fermentação foi finalizada em tanque de aço inoxidável colocado em sala climatizada a 20 °C. O restante do processo seguiu o mesmo protocolo da vinificação clássica.</p>
<p>Vinificação clássica em tinto com tratamento de ultrassom</p>	<p>Foram utilizados 25 kg de uva para cada variedade. Após desengace e esmagamento, as uvas foram sulfitadas e colocadas em uma mastela. A fim de diminuir o número de bateladas e, conseqüentemente, o tempo de operação, retirou-se parte do líquido (7,5 L) que foi posteriormente reincorporado, restando cerca de 17,5 Kg de massa sólida e massa líquida que foram processadas em duas bateladas de 8,75 kg cada, a fim de não sobrecarregar o equipamento de ultrassom, que tolera um máximo de 9 kg. A massa sólida + massa líquida foram submetidas ao banho de ultrassom por 30 minutos a 25 °C (Thornton®, modelo T50; 127 W; 40 kHz; 30x50x20 cm) (Figura 5), após o qual lhes foi aplicado o mesmo protocolo de vinificação da vinificação clássica.</p>

Fonte: Autora.

Figura 5. Banho de ultrassom com lote de uvas.



Fonte: Autora.

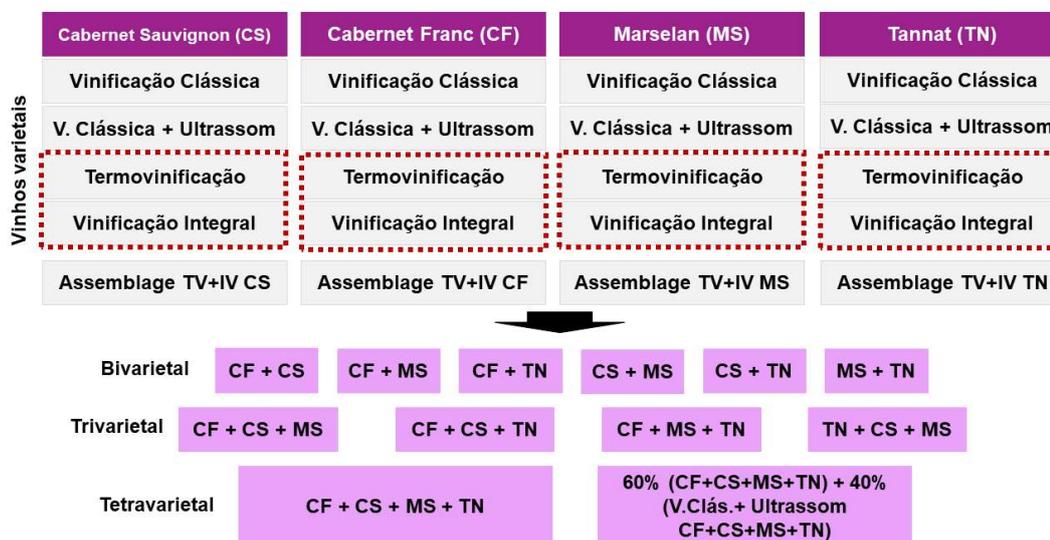
Para que fossem elaboradas as quantidades previstas, considerando um rendimento médio de 60% em mosto, foram necessários 200 Kg de uva para cada uma das quatro variedades componentes do experimento. As referidas quantidades representam o volume mínimo de uva de modo a permitir a elaboração de vinhos em condições técnicas adequadas. Permitem também a obtenção de volumes mínimos necessários à execução das diferentes análises químicas e sensoriais ao longo do tempo.

O processo de elaboração das amostras deu-se da seguinte forma: foram elaborados 16 vinhos varietais, feitos por meio do emprego de diferentes variedades de uva ('Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc', 'Marselan' e 'Tannat') e diferentes processos de vinificação (termovinificação, vinificação integral, vinificação clássica e tratamento com ultrassom). Na sequência, foram realizadas *assemblages* entre os vinhos varietais, elaborados por diferentes processos de vinificação, sendo eleito o melhor vinho varietal (exceto os provenientes da vinificação clássica com e sem aplicação de ultrassom). Os vinhos de *assemblage* foram obtidos em laboratório, em testes onde se misturam pequenos volumes, medindo-se em proveta graduada o percentual de cada vinho componente da mescla. Cada mescla é colocada em uma taça de degustação e o conjunto é degustado comparativamente até ser eleita a melhor mescla.

Após esta etapa, obteve-se 4 vinhos varietais mescla da termovinificação e vinificação integral, partindo-se para a realização dos vinhos de *assemblage* bivarietal, trivarietal e tetravarietal, totalizando, ao final, 32 lotes de vinho. Uma explicação mais detalhada da

metodologia para elaboração das amostras de vinhos pode ser visualizada no fluxograma abaixo (Figura 6).

Figura 6. Fluxograma da elaboração dos vinhos varietais e de *assemblage*.



Fonte: Autora.

5.2 Análises

Os vinhos foram analisados quanto a suas características físico-químicas, perfil volátil, perfil sensorial, capacidade antioxidante e composição de bioativos. Também, realizou-se a análise da cor e da capacidade redutora total, empregando o aplicativo *Photometrix*, com o objetivo de desenvolver um método de análise para vinhos utilizando este instrumento. Todas as análises foram realizadas após 12 meses do vinho ter sido engarrafado.

5.2.1 Análises físico-químicas

Os vinhos foram analisados quanto às suas variáveis físico-químicas, observando-se a quantidade de anidrido sulfuroso livre e total, acidez fixa, volátil e total, pH, densidade a 20°C, teor alcoólico, extrato seco, extrato seco reduzido e taninos. A cor dos vinhos também foi avaliada via método convencional de Glories (1984) e o sistema CIE L*a*b*.

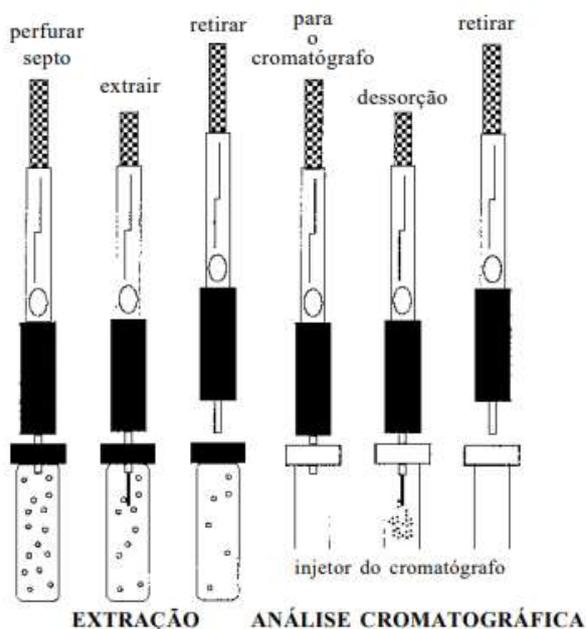
As análises foram realizadas na Embrapa Uva e Vinho em Bento Gonçalves seguindo a metodologia descrita pela OIV (OIV, 2021).

5.2.2 Análise dos compostos voláteis

A análise dos componentes voláteis seguiu o protocolo descrito no trabalho de Bernardi *et al.* (2014) com algumas modificações.

A extração dos compostos voláteis foi feita utilizando Microextração em Fase Sólida no *Headspace* - HS-SPME (do inglês *Headspace – Solid Phase Microextraction*) utilizando a fibra divinil benzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/Car/PDMS, 50/30 $\mu\text{m} \times 20 \text{ mm}$) (Figura 7). A fibra foi adquirida da Supelco (Bellefonte, PA, USA). Antes do seu primeiro uso, a fibra foi termicamente condicionada de acordo com as recomendações do fabricante. Para extração, 2 mL de cada vinho foram transferidos para um frasco de SPME com tampa provida de septo de 20 mL. Foi adicionado 30% de NaCl. Na sequência, o frasco foi colocado a $35 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 45 minutos sob agitação constante (500 rpm). Antes da exposição da fibra ao *headspace* do *vial*, o frasco contendo as amostras foi mantido na mesma temperatura da extração por 5 minutos, para atingir o equilíbrio de temperatura. Os compostos voláteis foram dessorvidos termicamente pela inserção da fibra na porta de injeção do cromatógrafo de gás. Todas as amostras foram analisadas em triplicata.

Figura 7. Ilustração do amostrador de SPME utilizado na extração e dessorção no cromatógrafo a gás.



Fonte: VALENTE E AUGUSTO (2000).

Os compostos voláteis foram dessorvidos da fibra para um injetor Varian Star 3400 CX, CA, USA (cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização em chama – GC-FID – do inglês *Gas chromatography equipped with flame ionization detector*). O injetor operou no modo *splitless* por 1 minuto (revestimento SPME 0,75 mm i.d.) e a fibra foi exposta por 10 minutos. A temperatura do injetor e do FID foi ajustada para $250 \text{ }^\circ\text{C}$. O gás transportador

empregado foi o hidrogênio a uma taxa de fluxo inicial de 2 mL min⁻¹ (pressão constante de 69 kPa).

Para separação dos compostos voláteis, foi utilizada uma coluna capilar ZB-WAX plus (30 m × 0,25 mm; espessura de filme de 0,25 μm; Phenomenex, Palo Alto, CA, EUA). A temperatura do forno foi mantida a 35 °C por 2 minutos e aumentada para 80 °C a 2 °C min⁻¹, então programada para aumento até 150 °C a 4 °C min⁻¹, e então para 230 °C a 8 °C min⁻¹ e mantida nesta temperatura por 5 minutos. Para quantificação da amostra, as concentrações dos compostos voláteis foram calculadas por padronização interna, utilizando um padrão de 3-octanol (Sigma Aldrich, Alemanha) na concentração de 1,03 mg L⁻¹.

Os compostos voláteis foram identificados empregando-se um cromatógrafo gasoso Shimadzu QP2010 Plus acoplada a um espectrômetro de massa (GC-MS; Shimadzu Corporation, Tóquio, Japão). As condições de GC-MS foram iguais às usadas para a análise de GC-FID com coluna polar. Hélio foi o gás de arraste na taxa de fluxo inicial de 2,0 mL min⁻¹. O MS foi operado no modo de ionização de elétrons (EI) a 70 eV, efetuando varredura de m/z de 35 a 350. Os compostos voláteis foram identificados por comparação com espectros de massa experimentais com aqueles de bancos de dados de espectros comerciais (NIST 14) e por comparação do índice de retenção experimental (IR) com a literatura. A identificação positiva foi feita com padrões químicos: hexanoato de etila (99,9%), acetato de etila (99,5%), 1-butanol (99,4%), ácido hexanóico (99,9%), 3-metil-1-butanol (98,5%), 2-metil-1-propanol (99,0%) e octanoato de etila (99,9%) (Sigma-Aldrich, Saint Louis, EUA).

5.2.3 Análise de compostos bioativos

Todos os reagentes utilizados neste estudo são de grau analítico.

Para a identificação dos compostos fenólicos foi realizado o processo de limpeza e concentração via extração em fase sólida – SPE - do inglês – *Solid Phase Extraction* (500 mg 6 mL⁻¹; Strata C18-E from Phenomenex; Torrance, USA) de acordo com Saona e Wrolstad (2001). O cartucho foi ativado com 2 mL de metanol e condicionado com 12 mL de água acidificada com ácido fórmico (0,01% HCl, v/v). Após, foi injetado 2 mL de vinho. Os compostos interferentes foram eluídos com 12 mL de solução aquosa acidificada com HCl 0,01% e recolhidos em um béquer de descarte. Na sequência, os compostos não antociânicos foram eluídos com 6 mL de acetato de etila e coletados em frasco âmbar para evaporador rotativo. Os compostos antociânicos foram eluídos com 6 mL de metanol acidificado (0,01% HCl, v/v) e coletados em frasco âmbar para evaporador rotativo. Os extratos foram concentrados em um evaporador rotativo a 38 °C durante 10 minutos, e reconstituídos no volume final de 1 mL de fase móvel constituída de água e ácido fórmico na proporção de

99,9:0,1, v/v, filtrados em um frasco, com um filtro de seringa com membrana de acetato de celulose (13 mm x 0,22 µm - Millipore, Massachusetts, USA) para análise posterior.

A identificação dos compostos fenólicos foi realizada em HPLC da marca Shimadzu (Quioto, Japão) equipado com duas bombas quaternárias (LC-20AD), degaseificador online (DGU-20A 5), injetor automático SIL20AHT, conectado em série a um espectrômetro de massas com fonte de ionização por eletrospray (ESI) e analisador de massas quadrupolo-tempo de voo - micrOTOF-Q II (Bruker Daltonics, Bremen, Alemanha).

Os compostos fenólicos foram separados segundo a metodologia descrita por Rodrigues, Mariutti e Mercadante (2013), utilizando coluna C18 (Phenomenex, Synergi™, 250 x 4.6 mm, 4 µm Allcrom, Torrance, CA) com fluxo de 0,7 mL min⁻¹ a 29 °C e o volume de injeção de 20 µL. A fase móvel consistiu de água:ácido fórmico (99,9:0,1 v/v) (solvente A) e acetonitrila:ácido fórmico (99,9:0,1, v/v) (solvente B) em gradiente linear (99:1 (v v⁻¹) A/B para 50:50 (v v⁻¹) A/B por 50 minutos e de 50:50 (v v⁻¹) A/B para 1:99 (v v⁻¹) A/B por 5 minutos, esta relação final foi mantida por mais 7 minutos.

A fonte ESI foi operada nas seguintes condições: modos negativo e positivo de ionização, faixa de varredura (*scan range*) de m/z 50 a 1000, temperatura e fluxo do gás (N²) secante: 310 °C e 8 L min⁻¹, pressão do gás nebulizador: 4 bar. A voltagem do capilar (500 a 6000 volts) e a energia de fragmentação (5 a 100 eV) na célula de colisão foram previamente otimizadas.

A identificação dos compostos foi realizada de maneira manual, considerando a ordem de eluição na coluna, perfil do espectro UV-vis, massa acurada, comparação de resultados com os já existentes na literatura e com padrões analíticos disponíveis, além das características de fragmentação.

A quantificação foi efetuada em HPLC-DAD (do inglês - *High-performance Liquid Chromatography with Diode-Array Detector*) marca Waters Alliance 2695® (Milford, EUA) e coluna LiChrospher 100 RP-18 (5 µm, LiChroCART, 250-4, HPLC-Cartridge Sorbent, Merck, Germany). Primeiramente, todos os vinhos foram filtrados em um filtro de acetato celulose (13 mm x 0,22 µm) antes da análise por HPLC-DAD. Este procedimento foi escolhido após a realização de testes e por envolver o mínimo de manipulação de amostra, minimizando a ocorrência de erros analíticos. Os espectros UV-vis foram obtidos entre 200 nm e 600 nm e os cromatogramas foram processados em 280 nm, 320 nm, 360 nm e 520 nm. Foram realizadas curvas analíticas de três padrões de compostos fenólicos (ácido gálico, ácido cafeico e rutina) e um de antocianinas (cianidina). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

5.2.4 Análise da capacidade redutora (compostos fenólicos totais)

O método utilizado foi a técnica de *Folin-Ciocalteu* modificado (Singleton, Rossi, 1965). Foi preparada uma solução de carbonato de sódio (100 mL a 7% m/v). Em tubos de ensaio, foram colocados 1500 µL de água ultrapura, 250 µL de amostra e 250 µL de *Folin-Ciocalteu* 1 N. Na sequência, o tubo de ensaio foi agitado por 20 segundos e deixado em repouso por 5 minutos. Transcorridos os 5 minutos, foram adicionados 1000 µL de solução de carbonato de sódio 7% e agitado por 20 segundos. Após, os tubos foram deixados sob abrigo da luz por 2 h. A absorvância foi medida em espectrofotômetro (Espectralle 8452A) a 765 nm em triplicata. A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada a partir de uma curva analítica construída com ácido gálico nas concentrações de 12,5 mg L⁻¹ a 150 mg L⁻¹.

5.2.5 Análise da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi medida empregando-se o método que verifica a capacidade sequestradora de um agente antioxidante frente a um radical peroxila induzido pelo AAPH a 37 °C (ORAC – do inglês *Oxygen radical absorbance capacity*), seguindo o método constante em Huang, Ou, Prior (2005) com algumas modificações. Foram adicionados 25 µL de vinho (1 µL de vinho diluído em 99 µL de tampão fosfato de potássio – pH 7.4) e 150 µL da solução de trabalho de fluoresceína (81 nM) nos poços da microplaca (ELISA). A placa foi encubada por 10 minutos a 37 °C (os últimos 3 minutos sob constante agitação). Na sequência, foram adicionados a placa 25 µL da solução de AAPH (152 mM). Para monitorar a decadência de fluorescência, foi utilizado um leitor de fluorescência multimodo (Enspire 2300, Multimode Plate Reader, Perkin Elmer, USA) sob a temperatura de 37 °C por 90 minutos ou até que menos de 0,5% do valor inicial fosse atingido. Foram utilizados comprimentos de onda de excitação e emissão de 485 nm e 528 nm, respectivamente. Para a realização dos cálculos, primeiramente, foi calculada a área sob a curva (AUC), e o valor do branco (sem antioxidante) foi subtraído para obter a AUC líquida. A AUC é obtida pela fórmula:

$$AUC = 1 + f^1/f_0 + f^2/f_0 + f^3/f_0 + \dots + f^n/f_0$$

Onde:

f_n = fluorescência relativa em um ciclo de leitura (1 min)

f_0 = fluorescência no tempo zero

Foi confeccionada uma curva padrão de Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) (dados: 0–96 μM , $y=0,1518x + 0,9007$; $r=0,997$). Os resultados foram expressos como μmol de Trolox por L de amostra ($\mu\text{mol TE L}^{-1}$).

5.2.6 Análises utilizando o aplicativo *Photometrix*

Atualmente, novas formas de análise são de grande valia na área de ciência de alimentos. Principalmente, análises que empreguem equipamentos menos custosos, que apresentem resultados rápidos e que sejam de simples operação. Baseados nisso, pensou-se em empregar o aplicativo *Photometrix* para verificar sua potencialidade para analisar a capacidade redutora total e a coloração de vinhos tintos, de modo a ter uma opção complementar às análises espectrofotométricas, que são mais custosas e complexas para, por exemplo, acompanhar a evolução da cor dos vinhos dentro de uma vinícola.

Diversos estudos estão sendo realizados com o objetivo de testar o aplicativo para diferentes análises, como por exemplo, avaliação da estabilidade térmica do leite cru por meio do teste de alizarol (HELPER *et al.*, 2018); uso do *app* para monitorar a concentração de flúor em sistemas alternativos de abastecimento de água (BAUMANN *et al.*, 2019); para determinação de fosfato em fertilizantes (SOUZA *et al.*, 2019) e para quantificação de contaminantes do leite (COSTA *et al.*, 2020).

O aplicativo consiste em um *software* livre para análise de imagens digitais utilizando modelos matemáticos uni e multivariados, que pode desempenhar a função de um espectrofotômetro (HELPER *et al.*, 2018). O *app* emprega o sistema de cor *RGB* (do inglês - *red, green and blue*), o qual baseia-se na teoria da percepção das cores pelo olho humano, que apresentam diferentes picos de sensibilidade ao redor destas três cores (da Costa *et al.*, 2021).

Foi realizada a análise da coloração dos vinhos e também, a análise da capacidade redutora total, utilizando as amostras oriundas da reação de *Folin-Ciocalteu*, a fim de comparar a resposta obtida pelo *app Photometrix* e pelo método espectrofotométrico convencional.

Para realização das análises, o único tratamento de amostra necessário foi a diluição dos vinhos (fator de diluição: 35) para análise da cor e a realização da reação de *Folin-Ciocalteu* para a averiguação da capacidade redutora total.

Para a aquisição das imagens, foi utilizado um *smartphone* (Samsung Galaxy J7 Neo) conectado a uma câmera endoscópica (B-Max 2M) para melhorar a qualidade e padronizar as imagens obtidas. As análises com o *app Photometrix* foram realizadas em um recipiente confeccionado em impressora 3D (Dimensões: comprimento – 7 cm; largura – 7 cm; altura: 8,7 cm; cavidade da cubeta: 1x1 cm). Este recipiente possui uma cavidade para colocar o endoscópio no lado direito e no lado esquerdo um botão para regular o brilho. A cubeta é

colocada dentro do recipiente, em uma cavidade específica para ela. O *container* possui uma lâmpada *LED* que dá luminosidade para a cubeta, porém, a luminosidade total da análise é dada pela soma da luminosidade do endoscópio e do *container*. Apresentamos a seguir, um modelo do protótipo utilizado neste trabalho (Figura 8).

Figura 8. Protótipo de *container* impresso em 3D para aquisição de imagens.



Fonte: Autora.

As amostras e a curva de ácido gálico foram lidas no *app PhotoMetrix*, a análise foi feita em uma cubeta de vidro, nas seguintes condições previamente otimizadas: 100 lux brilho, 0,03 cm de distância da amostra para o endoscópio e modo de aquisição multicanal. O método foi previamente otimizado através de planejamento experimental ²⁴, e as referidas condições apresentaram os melhores resultados.

5.2.7 Análise sensorial

A Análise Descritiva Quantitativa trata-se de um sistema complexo de análise de propriedades sensoriais de produtos, abrangendo seleção e treinamento dos julgadores, desenvolvimento da linguagem técnica, testes e análise e interpretação dos dados. Muito utilizada na indústria para controle da qualidade dos produtos, alterações nas formulações, no processamento e para publicidade (STONE *et al.*, 1974).

Basicamente, indivíduos treinados, identificam e quantificam propriedades sensoriais de um produto. A partir dos dados são desenvolvidos modelos multidimensionais quantitativos e descritivos.

Os passos para realização da análise consistem em: i) Introspecção: cada examinador é testado para avaliar atributos sensoriais percebidos em determinados ingredientes. Aos resultados são aplicados testes estatísticos para elucidar a confiabilidade dos dados; ii)

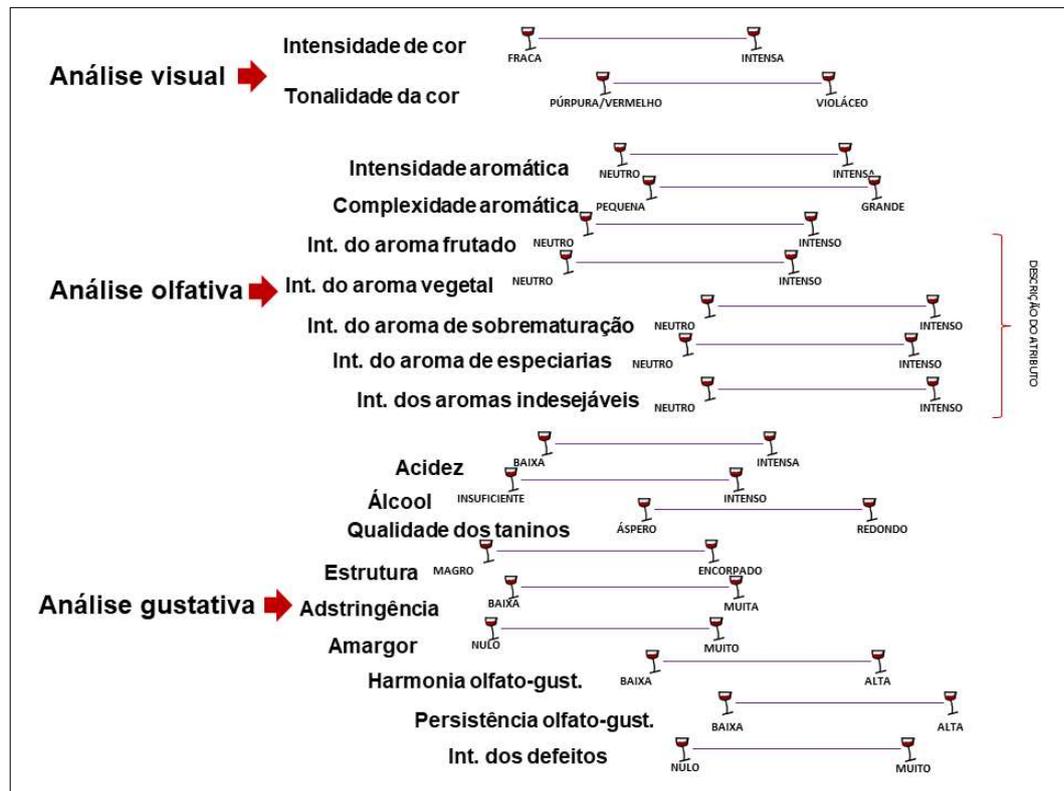
Desenvolvimento da linguagem: processo realizado em grupo, no qual são colocadas possíveis palavras que irão descrever os atributos dos produtos que serão analisados. É realizado sob supervisão de um responsável, que orienta e lidera a discussão, mas não participa efetivamente da avaliação do produto; iii) Seleção subjetiva: os painelistas são selecionados com base no desempenho nas etapas i e ii; iv) Julgamentos repetidos: são coletados entre 12-16 para averiguar o desempenho individual e coletivo; v) Dados: são coletados individualmente em cabines isoladas, utilizando amostras codificadas; vi) Escalas de intervalo: são utilizadas para mensurar a intensidade de atributos individuais; vii) análise de variância: utilizada para mensurar a performance individual e coletiva; viii) Coeficiente de correlação: determina a relação entre diferentes escalas; ix) Análise de componentes principais: identifica propriedades sensoriais discriminatórias relevantes e elimina as redundâncias; e x) Modelo multidimensional: relação estabelecida entre a resposta do consumidor e análises externas (AMERINE, PANGBORN, ROESSLER, 1965).

Este tipo de análise sensorial vem sendo bastante aplicada para análise de vinhos, como pode ser verificado em (LAGUNA *et al.*, 2017; SANCHEZ-PALOMO *et al.*, 2017; SONNI *et al.*, 2016).

Os vinhos elaborados foram avaliados sensorialmente utilizando uma variação do método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) baseada no estudo realizado por de Castilhos *et al.* (2019) com algumas modificações.

A análise contou com 14 degustadores previamente treinados, todos pertencentes ao quadro de pessoal da Embrapa Uva e Vinho de Bento Gonçalves. A análise iniciou com a degustação dos gostos básicos e reconhecimento de aromas empregando-se para tal, diversos padrões. Após, foi realizada a degustação das amostras e levantamento dos atributos, sob orientação do presidente da sessão, sendo escolhidos os atributos sensoriais dos vinhos, gerando um protocolo de análise. O protocolo de análise serviu de base para gerar a forma de avaliação dos vinhos. Desta forma, foram avaliados os seguintes atributos dispostos no esquema ilustrativo constante na Figura 9.

Figura 9. Escalas de análise dos atributos dos vinhos.



Fonte: Autora.

Por se tratar de um grande número de amostras (32 amostras), as quais foram analisadas em triplicata, gerando um total de 96 amostras. Primeiramente, efetuou-se o protocolo descrito até o momento para os vinhos varietais (16 vinhos) e, após, seguiu-se o mesmo protocolo para os vinhos de *assemblage* (16 vinhos).

Após a elaboração do protocolo de análise, foram realizadas as sessões de treinamento, sendo compostas por duas sessões no turno da manhã e duas sessões no turno da tarde durante um dia, analisando 8 vinhos por sessão (duração de cada sessão de 1 hora). As respostas dos analistas foram constantemente acompanhadas a fim de obter resultados condizentes.

A análise ocorreu no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa equipado com cabines individuais com iluminação natural e mantida a temperatura ambiente. Foram servidas em ordem aleatória aliquotas de 40 mL de vinho em taças padrão de vidro codificadas com três dígitos, a fim de evitar a ocorrência de erros. Para a quantificação dos atributos, foi utilizada uma escala eletrônica de 90 mm lida da esquerda para a direita, contendo os parâmetros mínimos e máximos de intensidade relacionados a cada atributo. A análise dos vinhos ocorreu durante três dias, com duas sessões por turno (turno da manhã e da tarde, totalizando

4 sessões por dia) de 1 hora de duração cada. Em cada sessão foram avaliadas 4 amostras de vinho.

A análise sensorial foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul registrada sob o n° de protocolo 25063519.5.0000.5347.

5.2.8 Análises estatísticas

Devido ao grande número de variáveis presentes em trabalhos que utilizam dados químicos, sendo que, em muitas das vezes, poucas variáveis detêm as informações químicas mais importantes, torna-se necessária a realização de análises estatísticas, a fim de melhor visualizar os resultados obtidos. Neste trabalho, as variáveis foram estudadas utilizando o método de Análise de Componentes Principais (ACP), que propicia informações rápidas e eficientes sobre a similaridade e diferença entre as amostras por meio da visualização gráfica, permitindo uma melhor interpretação das variáveis estudadas (MORGANO, QUEIROZ, FERREIRA, 1999).

A Análise de Componentes Principais consiste em transformar as variáveis originais em componentes principais apresentados em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, o primeiro componente principal apresenta mais informação estatística que o segundo, e assim sucessivamente. A técnica permite a redução da dimensionalidade dos pontos representativos das amostras, pois normalmente, apenas um pequeno número de componentes principais apresenta cerca de 90% da informação presente em todas as variáveis originais. Desta forma, auxilia a julgar as variáveis originais mais importantes do ponto de vista estatístico (NETO, MOITA, 1998). Para tanto, foi utilizado o *software* Chemostat V.2 com dados autoescalados.

A fim de observar se existiam diferenças significativas nos resultados obtidos ao longo deste trabalho, após a verificação da homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, empregou-se análises como Análise de Variância (ANOVA) seguida de Teste de Tukey ($p < 0,05$) para os dados que obedeciam a normalidade e, para os dados que apresentaram distribuição anormal, empregou-se o teste de ANOVA de Kruskal-Wallis seguida pela comparação de pares de Dunn. O programa utilizado para a realização destas análises foi o Bioestat 5.3 e Statistica versão 7.0.

6 ARTIGOS CIENTÍFICOS

6.1 1º Artigo - Effects of winemaking on 'Marselan' red wines: volatile compounds and sensory aspects

O artigo foi publicado na revista Ciência e Técnica Vitivinícola, volume 35, página 63 a 75 em 2020.

Destaques

- Avaliou-se a influência da termovinificação, vinificação integral, vinificação clássica com e sem aplicação de ultrassom no perfil volátil e sensorial de vinhos tintos 'Marselan';
- Os compostos voláteis foram analisados empregando-se Cromatografia Gasosa e o perfil sensorial foi avaliado por meio de Análise Descritiva Quantitativa;
- Observou-se variação no perfil volátil e sensorial dos vinhos, como consequência dos diferentes processos de vinificação aplicados;
- A termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom demonstraram-se adequados para obtenção de vinhos de carácter frutado;
- Vinhos provenientes da vinificação integral e termovinificação apresentaram um carácter mais vegetal com a percepção de notas sulfurosas, provavelmente pela menor extração de ésteres;
- As diferenças encontradas podem advir da aplicação de temperatura e ultrassom, que podem causar a quebra de precursores aromáticos, ampliando o carácter frutado dos vinhos e assim, mascarando outros aromas, como por exemplo, o aroma vegetal.

Intervalo de páginas: 42 a 55.

6.2 2º Artigo – Effects of thermovinification, integrale vinification and ultrasound treatment for ‘Tannat,’ ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Cabernet Franc’ red wines on volatile composition and sensory aspects

O artigo encontra-se em fase de revisão.

Destaques

- Foi estudada a influência da termovinificação, vinificação integral e vinificação clássica com e sem aplicação de ultrassom no perfil sensorial e volátil de vinhos tintos ‘Cabernet Franc’, ‘Cabernet Sauvignon’ e ‘Tannat’;
- Foram identificados e semi-quantificados 58 compostos voláteis;
- Os vinhos apresentaram diferenças perceptíveis entre as variedades de uva e os processos de vinificação;
- Observou-se que os processos de vinificação atuam de maneira diferente dependendo da variedade de uva;
- A vinificação integral se adequou a variedade ‘Tannat’, trazendo bons resultados na avaliação sensorial;
- A termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom se adaptaram melhor às variedades ‘Cabernet Franc’ e ‘Cabernet Sauvignon’, provavelmente, devido a maior extração de ésteres, que auxiliam a mascarar o característico aroma vegetal destas duas variedades, providenciando vinhos de aroma mais frutado.

6.3 3º Artigo – Análise da capacidade redutora e cor em vinhos tintos elaborados por *assemblage* utilizando *app PhotoMetrix*

Artigo aceito na Revista Brasileira de Agrotecnologia por meio do I Congresso Brasileiro Online de Ciências dos Alimentos que acontecerá nos dias 06 a 09 de abril de 2021.

Destaques

- Realizou-se a análise da cor e da capacidade redutora (compostos fenólicos totais) em vinhos tintos de *assemblage* elaborados com as uvas 'Cabernet Franc', 'Cabernet Sauvignon', 'Marselan' e 'Tannat' e os processos de vinificação clássica com aplicação de ultrassom, vinificação integral e termovinificação;
- Foram empregadas técnicas de análise espectrofotométricas convencionais e o aplicativo *PhotoMetrix* para observação da cor e da capacidade redutora;
- O *app PhotoMetrix* apresentou bom desempenho para análise da capacidade redutora, apresentando boa exatidão, além de conseguir fazer a diferenciação da coloração dos vinhos de forma detalhada, quando comparado às técnicas espectrofotométricas convencionais;
- Os vinhos apresentaram elevada capacidade redutora, e, os resultados apontaram a necessidade de atenção durante a realização de mesclas entre os vinhos, pois, dependendo das variedades e processos de vinificação escolhidos para efetuar a *assemblage*, pode causar a diminuição da capacidade redutora.

6.4 4º Artigo – Thermovinification, integrale vinification, classic winemaking and ultrasound application on bioactive compounds and sensory aspects of red wines

Artigo em fase de revisão.

Destaques

- Foram estudados vinhos tintos 'Cabernet Franc', 'Cabernet Sauvignon', 'Marselan' e 'Tannat' elaborados por termovinificação, vinificação integral e vinificação clássica com e sem aplicação de ultrassom;
- Foram estudados os seguintes parâmetros: composição de bioativos (HPLC), capacidade antioxidante (ORAC), capacidade redutora (reação de *Folin Ciocalteu*) com leitura por espectrofotômetro e aplicativo *Photometrix*, cor (comparação entre sistema CIE L*a*b*, método convencional e aplicativo *Photometrix*) e análise sensorial (ADQ);
- O perfil bioativo variou conforme a variedade de uva, mas também apresentou impacto dos processos de vinificação;
- O aplicativo *Photometrix* demonstrou-se como uma boa solução para análise da capacidade redutora e da coloração, apresentando boa exatidão e capacidade de diferenciação da coloração dos vinhos de maneira detalhada;
- Os vinhos analisados apresentaram elevada capacidade antioxidante ($54510 \mu\text{mol TE L}^{-1}$ – $242925 \mu\text{mol TE L}^{-1}$);
- Com relação a análise sensorial, embora varie muito dependendo da variedade de uva. A termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom providenciaram vinhos mais balanceados sensorialmente.

6.5 5º Artigo – Evaluation of bioactive compounds, antioxidant capacity and sensory aspects of blending red wines made by different winemaking processes

Artigo em fase de revisão.

Destaques

- Realizou-se a análise da cor e de compostos bioativos em vinhos tintos de *assemblage* elaborados com as uvas 'Cabernet Franc', 'Cabernet Sauvignon', 'Marselan' e 'Tannat' e os processos de vinificação clássica com aplicação de ultrassom, vinificação integral e termovinificação;
- Avaliou-se a composição de bioativos (HPLC), capacidade antioxidante (ORAC) e perfil sensorial (ADQ);
- O vinho monovarietal 'Tannat' *assemblage* da vinificação integral e termovinificação apresentou a maior concentração de compostos bioativos e capacidade antioxidante;
- O vinho monovarietal 'Marselan' *assemblage* da vinificação integral e termovinificação apresentou o melhor perfil sensorial;
- O vinho bivarietal *assemblage* da uva 'Tannat' e 'Marselan' apresentou o pior perfil sensorial, demonstrando a importância do estudo no momento de efetuar mesclas de vinhos.

7 DISCUSSÃO GERAL

Neste trabalho foi estudado o impacto de diferentes processos de vinificação, como a termovinificação, vinificação integral e vinificação clássica com e sem aplicação de ultrassom em diferentes variedades de uva: 'Cabernet Franc', 'Cabernet Sauvignon', 'Marselan' e 'Tannat'. As uvas são oriundas do Planalto de Palmas em Santa Catarina, na região vitivinícola de Caçador (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de acrônimos empregados para os vinhos produzidos.

Uvas	Processos de vinificação			
	Termovinificação	Vinificação integral	Vinificação clássica	Tratamento de ultrassom
'Cabernet Franc'	TVCF	VICF	VCCF	VCUSCF
'Cabernet Sauvignon'	TVCS	VICS	VCCS	VCUSCS
'Marselan'	TVMS	VIMS	VCMS	VCUSMS
'Tannat'	TVTN	VITN	VCTN	VCUSTN

Fonte: Autora.

O objetivo consistiu em averiguar o perfil sensorial, de compostos bioativos e de compostos voláteis, tanto com relação às variedades de uva, como o impacto do processo de vinificação em cada uma destas variedades. Como parte de um projeto maior, também objetivou-se desenvolver vinhos que apresentassem bom potencial de guarda, pois tornou-se interesse da maioria dos vitivinicultores da região em desenvolver vinhos com esta característica.

Mesmo o foco do trabalho sendo na análise de bioativos, voláteis e sensorial, foi realizada na Embrapa a análise físico-química dos vinhos, os resultados estão dispostos nas tabelas 2 e 3. Os resultados encontram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação para vinhos tintos finos (MAPA, 2018) e apresentaram características condizentes com as já reportadas pela literatura para esta região (FELIPPETO, CALIARI, GUERRA, 2020; GUERRA, 2017; SARTOR, 2014).

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos estudados em vinhos tintos varietais provenientes de diferentes variedades de uva e processos de vinificação.

Parâmetros físico-químicos	TVCF	VICF	VCCF	VCUSC F	TVCS	VICS	VCCS	VCUSC S	TVMS	VIMS	VCMS	VCUSM S	TVTN	VITN	VCTN	VCUST N
Densidade (20 °C)	0,9945	0,9944	0,9950	0,9948	0,9943	0,9948	0,9949	0,9949	0,9954	0,9947	0,9958	0,9954	0,9946	0,9941	0,9940	0,9936
Teor alcoólico (% v/v)	11,94	11,48	11,37	11,66	12,59	11,78	11,95	12,59	12,62	12,07	12,69	12,67	14,44	13,78	14,42	14,57
Acidez total (mEq L ⁻¹)	72,53	80,99	82,08	73,78	80,36	82,08	89,76	87,41	89,45	77,23	78,95	73,00	108,09	105,90	119,21	120,00
Ac. volátil (mEq L ⁻¹)	12,61	16,84	18,05	15,07	14,80	16,33	16,91	14,21	13,78	16,21	14,29	14,33	14,88	15,03	14,53	13,74
Acidez fixa (mEq L ⁻¹)	59,92	64,15	64,03	58,70	65,56	65,75	72,84	73,19	75,66	61,01	64,66	58,66	93,21	90,86	104,68	106,25
pH	3,52	3,43	3,49	3,45	3,60	3,51	3,60	3,44	3,50	3,44	3,60	3,57	3,41	3,33	3,28	3,29
Anidro sulfuroso livre (mg L ⁻¹)	87,59	66,50	54,07	62,28	70,37	91,14	57,25	41,08	41,05	54,45	69,30	56,45	49,54	31,35	37,39	34,20
Anidro sulfuroso total (mg L ⁻¹)	161,29	179,02	142,04	178,06	168,73	264,70	169,56	180,01	129,28	132,83	124,06	143,68	106,19	89,18	101,98	123,78
Extrato seco (g L ⁻¹)	25,00	23,30	24,50	24,70	26,20	25,20	25,90	27,60	29,00	25,70	30,00	29,00	31,90	29,00	30,50	30,00
Extrato seco reduzido (g L ⁻¹)	23,09	21,69	22,89	22,86	23,97	23,01	23,71	25,16	26,07	23,47	27,46	26,56	27,36	24,86	26,25	25,42
Taninos (g L ⁻¹)	2,20	1,52	1,33	1,73	2,68	1,85	2,08	2,08	2,89	2,35	2,47	2,18	4,67	4,44	4,50	3,84
Intensidade da cor Cor L*a*b*	0,87	0,64	0,61	0,65	1,19	0,67	0,93	1,27	1,65	1,15	1,27	1,41	3,63	2,05	2,88	2,90
L*	24,74	24,79	27,79	24,79	24,75	24,81	24,70	24,70	24,68	24,75	24,77	24,59	24,59	24,13	24,35	24,48
a*	0,29	0,50	0,54	0,54	0,20	0,49	0,19	0,15	0,15	0,17	0,12	0,12	0,08	0,12	0,09	0,09
b*	-0,80	-0,72	-0,69	-0,69	-0,84	-0,71	-0,81	-0,82	-0,78	-0,78	-0,81	-0,77	-0,77	-0,83	-0,81	-0,79

L* - claridade/brilho; a* - eixo verde/vermelho; b* - eixo azul/amarelo

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos estudados em vinhos tintos de *assemblage* provenientes de diferentes variedades de uva e processos de vinificação.

Parâmetros físico-químicos	CF (TV+VI)	CS (TV+VI)	MS (TV+VI)	TN (TV+VI)	CF+CS	CF+MS	CF+TN	CF+MS	CS+TN	MS+TN	CF+CS+MS	CF+CS+TN	CF+MS+TN	CS+MS+TN	CF+CS+MS+TN	60% (CF+CS+MS+TN)+40% (VCUS)
Densidade (20 °C)	0,9929	0,9932	0,9942	0,9944	0,9943	0,9948	0,9949	0,9949	0,9950	0,9955	0,9949	0,9949	0,9954	0,9953	0,9951	0,9951
Teor alcoólico (% v/v)	11,69	12,30	12,74	14,08	12,02	12,28	12,92	12,49	13,25	13,52	12,21	12,74	13,07	12,98	12,73	12,78
Acidez total (mEq L ⁻¹)	87,41	86,47	77,54	112,32	89,76	85,69	100,41	83,96	101,35	94,46	81,77	91,17	89,29	89,76	87,41	88,51
Ac. volátil (mEq L ⁻¹)	15,94	16,60	13,78	13,70	12,92	13,51	13,27	12,88	13,70	14,49	13,15	13,55	14,80	14,37	13,86	14,45
Acidez fixa (mEq L ⁻¹)	71,47	69,87	63,76	98,61	76,84	72,18	87,14	71,08	87,65	79,97	68,61	77,62	74,49	75,39	73,55	74,06
pH	3,40	3,49	3,57	3,35	3,44	3,47	3,35	3,50	3,39	3,43	3,46	3,37	3,43	3,40	3,41	3,39
Anidro sulfuroso livre (mg L ⁻¹)	42,07	55,13	53,85	47,64	39,99	43,01	42,41	52,06	44,33	47,27	46,82	39,46	44,47	42,05	42,21	43,89
Anidro sulfuroso total (mg L ⁻¹)	167,63	170,89	127,55	120,23	163,78	140,48	139,24	137,55	125,31	116,12	123,92	129,61	124,28	122,76	128,55	142,80
Extrato seco (g L ⁻¹)	20,40	22,80	26,40	30,50	24,70	26,60	28,60	27,40	29,80	31,70	26,60	28,10	30,20	29,80	28,60	28,60
Extrato seco reduzido (g L ⁻¹)	18,62	20,64	23,86	25,92	22,62	24,48	25,25	24,96	26,55	28,35	23,63	25,41	27,13	26,83	25,63	25,91
Taninos (g L ⁻¹)	1,75	2,55	2,45	4,92	2,06	1,93	3,34	2,45	3,92	4,02	2,10	3,20	3,26	3,18	3,15	2,72
Intensidade da cor	0,847	1,035	1,645	3,484	1,08	1,219	2,056	1,373	2,26	2,482	1,278	1,778	1,921	1,92	1,703	1,62
Cor L*a*b*																
L*	24,77	27,73	24,76	24,70	24,78	24,75	24,72	24,76	24,73	24,72	24,77	24,73	24,71	24,73	24,59	24,66
a*	0,49	0,36	0,27	0,20	0,47	0,35	0,25	0,32	0,25	0,26	0,35	0,29	0,26	0,21	0,26	0,27
b*	-0,73	-0,78	-1,01	-1,02	-0,94	-0,99	-1,00	-1,01	-1,01	-1,00	-0,97	-0,98	-0,97	-0,86	-0,78	-0,91

L* - claridade/brilho; a* - eixo verde/vermelho; b* - eixo azul/amarelo

Embora a maioria dos vinhos tenham apresentado teor alcoólico ao redor de 12% v/v, alguns vinhos como TVTN, VCTN, VCUSTN e TN (TV+VI) apresentaram teor de álcool acima de 14% v/v, enquadrando-se dentro dos vinhos nobres. Isso é comumente encontrado nos vinhos provenientes desta região, uma vez que, devido ao clima composto por verões mais amenos e grande amplitude térmica, causa alterações no ciclo vegetativo das videiras, fazendo com que se desenvolvam de maneira mais lenta. Como consequência, ocorre redução do metabolismo da videira, favorecendo o acúmulo de açúcar na baga, e, conseqüentemente, gerando vinhos com maior teor alcoólico (FELIPPETO, CALIARI, GUERRA, 2020).

Com relação a acidez total, primeiramente, observou-se diferenças relacionadas à variedade de uva, encontrando-se média de acidez total de 88 mEq L⁻¹, resultado condizente com a literatura (FELIPPETO, CALIARI, GUERRA, 2020). Comparando-se entre as variedades, a variedade 'Tannat' apresentou as maiores médias (113,30 mEq L⁻¹), corroborando a importância da variedade neste aspecto. Observa-se elevada acidez em vinhos provenientes de regiões de clima mais ameno pela menor degradação de alguns ácidos, principalmente o ácido málico (COSME *et al.*, 2016; FELIPPETO, CALIARI, GUERRA, 2020). A acidez volátil demonstrou-se dentro dos parâmetros exigidos para a legislação. Valores de acidez volátil são comumente mais altos em vinhos tintos oriundos desta região, devido a necessidade de longo tempo de maturação que, muitas vezes, acaba por provocar contato com oxigênio (FELIPPETO, CALIARI, GUERRA, 2020).

O extrato seco está associado à qualidade do vinho, principalmente com sua estrutura e intensidade (FELIPPETO, CALIARI, GUERRA, 2020). O extrato seco corresponde ao peso do resíduo seco após evaporação das substâncias voláteis (RIZZON, 2010). Foram obtidos valores médios de extrato seco entre 24,3 g L⁻¹ para a variedade 'Cabernet Franc' e 30,3 g L⁻¹ para a variedade 'Tannat'. As mesclas obtiveram valor médio de 27,5 g L⁻¹. Estes valores são próximos aos reportados pela literatura e, portanto, os vinhos apresentam estrutura suficiente para suportar períodos de envelhecimento em garrafa ou em barricas de médio a longo prazo, principalmente os vinhos elaborados a partir das uvas 'Marselan' e 'Tannat'.

O pH médio dos vinhos foi de 3,44, também similar aos encontrados na literatura e indicando um bom valor de pH, uma vez que pHs mais ácidos tendem a potencializar a astringência dos vinhos tintos (FELIPPETO, CALIARI, GUERRA, 2020).

A concentração de taninos encontrada nos vinhos foi de 1,3 g L⁻¹ para TVCF a 4,9 g L⁻¹ para TN TV+VI. A concentração média de taninos encontrada é condizente com a literatura, girando ao redor de 3,0 g L⁻¹ (GUERRA, 2017). Importante enfatizar que, muitas vezes, a termovinificação é empregada para acelerar a extração de antocianinas em vinhos deficientes no parâmetro coloração. Devido à ausência de álcool no momento do aquecimento, os vinhos acabam por apresentar menor concentração de taninos, gerando vinhos instáveis em termos

de cor e estrutura. Neste caso, a partir dos resultados, verificou-se que o processo foi bem conduzido, uma vez que, os vinhos provenientes da termovinificação foram os que apresentaram maior concentração de taninos. Isso é importante porque, se o vinho não apresenta boa estrutura, ele não terá bom potencial de guarda, característica que é objetivo desta pesquisa (MAZA, ÁLVAREZ, RASO, 2019).

Com relação à composição volátil, pode-se observar diferenças em termos de concentração dos compostos identificados entre as variedades de uva, o que é condizente com a literatura (BUENO *et al.*, 2003; GEFFROY *et al.*, 2015). Mas também, foi possível observar a influência dos processos de vinificação. A termovinificação e a vinificação clássica com aplicação de ultrassom favoreceram uma maior concentração de ésteres, levando a percepção de um caráter mais frutado. Este fato pode ocorrer pela ação da temperatura na termovinificação e ação das ondas de ultrassom, que geram aumento na taxa de transferência de massa e ambos, podem causar a quebra de compostos precursores de aroma (EL DARRA *et al.*, 2016; GEFFROY *et al.*; 2015; PLAZA *et al.*, 2019). Aliado a isso, um aumento da concentração de ésteres pode ter levado a mascarar a percepção de compostos que conferem forte aroma vegetal ou sulfuroso.

A vinificação integral, de modo geral, acabou por gerar vinhos nos quais foi percebido menor concentração de ésteres e, como consequência, maior percepção de aromas vegetais e sulfurosos. Isso pode ter ocorrido, primeiramente, porque este método não apresenta efeitos como temperatura ou ondas de ultrassom, por isso, pode ter levado a uma menor quebra de compostos precursores de ésteres. No entanto, vinhos que foram macerados em barrica de carvalho, deveriam apresentar compostos como *whiskey* lactonas, furfural, 5-metil furfural, 5-hidroxi metil furfural, vanilato de etila, furoato de etila, guaiacol, 4-vinilguaiacol, entre outros (DIMITRIU *et al.*, 2017), o que não foi percebido para a maioria dos vinhos. Isso pode ter ocorrido pelo breve tempo de contato do vinho com a madeira, não sendo o suficiente para que ocorresse a extração destes compostos e para que fenômenos de oxidação e redução pudessem auxiliar a moldar o aroma destes vinhos (CONNER, PATERSON, PIGGOTT, 1999; ESCALONA *et al.*, 1999; ESCALONA *et al.*, 2002).

Contudo, é preciso enfatizar que a vinificação integral foi o processo que apresentou melhor desempenho para a uva 'Tannat', demonstrando que a variedade de uva também é relevante no resultado, uma vez que todas as variedades de uva permaneceram pelo mesmo tempo em maceração nas barricas de carvalho. Inclusive, a vinificação integral, é particularmente importante para vinhos provenientes da uva 'Tannat', que gera vinhos extremamente potentes em tanino, cor e acidez, que normalmente, necessitam de longos tempos de maturação em carvalho ou em garrafa (CARRAU *et al.*, 2011).

A vinificação integral é normalmente empregada com o propósito de obter vinhos prontos para beber em um menor tempo, o que é de extremo valor para este tipo de vinho e outras variedades que também precisam de afinamento, devido a sua forte estrutura. Neste estudo, os vinhos provenientes da vinificação integral ficaram em contato com a madeira apenas durante a maceração e início da fermentação. Após a descuba, o vinho foi transferido para um tanque de aço inoxidável. Sugere-se então, realizar o estudo da viabilidade da produção de vinhos que fiquem mais tempo em contato com a madeira, a fim de aumentar a extração de compostos voláteis que conferem aroma de especiarias, sobrematuração, defumado, etc., podendo melhorar a qualidade olfativa dos vinhos, principalmente aqueles que apresentam um forte aroma vegetal característico, como as variedades 'Cabernet Sauvignon' e 'Cabernet Franc'.

Com relação aos compostos bioativos, verificou-se que a característica genética da variedade de uva dita a concentração dos compostos analisados e também, a resposta ao processo de vinificação. Não foi encontrada uma linha de resposta ao processo de vinificação idêntica para cada composto entre as variedades. Alguns compostos se beneficiaram da ação da termovinificação, que causa a degradação da membrana celular da uva, favorecendo a extração de compostos intracelulares, como os compostos fenólicos (EL DARRA *et al.*, 2016) e da vinificação clássica com ultrassom, que pode causar maior extração devido ao efeito da cavitação acústica que pode potencializar a lise da parede celular de células vegetais, favorecendo a liberação dos compostos (CHEMAT *et al.*, 2017; DALAGNOL *et al.*, 2017). No entanto, alguns compostos fenólicos podem ter sido prejudicados por estes mecanismos, ou pela degradação térmica ou pela geração de algumas reações em cadeia devido aos radicais livres induzidos ultrassonicamente, que podem proporcionar polimerizações e a quebra de alguns compostos (ZHANG *et al.*, 2015; ZHANG e WANG, 2017). Este resultado é esperado, devido ao grande número de variáveis inerentes a cada uva.

Sobre a análise da capacidade antioxidante, verificou-se que os vinhos provenientes desta região apresentam uma elevada capacidade antioxidante. Algumas variedades, como a 'Cabernet Sauvignon', apresentaram valores semelhantes, mas as variedades 'Tannat' e 'Marselan' alcançaram valores bastante superiores quando comparados aos vinhos de castas semelhantes, mas oriundos de outras regiões (LEE, RENNAKER, 2007). Este forte caráter antioxidante é característico da região, por conta das condições climáticas a que as uvas são submetidas devido a elevada altitude, como por exemplo: elevada precipitação, amplitude térmica, ataque de fungos devido à alta umidade. No ano da safra, em particular, houve muita precipitação e as videiras foram submetidas a bastante *stress*, o que favorece o aumento de compostos fenólicos, e, conseqüentemente da capacidade antioxidante (AGUILAR *et al.*, 2016; FERRER-GALEGO *et al.*, 2012; LACHMAN *et al.*, 2009).

Sobre o estudo da capacidade redutora por meio da reação de *Folin Ciocalteu* e análise da cor dos vinhos empregando técnicas espectrofotométricas convencionais e o *app Photometrix*, a fim de verificar a possibilidade de uso complementar do *app Photometrix*, que envolve menos custos, é uma técnica rápida, simples e prática, junto à técnicas espectrofotométricas, que, muitas vezes, são de difícil aquisição por parte das vinícolas (uso em campo) ou laboratórios e requerem prática para realização das análises. Verificou-se que é possível empregar o *app Photometrix* para análise da capacidade redutora, uma vez que, efetuando-se o teste de exatidão (média encontrada pelo *app Photometrix*, dividida pela média encontrada via análise utilizando espectrofotômetro, multiplicada por 100), obteve-se exatidão entre 91,9% a 114,6%, que condiz com o esperado (EURACHEM, 2014). Em termos de concentração, encontrou-se concentrações entre 1500 mg L⁻¹ até 5000 mg L⁻¹ de equivalentes de ácido gálico e um valor médio de 3000 mg L⁻¹ de equivalentes de ácido gálico. Comparando-se com castas de características semelhantes, o vinho ‘Tannat’ apresentou concentrações maiores do que as normalmente encontradas. Mas na média, os resultados são condizentes com os reportados na literatura para vinhos provenientes desta região (SARTOR, 2014).

Também, efetuou-se a análise da cor dos vinhos empregando-se diferentes métodos de análise: o sistema de cores CIE L*a*b*, o método convencional de análise de cor elaborado por Glories (1984) e o *app Photometrix*. O *app* conseguiu separar os vinhos com relação a sua coloração de forma muito mais detalhada, possibilitando seu uso em vinícolas e laboratórios para acompanhar a evolução da cor dos vinhos.

Com relação ao perfil sensorial, os vinhos provenientes da uva ‘Marselan’ foram os mais bem avaliados em todos os quesitos seguidos da uva ‘Tannat’. Os vinhos ‘Cabernet Sauvignon’ e ‘Cabernet Franc’ apresentaram maior percepção do caráter vegetal e dos aromas indesejáveis, quando comparados com as outras duas variedades estudadas. Devido à grande estrutura apresentada pelos vinhos, acredita-se que todos se beneficiariam sensorialmente após um maior período de afinamento, principalmente, os vinhos provenientes da uva ‘Tannat’, uma vez que este vinho apresenta um caráter bastante forte quando tão jovem.

Com relação ao impacto do processo de vinificação em cada variedade de uva, para a variedade ‘Marselan’, a termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom apresentaram os melhores resultados. Para a uva ‘Tannat’, a vinificação integral apresentou bons resultados, devido ao balanço entre os aromas frutado e de especiarias, a maior harmonia e persistência olfato-gustativa e a menor percepção de defeitos em boca para este processo de vinificação.

Para a uva ‘Cabernet Franc’, os vinhos se enquadraram dentro do perfil esperado, sendo que a termovinificação apresentou os melhores resultados, muito provavelmente pelo

acréscimo da percepção do caráter frutado. O auxílio da termovinificação para redução do caráter herbáceo de vinhos já foi descrita em outros estudos (DE BOUBÉE *et al.*, 2002)

A uva ‘Cabernet Sauvignon’ apresentou os piores resultados, pois naturalmente já apresenta forte caráter herbáceo, ainda mais sendo oriunda de regiões frias (MIELE, RIZZON, 2011). Mas a vinificação clássica com aplicação de ultrassom auxiliou a melhorar seu apelo sensorial, demonstrando a importância do processo de vinificação no vinho.

Com relação ao estudo da realização de *assemblages*, verifica-se que esta técnica pode ser utilizada para manter ou até aumentar a concentração de compostos fenólicos e, conseqüentemente, a capacidade antioxidante. Principalmente, pode ser utilizada quando se tem uma uva com baixa concentração de algum parâmetro, a fim de aumentar, por exemplo a concentração de compostos fenólicos. No entanto, é preciso ter atenção, pois às vezes, acaba ocorrendo efeito contrário, e o vinho de *assemblage* acaba apresentando menor concentração de compostos fenólicos do que o vinho varietal de que é oriundo. Além disso, é preciso ter atenção também ao resultado da avaliação sensorial do vinho, pois, embora o vinho monovarietal de *assemblage* da vinificação integral e termovinificação das uvas ‘Marselan’ e ‘Tannat’ tenham recebido a melhor avaliação sensorial, a mescla destes dois vinhos, gerou o vinho de pior apelo sensorial. Isso pode ocorrer pelo aumento da percepção ou supressão de aspectos importantes de cada uva (HOPFER, EBELER, HEYMANN, 2012).

Com base no que foi verificado, observa-se que a variedade de uva é muito importante para a definição do tipo de processamento, umas se adaptando a um processo melhor que outras. Contudo, tem-se em mente que além da variedade, existem diversas outras variáveis que podem influenciar nos resultados que não foram abordadas neste trabalho, como por exemplo, o impacto da safra em cada variedade de uva (KEMP *et al.*, 2019; MACIEL, 2018; SARTOR, 2014). Desta forma, observa-se que é possível moldar as características sensoriais, de bioativos e volátil dos vinhos por meio da aplicação de diferentes processos de vinificação, trazendo novas oportunidades para a indústria vitivinícola e resultados da performance destes processos para a comunidade acadêmica, que muito busca novas tecnologias aplicadas a diferentes variedades de uva e de diferentes regiões do mundo (AYESTARÁN *et al.*, 2019; COLETTA *et al.*, 2013; GONZÁLEZ-ARENZANA *et al.*, 2020; LUKIĆ *et al.*, 2017; MONTIBELLER *et al.*, 2019; SCUTARASU *et al.*, 2021; SUN *et al.*, 2001).

8 CONCLUSÕES

Como conclusão geral, afirma-se que o trabalho alcançou os objetivos propostos, que consistiram na observação do impacto de diferentes processos de vinificação em diferentes variedades de uva, podendo-se concluir que:

- A variedade de uva molda a performance do processo de vinificação, e que, estes podem ser utilizados para obter vinhos com diferentes características;
- As características físico-químicas e sensoriais dos vinhos desenvolvidos neste trabalho são condizentes com àquelas já descritas na literatura para a sub-região do Planalto Catarinense;
- Devido ao clima e a maior extração de compostos bioativos obtidos, principalmente na termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom, foi possível obter vinhos com bom potencial de guarda;
- A perspectiva de poder alterar o perfil sensorial, volátil e fenólico dos vinhos, que têm suas características finais dependentes de inúmeros fatores que são de difícil controle, como por exemplo, *terroir* e safra, pode auxiliar muito aos enólogos no momento da escolha dos processos de vinificação;
- Por ser um assunto muito abrangente, os resultados aqui encontrados auxiliam a disseminar o conhecimento sobre vinhos provenientes de diferentes variedades de uva e processos de vinificação pouco abordados, além da influência do *terroir* de altitude do Planalto Catarinense nas variedades de uva abordadas;
- A composição volátil demonstrou beneficiar-se da termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom, devido aos efeitos da temperatura e ondas de ultrassom, que auxiliam na quebra e extração de precursores de determinados compostos, principalmente ésteres, que contribuem com um caráter frutado. Este resultado impactou diretamente nos vinhos provenientes das uvas 'Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc' e 'Marselan'. A variedade 'Tannat', se adequou melhor à vinificação integral, provavelmente devido a sua maior estrutura, acabando por conseguir interagir melhor com a madeira do que as outras

variedades, apresentado assim, um perfil mais equilibrado para este processo de vinificação;

- A composição fenólica variou entre as diferentes variedades de uva, o que é condizente com a literatura. Embora não tenha sido encontrada uma linha de resposta idêntica entre os compostos e variedades de uva, foi possível perceber que alguns compostos se beneficiaram da termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom que provocam maior ruptura da parede celular e extração de diversos compostos, pela ação da temperatura e ondas de ultrassom, respectivamente. Mas também, alguns compostos pareceram ser prejudicados, provavelmente via degradação térmica ou polimerizações e quebra de alguns compostos induzidos pelos mesmos mecanismos de ação anteriormente citados;
- Sensorialmente, a variedade de uva também foi o fator discriminante principal, no entanto, ocorreu impacto perceptível ocasionado pelos processos de vinificação. Em ordem decrescente, as variedades de uva que apresentaram os melhores resultados, foram: 'Marselan', 'Tannat', 'Cabernet Franc' e 'Cabernet Sauvignon'. Dentre as variedades de uva, para 'Cabernet Franc', a termovinificação apresentou o vinho mais equilibrado sensorialmente, melhorando a percepção da maioria dos atributos positivos. A uva 'Cabernet Sauvignon', que apresenta caráter herbáceo característico, apresentou melhores resultados com a vinificação clássica com aplicação de ultrassom, provavelmente, por ter conseguido alcançar uma extração equilibrada dos diversos compostos, conseguindo omitir seu forte caráter vegetal. A variedade 'Marselan' também foi valorizada pela termovinificação e vinificação clássica com aplicação de ultrassom. Já a uva 'Tannat', foi a única que apresentou melhores resultados com a vinificação integral, provavelmente, pela sua estrutura diferenciada;
- Verificou-se que o *app Photometrix* vem a ser uma técnica de análise da capacidade redutora e da coloração dos vinhos viável para implantação em vinícolas ou até mesmo, em laboratórios de pesquisa. Uma vez que, comparando-se com técnicas espectrofotométricas convencionais, apresentou uma boa exatidão para análise da capacidade redutora e uma detalhada discriminação da coloração dos vinhos;

- A realização de *assemblages* de vinhos é uma técnica viável para elaboração de vinhos mais equilibrados ou melhoramento de vinhos deficientes em determinados parâmetros. No entanto, é preciso ter atenção à mescla para que efeito contrário não ocorra, como a supressão de compostos importantes ou maior percepção de características inadequadas.

Por fim, este trabalho trouxe novas perspectivas para elaboração de vinhos tintos, no entanto, por se tratar de um assunto com um número muito grande de variáveis, há espaço para o desenvolvimento de diversos estudos relacionados ao assunto, como por exemplo: a análise da evolução fenólica, volátil e sensorial dos vinhos elaborados neste trabalho, uma vez que, embora tenham apresentado características que indicam que suportariam bem longos tempos de envelhecimento, não se sabe se estes vinhos realmente apresentarão boa estabilidade ao longo do tempo, já que foram analisados com apenas um ano de garrafa. Seria importante obter estes dados, uma vez que, um dos objetivos do trabalho consiste justamente em providenciar vinhos que suportem longos tempos de envelhecimento.

A análise de diferentes tempos de maceração e temperaturas na termovinificação. Pois neste trabalho foi estudado apenas um protocolo (70 °C durante 1 h) e, estes parâmetros são cruciais para definir a eficiência do processo, como visto em alguns estudos citados ao longo do trabalho.

Outra possibilidade, seria a análise de diferentes tempos de contato com a barrica na vinificação integral, além de barricas com diferentes tempos de uso e graus de tostagem, pois, verificou-se neste estudo que o tempo de contato entre o vinho e a barrica de carvalho, não evidenciou características oriundas da madeira.

Também, seria de grande valia estudar o impacto de diferentes parâmetros como tempo e amplitude na vinificação com aplicação de ultrassom, além da possibilidade do uso de ultrassom do tipo sonda, que possivelmente, facilitaria o processo de elaboração.

Levando em consideração os resultados obtidos neste estudo, verificou-se que os processos de vinificação atuam de modo diferente para cada variedade de uva, desta forma, sugere-se a verificação da adequação dos processos de vinificação aqui propostos para outras variedades de uva, safras e *terroirs*.

As conclusões deste trabalho e as perspectivas futuras geradas por ele, são muito importantes para o grupo de pesquisa do Laboratório de Enologia e Bebidas do PPGCTA da UFRGS, que realiza diversos estudos com o propósito de desenvolver vinhos e outras bebidas, bem como conhecer particularidades de bebidas já existentes, auxiliando no desenvolvimento da área, tanto em termos científicos quanto técnicos, auxiliando na divulgação das potencialidades do setor.

REFERÊNCIAS

ACAVITIS - Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: <https://www.vinhodealtitude.com.br/>.

AGUILAR, T.; LOYOLA, C.; DE BRUIJN, J.; BUSTAMANTE, B.; VERGARA, C.; VON BAER, D.; MARDONES, C.; SERRA, I. Effect of thermomaceration and enzymatic maceration on phenolic compounds of grape must enriched by grape pomace, vine leaves and canes. *European Food Research and Technology*, v. 242, p. 1149–1158, 2016.

ALEIXANDRE-TUDO, J.L.; NIEUWOUDT, H.; OLIVIERI, A.; ALEIXANDRE, J.L.; DU TOIT, W. Phenolic profiling of grapes, fermenting samples and wines using UV visible spectroscopy with chemometrics. *Food Control*, v. 85, p. 11-22, 2018.

ALLEN, M. *Advanced Oenology*. Charles Sturt University, 1994.

ALVES, M.M.C. Polifenóis no vinho tinto e efeitos na saúde. Dissertação de mestrado. Mestrado integrado em Ciências Farmacêuticas. Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz. 2015. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/10946/1/Alves%2C%20Miguel%20Maria%20Caeiro.pdf>.

AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M.; ROESSLER, E.B. *Principles of Sensory Evaluation of Food*. Academic Press, New York, 1965.

AMERINE, M.A.; ROESSLER, E. Composition of wines In: Amerine MA. Editor. *Wines, Their Sensory Evaluation*, Freeman, New York, p. 67–80, 1982.

APOLINAR-VALIENTE, R.; ROMERO-CASCALES, I.; GÓMEZ-PLAZA, E.; LÓPEZ-ROCA, J.M.; ROS-GARCÍA, J.M. Cell wall compounds of red grapes skins and their grape marcs from three different winemaking techniques. *Food Chemistry*, v. 187, p. 89-97, 2015.

ARCHELA, E.; DALL'ANTONIA, L.H. Determinação de compostos fenólicos em vinho: Uma revisão. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 34, p. 193-210, 2013.

ARTERO, A.; ARTERO, A.; TARÍN, J.J.; CANO, A. The impact of moderate wine consumption on health. *Maturitas*, v. 80, p. 3-13, 2014.

ATANACKOVIC, M.; PETROVIC, A.; JOVIC, S.; GOJKOVIC – BUKARICA, L.; BURSAC, M.; CVEJIC, J. Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total phenolic content and antioxidant potential of red wines. *Food Chemistry*, v. 131, p. 513–518, 2012.

AVELLONE G.; DI GARBO, V.; CAMPISI, D.; DE SIMONE, R.; RANELI, G.; SCAGLIONE, R.; LICATA, G. Effects of moderate Sicilian red wine consumption on inflammatory biomarkers of atherosclerosis. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 60, p. 41-47, 2006.

AYESTARÁN, B.; MARTÍNEZ-LAPUENTE, L.; GUADALUPE, Z.; CANALS, C.; ADELL, E.; VILANOVA, M. Effect of the winemaking process on the volatile composition and aromatic profile of Tempranillo Blanco wines. *Food Chemistry*, v. 276, p. 187-194, 2019.

BAIANO, A.; SCROCCO, C.; SEPIELLI, G.; NOBILE, M.A. Wine Processing: A critical review of physical, chemical, and sensory implications of innovative vinification procedures. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 56, p. 2391-2407, 2016.

BARCIA, M.T.; PERTUZATTI, P.B.; RODRIGUES, D.; GÓMEZ-ALONSO, S.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; GODOY, H.T. Occurrence of low molecular weight phenolics in *Vitis vinifera* red grape cultivars and their winemaking by-products from São Paulo (Brazil). *Food Research International*, v. 62, p. 500–513, 2014.

BAUMANN, L.; LIBRELOTTO, M.; PAPPIS, C.; DOS SANTOS, R.B.; SANTOS, R. O.; HELFER, G.A.; LOBO, E.A.; DA COSTA, A.B. Uso do aplicativo PhotoMetrix no monitoramento da concentração de flúor em sistemas alternativos de abastecimento de água. *Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas*, 2019.

BAUTISTA-ORTÍN, A.B.; JIMENEZ-MARTINEZ, M.D.; JURADO, R.; INIESTA, J.A.; TERRADES, S.; ANDRES, A.; GOMEZ-PLAZA, E. Application of high-power ultrasounds during red wine vinification. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 52, p. 1314–1323, 2017.

BERNARDI, G.; VENDRUSCOLO, R.G.; FERRÃO, T.S.; BARIN, J.S.; CICHOSKI, A.J.; WAGNER, R. Jelly Palm (*Butia odorata*) wine: Characterization of volatile compounds responsible for aroma. *Food Analytical Methods*, v. 7, p. 1982–1991, 2014.

BETERLLI, A.A.A.; DAS, D.K. Grapes, wines, resveratrol, and heart health. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, v. 54, p. 468-476, 2009.

BETTONI, J.C.; FELDBERG, N.P.; NAVA, G.; DA VEIGA, M.; WILDNER, L.P. Vegetative, productive and qualitative performance of grapevine "Cabernet Sauvignon" according to the use of winter cover crops. *Revista Ceres*, v. 23, p. 538-544, 2016.

BINDON, K.; HOLT, H.; WILLIAMSON, P.O.; VARELA, C.; HERDERICH, M.; FRANCIS, I.L. Relationships between harvest time and wine composition in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon 1. Wine sensory properties and consumer preference. *Food Chemistry*, v. 54, p. 90-101, 2014.

BOIDO, E.; LLORET, A.; MEDINA, K.; FARIÑA, L.; CARRAU, F.; VERSINI, G.; DELLACASSA, E. Aroma composition of *Vitis vinifera* cv. Tannat: the typical red wine from Uruguay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 5408–5413, 2003.

BONIN, V; BRIGHENTI, E. Situação atual e tendências da vitivinicultura de São Joaquim. In: Seminário nacional sobre fruticultura de clima temperado, 2005, São Joaquim. Resumo de palestras. São Joaquim: Epagri, p. 68 – 71, 2005.

BRDE. Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (Florianópolis). Vitivinicultura em Santa Catarina: situação atual e perspectivas. Florianópolis: BRDE, 2005.

BRIANCEAU, S.; TURK, M.; VITRAC, X.; VOROBIEV, E. High voltage electric discharges assisted extraction of phenolic compounds from grape stems: Effect of processing parameters on flavan-3-ols, flavonols and stilbenes recovery. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 35, p. 67–74, 2016.

BRILLANTE, L.; TOMASI, D.; GAIOTTI, F.; GIACOSA, S.; TORCHIO, F.; SEGADE, S.R.; SIRET, R.; ZOUID, I.; ROLLE, L. Relationships between skin flavonoid content and berry physical-mechanical properties in four red wine grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticultura*, v. 197, p. 272-279, 2015.

BUENO, J.E.; PEINADO, R.; MORENO, J.; MEDINA, M.; MOYANO, L.; ZEA, L. Selection of volatile aroma compounds by statistical and enological criteria for analytical differentiation of musts and wines of two grape varieties. *Journal of Food Science*, v. 68(1), p. 158–163, 2003.

CABRITA, M. J.; SILVA, J. R. DA; LAUREANO, O. Os compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos. *Revista Árvore*, v. 26, p. 485-492, 2002.

CÁCERES-MELLA, A.; PEÑA-NEIRA, Á.; AVILÉS-GÁLVEZ, P.; MEDEL-MARABOLÍ, M.; DEL BARRIO-GALÁN, R.; LÓPEZ-SOLÍS, R.; CANALS J.M. Phenolic composition and mouthfeel characteristics resulting from blending Chilean red wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 94(4), p. 666–676, 2013.

CALLEJÓN, R.M.; MARGULIES, B.; HIRSON, G.D.; EBELER, S.E. Dynamic changes in volatile compounds during fermentation of Cabernet Sauvignon grapes with and without skins. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 63, p. 301-312, 2012.

CALÒ, A.; TOMASI, D.; CRAVERO, M.C.; DI STEFANO, R. Contributo alla caratterizzazione e classificazione varietale (*Vitis* sp), attraverso la determinazione degli antociani e degli acidiidrossicinnamoi tartarici della buccia di varietà a bacca rossa. *Annali dell'Istituto Sperimentale per L'Enologia Asti*, v. 15, p. 47-61, 1994.

CAMARGO, U.A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, Volume Especial*, p. 144-149, 2011.

CARRAU, C.; BOIDO, E.; GAGGERO, C.; MEDINA, K.; FARIÑA, L.; DISEGNA, E.; DELLACASSA, E. *Vitis vinifera* 'Tannat', chemical characterization and functional properties. Ten years of research. *Multidisciplinary Approaches on Food Science and Nutrition for the XXI Century*, p. 53-71. ISBN: 978-81-7895-504-9, 2011.

CELOTTI, E.; STANTE, S.; FERRARETTO, P.; ROMÁN, T., NICOLINI, G., NATOLINO, A. High power ultrasound treatments of red young wines: effect on anthocyanins and phenolic stability indices. *Foods*, v. 9(10), p. 1344, 2020.

CHEMAT, F.; ROMBAUT, N.; SICAIRE, A.-G.; MEULLEMIESTRE, A.; FABIANO-TIXIER, A.-S.; ABERT-VIAN, M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 34, p. 540-560, 2017.

COLETTA, A.; TRANI, A.; FACCIA, M.; PUNZI, R.; DIPALMO, T.; CRUPI, P.; ANTONACCI, D.; GAMBACORTA, G. Influence of viticultural practices and winemaking technologies on phenolic composition and sensory characteristics of Negroamaro red wines. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 48, p. 2215–2227 2013.

CONAB/MOC COMUNICADO N.º 025, DE 30/12/2016. TÍTULO 63 – Normas específicas de uva industrial – safra 2016/2017. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/conabweb/download/moc/titulos/T63s2016-2017.pdf>.

CONNER, J.M.; PATERSON, A.; PIGGOTT, J.R. Release of distillate flavour compounds in Scotch malt whisky. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 79, p. 1015-1020, 1999.

CORDEIRO, W. A vitivinicultura em São Joaquim - SC: uma nova atividade no município. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

COSME, F.; GONÇALVES, B.; INÊS, A.; JORDÃO, A.M.; VILELA, A. Grape and wine metabolites: biotechnological approaches to improve wine quality. *Grape and Wine Biotechnology*, p. 187-224, 2016.

COSTA, R.A.; MORAIS, C.L.M.; ROSA, T.R.; FILGUEIRAS, P.R.; MENDONÇA, M.S.; PEREIRA, I.E.S.; VITTORAZZI, B.B.; LYRA, M.B.; LIMA, K.M.G.; ROMÃO, W. Quantification of milk adulterants (starch, H₂O₂, and NaClO) using colorimetric assays coupled to smartphone image analysis. *Microchemical Journal*, v. 156, 104968, 2020.

CUTLER, L. Industry roundtable: Red wine barrel fermentations. Technique involves additional labor but yields consistent success. *Wine Business Monthly*, 2011. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: < <https://www.winebusiness.com/wbm/index.cfm?go=getArticle&dataid=89079>>.

CVEJIĆ, J.; ATANACKOVIĆ, M. Effect of wine production techniques on wine resveratrol and total phenolics. *Processing and Impact on Active Components in Food*, p. 501–508, 2015.

DA COSTA, A.B.; HELFER, G.A.; BARBOSA, J.L.V.; TEIXEIRA, I.D.; SANTOS, R.O.; DOS SANTOS, R.B.; VOSS, M.; SCHLESSNER, S.K.; BARIN, J.S. PhotoMetrix UVC: A new smartphone-based device for digital image colorimetric analysis using PLS regression. *J. Braz. Chem. Soc.*, v.32, On-line version ISSN 1678-4790, 2021

DALMAGRO, L.; GOETZE, D.; RIBEIRO, C.T.; PALUDO, N.; RODRIGUES, E.; HERTZ, P.F.; KLEIN, M.P.; RODRIGUES, R.C. Identification of bioactive compounds from *Vitis labrusca* L. variety concord grape juice treated with commercial enzymes: Improved yield and quality parameters, *Food Bioprocess Technology*, v. 9, p. 365–377, 2016.

DALAGNOL, L.M.G.; DAL MAGRO, L.; SILVEIRA, V.C.C.; RODRIGUES, E.; MANFROI, V.; RODRIGUES, R.C. Combination of ultrasound, enzymes and mechanical stirring: A new method to improve *Vitis vinifera* Cabernet Sauvignon must yield, quality and bioactive compounds. *Food and Bioproducts Processing*, v. 105, p. 197-204, 2017.

DE BOUBÉE, D.R.; CUMSILLE, A.M.; PONS, M.; DUBOURDIEU, D. Location of 2-Methoxy-3-isobutylpyrazine in Cabernet Sauvignon grape bunches and Its extractability during vinification. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 53, p.1–5, 2002.

DE CASTILHOS, M.B.M.; DEL BIANCHI, V.L.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GARCÍA-ROMERO, E.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Sensory descriptive and comprehensive GC-MS as suitable tools to characterize the effects of alternative winemaking procedures on wine aroma. Part I: BRS Carmem and BRS Violeta, *Food Chemistry*, v. 272, p. 462-470, 2019.

DIMITRIU, G.-D.; LÓPEZ DE LERMA, N.; ZAMFIR, C.-I.; COTEA, V.V.; PEINADO, R.A. Volatile and phenolic composition of red wines subjected to aging in oak cask of different toast degree during two periods of time. *LWT - Food Science and Technology*, v. 86, p. 643-651, 2017.

DOOLEY, L.M.; THRELFALL, R.T.; MEULLENET, J.F.; HOWARD, L.R. Compositional and sensory impacts from blending red wine varieties. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 63(2), p. 241–250, 2012.

EL DARRA, N.; GRIMI, N.; MAROUN, R.G.; LOUKA, N.; VOROBIEV, E. Pulsed electric field, ultrasound, and thermal pretreatments for better phenolic extraction during red fermentation. *European Food Research and Technology*, v. 236, p. 47–56, 2013.

EL DARRA, N.; TURK, M. F.; DUCASSE, M.-A.; GRIMI, N.; MAROUN, R. G.; LOUKA, N.; VOROBIEV, E., Changes in polyphenol profiles and color composition of freshly fermented model wine due to pulsed electric field, enzymes and thermovinification pretreatments. *Food Chemistry*, v. 194, p. 944-950, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas, 2014. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: <http://www.cnpqv.embrapa.br/publica/artigos/vitivinicultura/>.

ENDESHAW, S.T.; SABBATINI, P.; ROMANAZZI, G.; SCHILDER, A.C.; NERI, D. Effects of grapevine leafroll associated virus 3 infection on growth, leaf gas exchange, yield and basic fruit chemistry of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Franc. *Scientia Horticulturae*, v. 170, p. 228-236, 2014.

ESCALONA, H.; BIRKMYRE, L.; PIGGOTT, J.R.; PATERSON, A. Effect of maturation in small oak casks on the volatility of red wine aroma compounds. *Analytica Chimica Acta*, v. 458, p. 45–54, 2002.

ESCALONA, H.; PIGGOTT, J.R.; CONNER, J.M.; PATERSON, A. Effect of ethanol strength on the volatility of higher alcohols and aldehydes. *Ital. Journal of Food Science*, v. 11, p. 241-148, 1999.

EURACHEM. The fitness for purpose of analytical methods: A laboratory guide to method validation and related topics: second edition, 2014. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: <<https://www.eurachem.org/index.php/publications/guides/my>>

FANG, F.; LI, J.M.; ZHANG, P.; TANG, K.; WANG, W.; PAN, Q.W.; HUAN, W.D. Effects of grape variety, harvest date, fermentation vessel and wine ageing on flavonoid concentration in red wines. *Food Research International*, v. 41, p. 53-60, 2008.

FARIÑA, L.; VILLAR, V.; ARES, G.; CARRAU, F.; DELLACASSA, E.; BOIDO, E. Volatile composition and aroma profile of Uruguayan Tannat wines. *Food Research International*, v. 69, p. 244-255, 2015.

FAVRE, G.; PEÑA-NEIRA, A.; BALDI, C.; HERNÁNDEZ, N.; TRAVERSO, S.; GIL, G.; GONZÁLEZ-NEVES, G. Low molecular-weight phenols in Tannat wines made by alternative winemaking procedures. *Food Chemistry*, v. 158, p. 504-512, 2014.

FELIPPETO, J.; CALIARI, V.; GUERRA, C. C. Perfil físico-químico dos vinhos finos produzidos nas regiões de altitude de Santa Catarina. In: PANDOLFO, C.; VIANNA, L. F. de N. (Orgs.). *Caracterização da região produtora, indicadores e instrumentos para proposição de uma indicação geográfica*. Florianópolis: Epagri, 2020.

FERRARETTO, P.; CELOTTI, E. Preliminary study of the effects of ultrasound on red wine polyphenols. *CyTA - Journal of Food*, p. 1–7, 2016.

FERRER-GALLEGO, R.; HERNÁNDEZ-HIERRO, J.; RIVAS-GONZALO, J.; ESCRIBANO-BAILÓN, M. Influence of climatic conditions on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Graciano. *Analytica Chimica Acta*, v. 732, p. 73–77, 2012.

FILHO, V.; GASTONI, W. *Bebidas Alcoólicas - Ciência e Tecnologia. Série Bebidas Vol. 1 - 2ª Ed.* Blucher, 575 p., 2016

FLANZY, C. *Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos*. Madrid: Mundi Prensa, p. 179-192, 2002.

GAGLIOLE. *Vinificazione integrale*. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: http://www.gagliole.com/wp-content/uploads/2013/07/Integral_Vinification_en.pdf.

GAMBACORTA, G.; TRANI, A.; PUNZI, R.; FASCIANO, C.; LEO, R.; FRACCHIOLLA, G.; FACCIA, M. Impact of ultrasounds on the extraction of polyphenols during winemaking of red grapes cultivars from southern Italy. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 43, p. 54–59, 2017.

GARAGUSO, I.; NARDINI, M. Polyphenols content, phenolics profile and antioxidant activity of organic red wines produced without sulfur dioxide/sulfites addition in comparison to conventional red wines. *Food Chemistry*, v.179, p. 336–342, 2015.

GARCÍA-CARPINTERO, E.G.; SÁNCHEZ-PALOMO, E.; VIÑAS, M.A.G. Influence of co-winemaking technique in sensory characteristics of new Spanish red wines. *Food Quality and Preference*, v. 21, p. 705-710, 2010.

GEFFROY, O.; LOPEZ, R.; SERRANO, E.; DUFOURCQ, T.; GRACIA-MORENO, E.; CACHO, J.; FERREIRA, V. Changes in analytical and volatile compositions of red wines induced by pre-fermentation heat treatment of grapes. *Food Chemistry*, v. 187, p. 243–253, 2015.

GEFFROY, O.; SIEBERT, T.; SILVANO, A.; HERDERICH, M. Impact of winemaking techniques on classical enological parameters and rotundone in red wine at the laboratory scale. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 68, p. 141-146, 2017.

GEFFROY, O.; LOPEZ, R.; FEILHES, C.; VIOLLEAU, F.; KLEIBER, D.; FAVAREL, J.-L.; FERREIRA, V. Modulating analytical characteristics of thermovinified Carignan musts and the volatile composition of the resulting wines through the heating temperature. *Food Chemistry*, v. 257, p. 7–14, 2018.

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. 364 p., 2013.

GLORIES, Y. *La couleur des vins rouges*. 2^a partie: mesure, origine et interpretation. *Connaiss. Vigne Vin, France*, v. 18, p. 253-271, 1984.

GÓMEZ GALLEGU, M. A.; GÓMEZ GARCÍA-CARPINTERO, E.; SÁNCHEZ-PALOMO, E.; GONZÁLEZ VIÑAS, M. A.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Effect of co-winemaking in phenolic composition, color and antioxidant capacity of young red wines from La Mancha region. *European Food Research and Technology*, v. 235, p. 155–167, 2012.

GONZÁLEZ-ARENZANA, L.; SANTAMARÍA, R.; ESCRIBANO-VIANA, R.; PORTU, J.; GARIJO, P.; LÓPEZ-ALFARO, I.; LÓPEZ, R.; SANTAMARÍA, P.; GUTIÉRREZ, A.R. Influence of the carbonic maceration winemaking method on the physicochemical, colour, aromatic and microbiological features of tempranillo red wines. *Food Chemistry*, v. 319, p. 126569, 2020.

GONZÁLEZ-NEVES, G.; GIL, G.; BARREIRO, L.; FAVRE, G. Pigment profile of red wines cv. Tannat made with alternative winemaking techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 23, p. 447–454, 2010.

GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M.L.; PÉREZ-MAGARIÑO, M.L. Effect of pectolytic enzymes on the composition of white grape musts and wines. *Italian Journal of Food Science*, v. 12, p. 153-162, 2001.

GUERRA, C.C. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos. In: *Simpósio Mineiro de Viticultura e Enologia*, 1., Andradadas, MG. *Viticultura e Enologia: atualizando conceitos*, p. 786, 2002.

GUERRA, C.C. Sistema para elaboração de suco de uva integral em pequenos volumes: Suquificador integral. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho. 32 p. ISSN 1516-8107, 2016.

GUERRA, C.C. Vinhos finos do Brasil: diversidade de regiões, tipos e estilos de produtos. *Engarrafador Moderno*, São Caetano do Sul, SP, v. 25, n. 280, p. 30-37, 2017.

HARRISON, R. Practical interventions that influence the sensory attributes of red wines related to the phenolic composition of grapes: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 53, p. 3–18, 2017.

HASEEB, S.; ALEXANDER, B.; BARANCHUK, A. Response by Haseeb et al to letter regarding article, "Wine and cardiovascular health: A comprehensive review." *Circulation*, p. 1880-1881, 2018.

HASEEB, S.; ALEXANDER, B.; SANTI, R.L.; LIPRANDIC, A.S.; BARANCHUK, A. What's in wine? A clinician's perspective. *Trends in cardiovascular medicine*. In Press, 2018. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050173818301142>.

HE, F.; LIANG, N.N.; MU, L.; PAN, Q.H.; WANG, J.; REEVES, M.J.; DUAN, C.Q. Anthocyanins and their variation in red wines I. Monomeric anthocyanins and their color expression. *Molecules*, v. 17, p. 1571–1601, 2012.

HELPER, G.A.; TISCHER, B.; FILODA, P.F.; PARCKERT, A.B.; DOS SANTOS, R.B.; VINCIGUERRA, L.L.; FERRÃO, M.F.; BARIN, J.S.; DA COSTA, A.B. A new tool for interpretation of thermal stability of raw milk by means of the alizarol test using a PLS model on a mobile device. *Food Analytical Methods*, v. 11, p. 2022–2028, 2018.

HOPFER, H.; EBELER, S. E.; HEYMANN, H. How blending affects the sensory and chemical properties of red wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 63(3), p. 313–324, 2012.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 1841–1856, 2005.

INRA – Institut National de la Recherche Agronomique. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: <http://www7.inra.fr/internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/qualite-aliments/vin-cepage-marselan.htm>.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE (OIV). *Treatment of crushed grapes with ultrasound to promote the extraction of their compounds resolution OIV-OENO 616-2019*; OIV: Paris, France, 2019.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE (OIV). *Compendium of international methods of analysis of wines and musts*. International Organisation of Vine and Wine, Paris, 2021.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE (OIV). State the world vitivinicultural sector in 2019, Paris, 2020.

JACKSON, R.S. Wine sciences: principles, practice, perception, 2 nd edn. Academic Press, San Diego, 2000.

KANNER, J.; FRANKEL, E.; GRANIT, R. Natural antioxidants in grapes and wines. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, p. 64–69, 1994.

KEMP, B.; PEDNEAULT, K.; PICKERIN, G.; USHER, K.; WILLWERTH, J. Red winemaking in cool climates. *Red Wine Technology*, Chapter 23, p. 341-356, 2019.

KENNEDY, J.A. Wine colour. In: *Managing Wine Quality. Volume 1. Viticulture and Wine Quality* (edited by A.G. Reynolds), p. 73–104. Oxford, UK: Woodhead Publishing Limited, 2010.

LACHMAN, J.; ŠULC, M.; FAITOVÁ, K.; PIVEC, V. Major factors influencing antioxidant contents and antioxidant activity in grapes and wines. *International Journal of Wine Research*, p. 101–121, 2009.

LAGUNA, L.; SARKAR, A.; BRYANT, M.G.; BEADLING, A.R.; BARTOLOMÉ, B.; MORENO-ARRIBAS, M.V. Exploring mouthfeel in model wines: Sensory-to-instrumental approaches, *Food Research International*, v. 102, p. 478-486, 2017.

LAING, N.; HE, F.; PAN, Q.; WANG, J.; REEVES, M.J.; DUAN, C. Optimization of sample preparation and phloroglucinol analysis of Marselan grape skin proanthocyanidins using HPLC-DAD-ESI-MS/MS. *South African Society for Enology & Viticulture*, v. 33, p. 122-131, 2012.

LALAS, A. Para o alto: É possível compensar a pouca latitude com maior altitude nos vinhedos? *Revista Adega*. Ed. 91, 2013. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: http://revistaadega.uol.com.br/artigo/para-o-alto_5463.html.

LEE, J.; RENNAKER, C. Antioxidant capacity and stilbene contents of wines produced in the Snake River Valley of Idaho. *Food Chemistry*, v. 105(1), p. 195–203, 2007.

LI, Q.; LIU, Y.X.; PAN, Q.H.; DUAN, C.Q.; SHI, Y. Comparison of proanthocyanidins with different polymerisation degrees among berry skins of 'Shiraz', 'Cabernet Sauvignon', and 'Marselan'. *South African Society for Enology & Viticulture*, v. 35, p. 51-58, 2014.

LIANG, Z.; WU, B.; FAN, P.; YANG, C.; DUAN, W.; ZHENG, X.; LIU, C.; LI, S. Anthocyanin composition and content in grape berry skin in *Vitis* germplasm. *Food Chemistry*, v. 111, p. 837–844, 2008.

LIU, P.T.; LU, L.; DUAN, C.Q.; YAN, G.L. The contribution of indigenous non-*Saccharomyces* wine yeast to improved aromatic quality of Cabernet Sauvignon wines by spontaneous fermentation. *LWT - Food Science and Technology*, v. 71, p. 356-363, 2016.

LOISON, A.; SYMONEAUX, R.; DENEULIN, P.; THOMAS-DANGUIN, T.; FANT, C.; GUÉRIN, L.; LE FUR, Y. Exemplarity measurement and estimation of the level of interjudge agreement for two categories of French red wines. *Food Quality and Preference*, v. 40, Part A, p. 240-251, 2015.

- LÓPEZ-SEPÚLVEDA, R.; JIMENEZ, R.; ROMERO, M.; ZARZUELO, M.J.; SANCHEZ, M.; GOMEZ-GUZMAN, M.; VARGAS, F.; O'VALLE, F.; ZARZUELO, A.; PEREZ-VIZCAINO, F.; DUARTE J. Wine polyphenols improve endothelial function in large vessels of female spontaneously hypertensive rats. *Hypertension*, v. 51, p.1088-1095, 2008.
- LORRAIN, B.; CHIRA, K.; TEISSEGRE, P.L. Phenolic composition of Merlot and Cabernet-Sauvignon grapes from Bordeaux vineyard for the 2009-vintage: Comparison to 2006, 2007 and 2008 vintages. *Food Chemistry*, v. 126, p. 1991-1999, 2011.
- LOSSO, F. B. A produção de vinhos finos de altitude na região vitivinícola de São Joaquim (SC): uma alternativa para o turismo? Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Turismo e Hotelaria. UNIVALI. Balneário Camboriú, 2010.
- LOSSO, F.B.; PEREIRA, R.M.F.A. A vitivinicultura de altitude em Santa Catarina (Brasil): espaços privilegiados para o turismo. *Turismo e Sociedade*, v. 7, p. 418-445, 2014.
- LUKIĆ, I.; BUDIĆ-LETO, I.; BUBOLA, M.; DAMIJANIĆ, K.; STAVER, M. Pre-fermentative cold maceration, saignée, and various thermal treatments as options for modulating volatile aroma and phenol profiles of red wine. *Food Chemistry*, v. 224, p. 251-261, 2017.
- MACIEL, H.R. Caracterização dos vinhos Merlot e Cabernet Sauvignon produzidos no Planalto Serrano de Santa Catarina. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.
- MANFROI, V. Degustação de vinhos. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- MARINOVA, E. M.; YANISHLIEVA, N. V. Antioxidant activity and mechanism of action of some phenolic acids at ambient and high temperatures. *Food Chemistry*, v. 81, p.189-197, 2003.
- MARTINS, N.; GARCIA, R.; MENDES, D.; FREITAS, A.M.C.; DA SILVA, M.G.; M.J. An ancient winemaking technology: Exploring the volatile composition of amphora wines. *LWT - Food Science and Technology*, v. 96, p. 288-295, 2018.
- MASON, T.J. Power ultrasound in food processing – The way forward. In Povey, M. J. W., & Mason T. J. (Eds.), *Ultrasound in food processing*. London: Blackie Academic and Professional, 1998.
- MASON, T.J.; RIERA, E.; VERCET, A.; LOPEZ-BUESA, P. Emerging Technologies for Food Processing. In: Sun, D.-W. (Ed.), 1st edn. Elsevier Academic Press, San Diego, USA, p. 323–351 (Ch. 13), 2005.
- MAZA, M.; ÁLVAREZ, I.; RASO, J. Thermal and non-thermal physical methods for improving polyphenol extraction in red winemaking. *Beverages*, v. 5(3), p. 47-65, 2019.
- MELO, E.D.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.L.A.G.; LEAL, F.L.L.; CAETANO, A.C.D.S.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, p. 639–644, 2006.
- MIELE, A.; RIZZON, L.A. Discrimination of Brazilian red varietal wines according to their sensory descriptors. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 1172–1176, 2011.
- MIELE, A.; RIZZON, L.A.; ZANUS, M.C. Discrimination of Brazilian red wines according to the viticultural region, varietal, and winery origin. *Food Science and Technology*, v. 30, Print version ISSN 0101-2061, 2010.

- MIHNEA, M.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M.L.; ORTEGA-HERAS, M.; PÉREZ-MAGARIÑO, S. A comparative study of the volatile content of Mencía wines obtained using different pre-fermentative maceration techniques. *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, p. 32-41, 2015.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Instrução normativa nº 14, de 8 de fevereiro de 2018. Complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho e derivados da uva e do vinho. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/5809096/do1-2018-03-09-instrucao-normativa-n-14-de-8-de-fevereiro-de-2018-5809092.
- MONAGAS, M.; BARTOLOME, B.; GOMEZ-CORDOVES, C. Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 45, p. 85–118, 2005.
- MONTIBELLER, M.J.; DE LIMA, P.M.; STOLL, L.; TUPUNA-YEROVI, D.S.; RODRIGUES, E.; RODRIGUES, R.C.; DE OLIVEIRA, A.R.; MANFROI, V. Improvement of enzymatic assisted extraction conditions on anthocyanin recovery from different varieties of *V. vinifera* and *V. labrusca* grape pomaces. *Food Analytical Methods*, v. 1, p. 1, 2019.
- MORATA, A.; GONZÁLEZ, C.; TESFAYE, W.; LOIRA, I.; SUÁREZ-LEPE, J.A. Maceration and fermentation: New technologies to increase extraction. *Red wine Technology*, Chapter 3, p. 35-49, 2019.
- MORGANO, M.A.; QUEIROZ, S.C.N.; FERREIRA, M.M.C. Aplicação da análise exploratória na diferenciação de vegetais. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 2, p. 73-78, 1999.
- NEL, A.P.; VAN RENSBURG, P.; LAMBRECHTS, M.G. The influence of different winemaking techniques on the extraction of grape tannins and anthocyanins. *South African Journal for Enology and Viticulture*, v. 35, p. 304-320, Stellenbosch, 2014.
- NETO, J.M.M.; MOITA, G.C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. *Química Nova*, v. 21, p. 567-469, 1998.
- NEVES, N.A.; PANTOJA, L.A.; SANTOS, A.S. Thermovinification of grapes from the Cabernet Sauvignon and Pinot Noir varieties using immobilized yeasts. *European Food Research and Technology*, v. 238, p. 79–84, 2014.
- NICULAU, M.; TUDOSE-SANDU-VILLE, S.; COTEA, V.V.; LUCHIAN, C.E.; TUDOSE-SANDU-VILLE, O.F. Phenolic compounds content in Merlot wines obtained through different thermomaceration techniques. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, v. 45, p. 548-552, 2017.
- NOVAK, I.; JANEIRO, P.; SERUGA, M.; OLIVEIRA-BRETT, A. Ultrasound extracted flavonoids from four varieties of Portuguese red grape skins determined by reverse-phase high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. *Analytica Chimica Acta*, v. 630, p. 107–115, 2008.
- ORTEGA-HERAS, M.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M.L.; BELTRÁN, S. Aroma composition of wine studied by different extraction methods. *Analytica Chimica Acta*, v.458, p. 85–93, 2002.
- PALMA, M.M.; TAYLOR, L.T. Extraction of polyphenolic compounds from grape seeds with near critical carbon dioxide. *Journal of Chromatography A*, v. 849, p. 117–124, 1999.

- PAZOS, M.; ALONSO, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; TORRES, J.L.; MEDINA, I. Physicochemical properties of natural phenolics from grapes and olive oil products and their antioxidant activity in frozen horse mackerel fillets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, p. 366-373, 2006.
- PEIXOTO, C.M.; DIAS, M.I.; ALVES, M.J.; CALHELHA, R.C.; BARROS, L.; PINHO, S.P.; FERREIRA, I.C.F.R. Grape pomace as a source of phenolic compounds and diverse bioactive properties. *Food Chemistry*, v. 253, p. 132-138, 2018.
- PERA-PELLENC S.A. Gulfstream release the fruit from your grapes. Acesso em: Fev, 2021. Disponível em: < <https://www.perapellenc.com/english/thermovinification-gulfstream.asp> >.
- PEREIRA, A.F. Vinificação Integral – Vinificação de tinto em barris de carvalho. Trabalho de Conclusão de Curso em Técnico em Viticultura e Enologia. Instituto Federal do Rio Grande do Sul. Bento Gonçalves, RS, 2010.
- PICCARDO, D.; GONZÁLEZ-NEVES, G. Extracción de polifenoles y composición de vinos tintos Tannat elaborados por técnicas de maceración prefermentativa. *Agrociencia Uruguay*, v. 17, p. 36-44, 2013.
- PINELO, M.; ARNOUS, A.; MEYER, A.S. Upgrading of grape skins: significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Trends in Food Science & Technology*, v. 17, p. 579–590, 2006.
- PLAZA E.G.; JURADO R.; INIESTA J.A.; BAUTISTA-ORTÍN A.B. High power ultrasounds: A powerful, non-thermal and green technique for improving the phenolic. *Bioweb of Conferences 41st World Congress of Vine and Wine*, v. 12, p. 02001, 2019.
- PROTAS, J. F. da S.; CAMARGO, U. A. Vitivinicultura brasileira: panorama setorial de 2010. Brasília: SEBRAE; Bento Gonçalves: IBRAVIN/Embrapa Uva e Vinho, 110 p., 2011.
- RENAUD, S.; DE LORGERIL, M. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet, Lond Engl*, p. 339-152, 1992.
- RIBÉREAU-GAYON, J.; PEYNAUD, E.; SUDRAUD, P.; RIBÉREAU-GAYON, P. *Traité d'œnologie. Science et Techniques du vin. Tome 1.* Dunod, Paris, p. 671, 1972.
- RIZZON, L. A. Metodologia para análise de vinho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, Distrito Federal, p. 9-119, 2010.
- RIZZON, L.A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Franc para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 21, p. 249-255, 2001.
- RIZZON, L.A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, p. 192-198, 2002.
- RIZZON, L.A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 24, p. 223-229, 2004.
- RIZZON, L.A.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J.; ZANUZ, M.C. Efeito de três processos de vinificação sobre a composição química e a qualidade do vinho Cabernet Franc. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, Brasília, versão online ISSN 1678-3921, 1999.

- RODRIGUES, E.; MARIUTTI, L.R.B.; MERCADANTE, A.Z. Carotenoids and phenolic compounds from *Solanum sessiliflorum*, an unexploited Amazonian fruit, and their scavenging capacities against reactive oxygen and nitrogen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 61, p. 3022–3029, 2013.
- ROSIER, J. P. Novas regiões: vinhos de altitude no sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 10., 2003. Bento Gonçalves-RS. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003 p. 137, 2003.
- ROSIER, J.P. A Viticultura de Altitude no Planalto Catarinense. *Territoires du vin*, 2018. Acesso em: Jan, 2021. Disponível em: <http://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/index.php?id=1705>.
- SACCHI, K.L.; BISSON, L.F.; ADAMS, D.O. A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 56, 2005.
- SALINAS, M.R.; GARIJO, J.; PARDO, F.; ZALACAIN, A.; ALONSO, G.L. Color, polyphenol, and aroma compounds in rosé wines after prefermentative maceration and enzymatic treatments. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 54, p. 195-202, 2003.
- SÁNCHEZ-PALOMO, E.; TRUJILLO, M.; GARCÍA RUIZ, A.; GONZÁLEZ VIÑAS, M.A. Aroma profile of Malbec red wines from La Mancha region: Chemical and sensory characterization. *Food Research International*, v. 100, Part 1, p. 201-208, 2017.
- SAONA, L.E.R.; WROLSTAD, R.E. *Extraction, Isolation, and Purification of Anthocyanins*, 2001.
- SARTOR, S. Caracterização de vinhos elaborados com variedades de uvas viníferas cultivadas em diferentes regiões do estado de Santa Catarina, Brasil. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2014.
- SCUTARAŞU, E.-C.; LUCHIANA, C.E.; VLASE, L.; COLIBABA, L.C.; GHELDIU, A.M.; COTEA, V.V. Evolution of phenolic profile of white wines treated with enzymes. *Food Chemistry*, v. 340, p. 127910, 2021.
- SHI, P.B.; YUE, T.X.; AIL, L.L.; CHENG, Y.F.; MENG, J.F.; LI, M.H.; ZHANG, Z.W. Phenolic compound profiles in grape skins of Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah and Marselan cultivated in the Shacheng area (China). *South African Society for Enology & Viticulture*, v. 37, p. 132-138, 2016.
- SINGLETON, V.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 27, p. 144-158, 1965.
- SMITH, P. A.; MCRAE, J. M.; BINDON, K. A. Impact of winemaking practices on the concentration and composition of tannins in red wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 21, p. 601–614, 2015.
- SOARES, S.; BRANDÃO, E.; MATEUS, N.; FREITAS, V. DE. Sensorial properties of red wine polyphenols: Astringency and bitterness. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 57, p. 937–948, 2017.
- SOLEAS, G.J.; DIAMANDIS, E.P.; GOLDBERG, D.M. J. Wine as a biological fluid: history, production, and role in disease prevention. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, p. 287-313, 1997.

- SONNI, F.; MOORE, E.G.; CHINNICI, F.; RIPONI, C.; SMYTH, H.E. Characterization of Australian Verdelho wines from the Queensland Granite Belt region. *Food Chemistry*, v. 196, p. 1163-1171, 2016.
- SOUZA, D.M.; NASCIMENTO, V.R.; KLEIN, V.; SANTOS, C.V.; BOSS, R. Uso do aplicativo photometrix® para determinação de fosfato em fertilizantes: um recurso didático para o ensino de química analítica. *Revista Educacional Interdisciplinar*, v. 8, n. 1, 2019.
- STOCKLEY, C.; TEISSEDRE, P-L.; BOBAN, M.; LORENZO, C.D.; RESTANI, P. Bioavailability of wine-derived phenolic compounds in humans: a review. *Food & Function*, v. 3, p. 995–1007, 2012.
- STONE, H.J.; SIDEL, S.; OLIVER, A.; WOOLSEY, R.C.; SINGLETON. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, v. 28, p. 24, 1974.
- SUN, B.; SPRANGER, I.; ROQUE-DO-VALE, F.; LEANDRO, C.; BELCHIOR, P. Effect of different winemaking technologies on phenolic composition in Tinta Miúda red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49(12), p. 5809–5816, 2001.
- SYNOS, K.; REYNOLDS, A.G.; BOWEN, A.J. Effect of yeast strain on aroma compounds in Cabernet Franc icewines. *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, p. 227-235, 2015.
- TAHMAZ, H.; SÖYLEMEZOĞLU, G. Effects of vinification techniques combined with UV-C irradiation on phenolic contents of red wines. *Journal of Food Science*, v. 82, p. 1351-1356, 2017.
- TOMA, M.; VINATORU, M.; PANYWNYK, L.; MASON, T.J. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonic Sonochemistry*, v. 8, p. 137–142, 2001.
- TONIETTO, J.; MANDELLI, F.; ZANUS, M.C.; GUERRA, C.V.; PEREIRA, G.E. O clima vitivinícola das regiões produtoras de uvas para vinhos finos do Brasil. *In: Clima, zonificación y tipicidad del vino em regiones vitivinícolas ibero-americanas/editores-técnicos: TONIETTO, J.; RUIZ, V.S.; GÓMEZ-MIGUEL, V.D. Madrid:CYTED, 411 p., 2012.*
- TREPTOW, T.C.; COMARELLA, C.G.; FRANCO, F.W.; RODRIGUES, E.; DOMINGUES, F.; BOCHIA, V.C.; SAUTTER, C.K. Thermal pest control in 'Tannat' grapes: Effect on anthocyanins, sensory and color of one-year-old wines. *Food Research International*, v. 100, p.113-121, 2017.
- VALENTE, A. L. P., AUGUSTO, F. Microextração em fase sólida. *Química Nova*, v. 23(4), p. 523-530, 2000.
- VERSINI, G.; ORRIOLS, I.; DALLA SERRA, A. Aroma components of Galician Albarino, Loureira and Godello wines. *Vitis*, v. 33, p. 165– 170, 1994.
- VIDAL, L.; ANTÚNEZ, L.; GIMÉNEZ, A.; MEDINA, K.; BOIDO, E.; ARES, G. Sensory characterization of the astringency of commercial Uruguayan Tannat wines. *Food Research International*, v. 102, p. 425-434, 2017.
- VILANOVA, M.; GENISHEVA, Z.; GRAÑA, M.; OLIVEIRA, J.M. Determination of odorants in varietal wines from international grape cultivars (*Vitis vinífera*) grown in NW Spain. *S. South African Journal for Enology and Viticulture*, v. 34, p. 212-222, 2013.

VILANOVA, M.; MARTÍNEZ, C. First study of determination of aromatic compounds of red wine from *Vitis vinifera* cv. Castanal grown in Galicia (NW Spain). *European Food Research and Technology*, v. 224, p. 431–436, 2007.

WANG, J.; HUO, S.; ZHANG, Y.; LIU, Y.; FAN, W. Effect of different pre-fermentation treatments on polyphenols, color, and volatile compounds of three wine varieties. *Food Science and Biotechnology*, v. 25, p. 735-743, 2016.

WATERHOUSE, AL.; SACKS, G.L.; JEFFERY, D.W. *Understanding wine chemistry*. John Wiley & Sons, 2016.

YU, J.; AHMEDNA, M. Functional components of grape pomace: Their composition, biological properties and potential applications. *International Journal of Food, Science & Technology*, v. 48, p. 221-237, 2013.

YUE, T.X.; CHI, M.; SONG, C.Z.; LIU, M.Y.; MENG, J.F.; ZHANG, Z.W.; LI, M.H. Aroma characterization of Cabernet Sauvignon wine from the plateau of Yunnan (China) with different altitudes using SPME-GC/MS. *International Journal of Food Properties*, v. 18, p. 1584-1596, 2014.

ZHANG, Q.A.; SHEN, H.; FAN, X.H.; SHEN, Y.; WANG, X.; SONG, Y. Changes of gallic acid mediated by ultrasound in a model extraction solution. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 22, p. 149–154, 2015.

ZHANG, Q.-A.; WANG, T.-T. Effect of ultrasound irradiation on the evolution of color properties and major phenolic compounds in wine during storage. *Food Chemistry*, v. 234, p. 372-380, 2017.